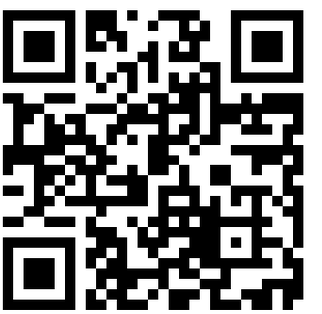
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
CU00051659

Digitized by Google

THE LIBRARIES

COLUMBIA UNIVERSITY

ENGINEERING LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Suffo. Vol 6 #2 Jan 15 1913
see after Vol 7 #1 Oct 13

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

La Technique Moderne

TOME VI (Premier Semestre 1913)

Digitized by Google

Digitized by Google

LA

Technique Moderne

Revue Bi-Mensuelle des Sciences appliquées à l'Industrie

Directeur-Rédacteur en chef : Georges BOURREY

MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, INSPECTEUR DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AU MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE

COMITÉ DE RÉDACTION :

APPELL, C ✲, Membre de l'Institut; Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
BARBET, ✲, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France.
BARBIER, O ✲, Ingénieur-Constructeur; Président de l'Association des Anciens Elèves des Ecoles d'Arts et Métiers.
BARBILLION, Directeur de l'Institut Electrotechnique de l'Université de Grenoble.
BEAUGEY, C ✲, Inspecteur général des Mines; Directeur honoraire des Chemins de fer de l'Etat.
BELLOM. ✲, Ingénieur en chef des Mines; Professeur à l'École Nle Sre des Mines.
BERNHEIM (E.), Ingénieur en chef au Corps des Mines; Secrétaire adjoint du Comité de l'Exploitation Technique des Chemins de fer.
BERTIN, C ✲, Membre de l'Institut; Directeur du Génie Maritime.
BIETTE (L.), ✲, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées chargé des Services techniques de la voie publique et de l'Eclairage et du Métropolitain de Paris.
BLONDEL (A.), ✲, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
BOUQUET, C ✲, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.
BOUTILLIER, O ✲, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; Professeur de Travaux publics à l'École Centrale.
BRANLY, ✲, Membre de l'Institut.
BREUIL, Chef de section honoraire du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.
CARPENTIER, C ✲, Membre de l'Institut; Ingénieur-Constructeur.
CELLERIER, Directeur du Lre d'Essais du Conservatoire Nal des Arts et Métiers.
CHABRIE, ✲, Professeur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris.
CHAPUIS, O ✲, Ancien Président du Tribunal de Commerce de la Seine.
CHARPY, ✲, Directeur des usines de la Cie de Chatillon-Commentry-Neuves-Maisons.
CHAUMAT, ✲, Sous-Directeur de l'Ecole Supérieure d'Electricité.
CODRON, Professeur à l'Institut Industriel du Nord.
COHENDY, O ✲, Professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Lyon.
COURIOT, O ✲, Professeur d'Exploitation des Mines à l'École Centrale.
DAL PIAZ, ✲, Directeur de la Compagnie Générale Transatlantique.
J. DANTZER, Professeur de Filature et Tissage au Conservatoire National des Arts et Métiers.
DARIES, Ingénieur municipal de la Ville de Paris.
DENNERY, O ✲, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. Directeur de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.
DUMONT, O ✲, Président de l'Association des Industriels de France.
EIFFEL, O ✲, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils et de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
Cel **ESPITALLIER**, O ✲, ancien Professeur à l'École d'application de Fontainebleau.
EYROLLES, O ✲, Directeur de l'Ecole Spéciale des Travaux Publics.
FRIEDEL, ✲, Ingénieur en chef des Mines; Directeur de l'Ecole des Mines de St-Etienne.
GABELLE, O ✲, Directeur de l'Enseignement Technique au Ministère du Commerce.
GRANDMOUGIN, Professeur à l'École de Chimie industrielle de Mulhouse.
GUILLET (Amédée), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.
GUILLET (Léon), ✲, Professeur de Métallurgie au Conservatre Nal des Arts et Métiers et à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
HALLER, C ✲, Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences; Directeur de l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.
HARLE, O ✲, Directeur des Etablissements Sautter, Harlé et Cie.
Dr **HEIM**, ✲, Professeur d'hygiène au Conservatoire national des Arts et Métiers.
P. JANET, ✲, Directeur du Laboratoire Central et de l'Ecole Supérieure d'Electricité; Professeur à l'Université de Paris.
JOURDAN, O ✲, Ingénieur des Arts et Manufactures.
KLEIN, ✲, Directeur de l'Institut Commercial de Paris.
KLEINE, C ✲, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
LABBE, O ✲, Inspecteur général de l'Enseignement Technique.
LAFAY, ✲, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
Michel LAGRAVE, O ✲, Inspecteur général honoraire de l'Enseignement Technique.
Dr **LANGLOIS**, ✲, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Médecin-Conseil au Ministère du Travail.
LÉAUTÉ, O ✲, Membre de l'Institut; Professeur à l'Ecole Polytechnique; Administrateur de la Société Industrielle des Téléphones.
LECORNU, O ✲, Membre de l'Institut; Inspecteur général des Mines; Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines.
LETOMBE, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
LINDET, O ✲, Professeur à l'Institut National Agronomique.
LIPPMANN, C ✲, Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
MARCHIS, Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de Paris.
MATIGNON, ✲, Professeur de Chimie Minérale au Collège de France.
MAURICE, O ✲, Ingénieur en chef du Génie Maritime; Directeur de l'Ecole d'Application du Génie Maritime.
MERCIER, O ✲, Directeur général des Mines de Béthune; Président de la Société des Aciéries de France.
MÉTAYER, O ✲, Professeur de Métallurgie à l'Ecole Centrale.
MONNIER, ✲, Professeur d'Electricité industrielle à l'Ecole Centrale.
A. MOUTIER, ✲, Ingénieur, Chefs des Services techniques du Chemin de fer du Nord, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
Max De NANSOUTY, O ✲, Ingénieur des Arts et Manufactures.
Cne **NICOLARDOT** Chef de Laboratoire à la Section technique d'Artillerie.
NIVOIT C ✲, Inspecteur gal des Mines; Ancien Direct. de l'Ecole Nle Sre des Mines.
D'OCAGNE, ✲, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
PAINLEVÉ, ✲, Membre de l'Institut; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
Michel PELLETIER, O ✲, Avocat à la Cour d'Appel de Paris; Professeur de Législation industrielle à l'Ecole Centrale.
QUAEGHEBEUR, Ingénieur de l'Institut Industriel du Nord.
REUMEAUX, C ✲, Directeur général des Mines de Lens.
SARTIAUX (E.), O ✲, Ingénieur-Electricien.
TAILLEFER, Avocat à la Cour de Paris; Secrétaire général de l'Association Française pour la protection de la propriété industrielle.
Ct **TISSOT**, O ✲, Professeur à l'École Navale.
Dr **TOULOUSE**, ✲, Directeur à l'Ecole des Hautes Études.
Cel **VALLIER**, O ✲, Membre correspondant de l'Institut.
VIGNON, ✲, Professeur à la Faculté des Sciences et Directeur de l'École de Chimie Industrielle de Lyon.
VIOLLE, O ✲, Membre de l'Institut; Professeur au Conservre Nal des Arts et Métiers.
WALL, Ingénieur de la Marine aux Chantiers de Saint-Nazaire.
WITZ, Membre correspondant de l'Institut.

TOME VI (Premier Semestre 1913)

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1913

Digitized by Google

COLUMBIA
UNIVERSITY
LIBRARY

Digitized by Google

La Technique Moderne

MINES

MANŒUVRE DES MACHINES D'EXTRACTION A VAPEUR

Les machines d'extraction à vapeur ne sont pas nécessairement appelées à disparaître des futures installations minières, malgré les grands perfectionnements apportés en ces derniers temps aux machines électriques. Les consommations horaires de vapeur, par cheval utile sur la cage d'extraction, ne sont pas, en effet, tellement différentes pour les deux systèmes concurrents que l'on puisse affirmer, *a priori*, que le second est toujours plus avantageux que le premier; on suppose, bien entendu, la machine à vapeur pourvue des perfectionnements aujourd'hui de règle dans toute installation importante: surchauffe, distribution par soupapes à détente réglable, fonctionnement en compound (ou en « équicourant »), condensation, etc. Voici, par exemple (Tableaux I et II) une comparaison des consommations horaires de vapeur correspondant à plusieurs machines d'extraction récentes, à vapeur et électriques, installées en Allemagne. (D'après un article de M. Wallichs; *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 9 décembre 1911) :

Le coefficient de 0,70, par lequel nous avons tenu compte de l'addition possible d'une turbine d'échappement, est estimé par excès; en fait, avec une turbine ayant un rendement spécifique de 0,75 et un alternateur bien construit, il est possible de réduire presque de *moitié* la consommation de vapeur par cheval-utile global, c'est-à dire calculé d'après la puissance utile totale disponible (puissance au puits + puissance électrique aux bornes). Dans un essai fait au puits Prosper, sur une installation avec turbine d'échappement construite par la Gutehoffnungshütte, on a constaté une dépense de vapeur, extrêmement réduite, de 7 kg 4 par cheval-utile. Par conséquent, on peut dire que le choix entre la machine d'extraction à vapeur et la machine électrique dépend uniquement des circonstances locales et de la situation du siège par rapport aux réseaux de distribution d'énergie du voisinage.

TABLEAU I. — MACHINES A VAPEUR.

NOMS DES SIÈGES	HÉLÈNE et AMÉLIE	JULIA	WILHELMINE-VIKTORIA	SCHÜRBANK et CHARLOTTENB.	OBSERVATIONS
Type de la machine	Double comp. tandem.	Double comp. tandem.	Double comp. tandem.	Double comp. tandem.	Pour toutes ces installations, même pour la première, la puissance contenue dans la vapeur d'échappement n'est pas entrée en ligne de compte et a été considérée comme perdue. — Si on l'utilise, on recueille environ autant de chevaux que l'on en dépense utilement dans le puits (dans les aubes de la turbine BP); par conséquent, en ajoutant la puissance ainsi obtenue à celle qui est dépensée dans le puits, on multiplie les dépenses de vapeur par un coefficient au moins égal à *0,70*. C'est ce qu'indique la ligne ci-contre.
Diamètre des cylindres en mm.	700/1 200	850/1 250	1 050	850 1 250	
Course des cylindres en mm.	1 600	2 000	2 000	2 000	
Profondeur du puits en m.	554	410	607	603	
Charge utile par cordée en kg	3 335	3 765	4 650	5 500	
Nombre de cordées en 1 heure.	27	35	26	28	
Nature du circuit de vapeur.	Vapeur saturée Echappt dans la turbine BP	Vapeur saturée Echappt à l'air libre	Vapeur saturée Echappt à l'air libre	Vapeur surchauffée Condensation	
Consommation de vapeur horaire par cheval-utile au puits en kg.	*24,7*	*26,8*	*21,13*	*16,5*	
Puissance *moyenne* utile au puits en chevaux.	185	198	275	314	
Consommation de vapeur horaire calculée par : 1/2 somme (cheval-utile au puits + cheval-utile électrique turbine échappement) en kg.	*16,9*	*19*	*15*	*11,5*	

TABLEAU II. — MACHINES ÉLECTRIQUES.

CARACTÉRISTIQUES	NOMS DES SIÈGES			
	Deutscher Kaiser	Mathias Stinnes	Khenielbe	Emscheu-lippe
Profondeur, m.	378	534	369	670
Charge utile par cordée kg	3 600	4 430	4 900	6 345
Nombre de cordées par heure	21	32	39	36
Kilowatts par cheval-utile au puits	2,47	1,97	1,67	1,39
Puissance moyenne utile au puits, chevaux.	106	228	263	600
Consommation estimée de vapeur en kg à raison de 6 kg par kw.	*14,8*	*11,8*	*10*	*8,35*

En particulier, les exploitations houillères que l'on créera sans doute prochainement dans la Lorraine française, utiliseront, dans de nombreux cas, la machine à vapeur. Chacune d'elles, en effet,

Digitized by Google

n'aura qu'un petit nombre de puits très profonds et très puissants ; malgré les nombreuses centrales existant dans la région, on pourra juger avantageux de s'affranchir des risques d'immobilisation qu'entraîne toujours un transport de force à distance.

Ce préambule était nécessaire pour démontrer que le perfectionnement de la machine d'extraction à vapeur, offre toujours un grand intérêt, particulièrement en ce qui concerne les dispositifs destinés à assurer la sécurité et l'économie de la marche, étant données les grandes vitesses de câbles adoptées aujourd'hui (12 et même 20 m-sec).

L'expérience a depuis longtemps démontré qu'il importait, dans les machines d'extraction, de rendre la mise en détente automatique et de ne pas compter sur l'action du mécanicien pour la provoquer. En fait, tous les constructeurs ont, depuis longtemps, fait commander la mise en détente par un régulateur centrifuge, à peu près astatique, faisant parcourir au manchon sa course totale, pour une valeur déterminée de la vitesse angulaire. C'est là un premier pas vers l'automaticité complète des manœuvres, que les constructeurs s'efforcent de réaliser.

D'un autre côté, la plupart des exploitants ont cherché à adapter aux machines d'extraction des évite-molettes d'un fonctionnement sûr, d'où un second pas vers l'automaticité ; toutefois, il paraît préférable, si l'on adopte le principe des évite-molettes, de les employer, non comme des organes de sécurité ne fonctionnant que tout à fait exceptionnellement, en cas d'inadvertance du machiniste par exemple, mais plutôt comme des organes normaux de ralentissement aux extrémités de la course. En effet, un appareil automatique d'un emploi certain doit se contrôler lui-même par un fonctionnement de tous les instants ; dans le cas contraire, et malgré les essais fréquents auxquels on le soumet, il n'offre que des garanties de fonctionnement très faibles. Un exemple frappant de ce fait est donné par les contacteurs automatiques employés dans certains systèmes de traction électrique : les avaries de ces appareils sont tout à fait exceptionnelles, lorsque les automotrices sur lesquelles ils sont montés sont en service continu ; elles sont, au contraire, très fréquentes dans le cas de voitures à marche intermittente.

En définitive, il paraît avantageux, tant au point de vue de la sécurité que de la rapidité de l'extraction, de réduire le rôle du machiniste aux opérations normales suivantes :

1° Démarrage dans un sens ou dans l'autre à chaque fin de course ; 2° arrêt de la cage (supposée sans taquets) au niveau des recettes.

Il faut aussi, bien entendu, que le machiniste puisse, s'il en est besoin, stopper et faire fonctionner la machine, quelle que soit la position des cages ; mais ces opérations sont exceptionnelles.

Tout d'abord, il importe de remarquer que la commande automatique de la machine, pendant les périodes d'accélération ou de ralentissement, impose certaines conditions spéciales au mécanisme de distribution. Ces conditions, difficiles à réaliser lorsqu'on emploie la coulisse Stephenson comme organe de changement de marche, s'obtiennent beaucoup plus aisément avec la commande par cames à profil variable (dont la distribution Kraft-Audemar est le prototype).

Les machines d'extraction construites en France, pendant ces dernières années, sont presque toutes pourvues de la coulisse Stephenson et d'une distribution par soupapes ; le coulisseau est toujours à l'une des extrémités de sa course, et la détente est réglée par l'échappement des déclics d'admission. On a abandonné la distribution Kraft-Audemar à cause de l'usure rapide de ses diverses pièces, des chocs et du bruit qui en résultent. En Allemagne, au contraire, on a de plus en plus perfectionné la construction de la distribution par cames ; il est permis de croire qu'une étude consciencieuse des efforts qu'engendre la marche, permettra de proportionner les surfaces de contact à l'énergie des ressorts de rappel, avec assez de précision pour éviter l'usure trop rapide et le décollement des galets sous l'action des forces d'inertie. Cette étude ne diffère pas de celle que l'on fait couramment pour les moteurs à gaz ou à pétrole, et la marche silencieuse de ces derniers, même à 350 tours par minute, prouve qu'il est possible de résoudre pratiquement le problème.

Quand on emploie le changement de marche Stephenson, le coulisseau doit toujours être à l'une quelconque des extrémités de la coulisse ; deux équipages mécaniques distincts, assez difficiles à réaliser, sont donc nécessaires si l'on veut faire dépendre la *grandeur* et le *signe* du couple moteur de la vitesse et de la position

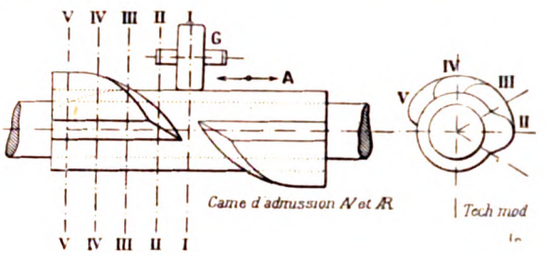


FIG. 1. — Schéma de cames suivant le profil ancien.

angulaire de l'arbre des bobines. Au contraire, l'emploi de cames à profil variable, permet de modifier, par le déplacement d'un organe unique, le *signe* du moment moteur et sa *grandeur* absolue ; il suffit de tracer convenablement les profils I, II, III, IV, V et de provoquer le déplacement de la pièce A le long du galet G, par l'action du levier de manœuvre (fig. 1).

Les cames de la distribution Audemar étaient, en principe, à peu près agencées comme celles de la figure 1, c'est-à-dire que les introductions allaient en croissant de part et d'autre du cran de repos. Il en résultait une difficulté cinématique pour la commande automatique, le mouvement de A ne pouvant s'effectuer toujours dans le même sens au cours d'une cordée.

En effet, en partant de la position d'arrêt AV, par exemple, il faut d'abord placer le galet en V, aux introductions maxima, puis le ramener vers II après le démarrage.

De plus, pendant les périodes de manœuvre, la précision exige que le moment moteur moyen atteigne son maximum, dans un sens ou dans l'autre, par le déplacement minimum du levier

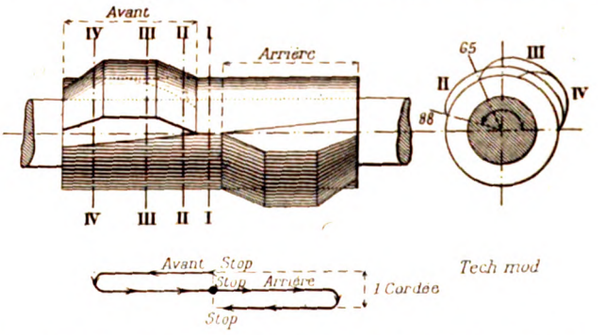


FIG. 2. — Cames profilées de manière à ne pas nécessiter de rebroussements du levier de manœuvre. (La courbe en S indique les déplacements de ce levier pour une cordée complète.)

à partir de la position d'arrêt. Il est donc fort intéressant d'étudier les profils I, II, III, IV, V, de telle sorte que les admissions atteignent leur plus grande valeur de part et d'autre de la position d'arrêt (sans cependant que les orifices découverts aient une section considérable), et qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce point, elles aillent en décroissant plus ou moins progressivement.

La figure 2 montre une réalisation de ce genre de cames, exécutée par une maison de constructions mécaniques du bassin de la Ruhr. Sur le profil II, l'introduction atteint 88 °/₀ de la course motrice des pistons, mais les orifices découverts ne sont que les 0,42 de ceux correspondant au profil III, pour lequel l'introduction n'est plus que de 65 °/₀.

Digitized by Google

Avec un tel dispositif, le déplacement du levier de manœuvre, qui gouverne alors simultanément le sens de la marche et la détente, s'effectue toujours sans rebroussements parasites, pendant une cordée, ainsi que le montre le diagramme annexé à la figure 2.

Dans le cas, très fréquent aujourd'hui, où la machine est composée de deux groupes compound-tandem, il est possible d'utiliser les commodités cinématiques que donne la distribution

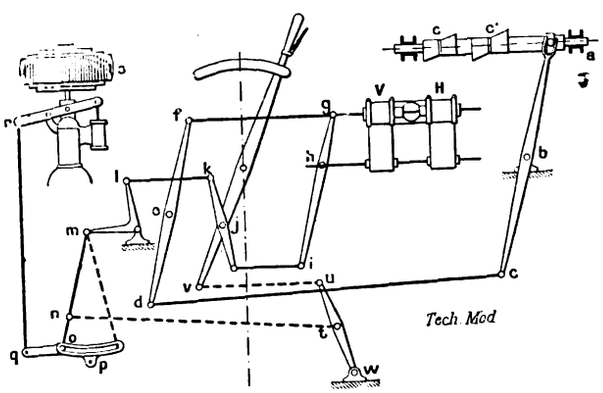


FIG. 3. — Dispositif automatique et réglable par action directe, applicable à la distribution des cames. — C, C' cames d'admission et d'échappement (marche AV et AR); *a*, arbre des cames; *bcdefg*, commande des déplacements de *a* par le servomoteur VH (vapeur-huile); *kj*, levier flottant rendant les déplacements du levier du tiroir d'asservissement *h*, solidaires simultanément de l'action du régulateur *s* (transmission *nqponmlk*) et du levier à main (point *j*); *op*, coulisse d'inversion manœuvrée par le levier à main à l'aide de *ntw*.

par cames, pour employer le réservoir intermédiaire comme accumulateur d'énergie; on facilite ainsi les démarrages, tout en recueillant une partie du travail de freinage. Il suffit, par exemple, de tracer les cames d'admission BP, de telle sorte qu'elles laissent les soupapes correspondantes inactives tout le long d'une zone voisine du cran d'arrêt : la vapeur s'accumule alors en se comprimant dans le receiver, et l'on disposera, au moment du démarrage consécutif, d'une pression motrice très élevée sur le piston BP (brevet Schlüter).

On peut aussi, quel que soit d'ailleurs le nombre des expansions, tracer les profils de telle sorte que les soupapes d'échappement restent fermées au voisinage du cran d'arrêt, tandis que les soupapes d'admission s'ouvrent avec une avance angulaire considérable : on réalise ainsi un freinage extrêmement énergique par contre-vapeur (brevets Grünewald et Schönefeld).

Ce qui précède montre qu'il est possible de réaliser, par le simple déplacement longitudinal des cames, toutes les variations de l'effort moteur entre zéro et la valeur maximum, dans l'un et l'autre sens; par suite, des liaisons mécaniques relativement simples doivent permettre de réaliser la commande semi-automatique.

Nous avons dit plus haut que le premier pas réalisé vers l'automaticité a consisté à faire contrôler la détente par le régulateur. Voici, à titre d'exemple, un dispositif (brevet de la *Prinz-Rudolfhütte*), applicable à la distribution par cames, et remplissant la condition d'être à la fois automatique et réglable par l'action directe du mécanicien, grâce à l'emploi d'un levier flottant analogue à un levier d'asservissement. Il faut, dans tous ces dispositifs, employer des cames telles que le couple moteur moyen suive une loi décroissante de part et d'autre du cran d'arrêt, c'est-à-dire des cames d'un profil général analogue à celui de la figure 2. Il faut aussi prévoir une liaison inversant le sens d'action du manchon du régulateur, en même temps que la suspension. La figure 3, accompagnée d'une légende explicative, représente un dispositif de ce genre.

Dans ce dispositif (fig. 3), le régulateur *s* peut être astatique ou pseudo-astatique. Dans le premier cas, le manchon *r* accomplit sa course totale entre ses deux butoirs dans un laps de temps très court, lorsque la vitesse de la machine croît de ω_1 à ω_2, ω_1 et ω_2 étant les deux vitesses d'équilibre extrêmes, très rapprochées dans un appareil astatique. Dans le second cas, c'est-à-dire dans le cas où la caractéristique de l'appareil est une courbe analogue à celle d'un régulateur de débit (type Stumpf, par exemple), il existe une zone très étendue de positions d'équilibre, et la machine passe, d'une manière continue, par une série de détentes croissantes, pendant la période d'accélération. Les lois des couples moteurs statiques, correspondant aux deux cas, sont représentées par les courbes de la figure 4. Les deux dispositifs ayant des avantages et des inconvénients, il est difficile de décider s'il est préférable de réaliser une variation continue ou une variation discontinue du moment moteur. Il semble cependant que la deuxième solution soit préférable à la première, tant pour la facilité du réglage automatique que pour la marche.

La *Gutehoffnungshütte* construit un appareil analogue à celui que nous venons d'examiner (régulateur astatique agissant, par l'intermédiaire d'un servomoteur, sur le déplacement longitudinal de l'arbre des cames), mais qui offre l'avantage de comporter beaucoup moins d'articulations.

Tous les dispositifs de ce genre réalisent, comme nous l'avons dit plus haut, une partie seulement des conditions d'une commande automatique, et doivent être toujours complétés par des évite-molettes de sécurité. Si l'on réunit les deux appareils en un seul, et si, de plus, le réglage de l'évite-molettes est tel qu'il entre en fonctionnement normal pendant les périodes de ralentissement, on aura réalisé ainsi la commande automatique.

Elle peut aussi être obtenue par un procédé un peu différent, que nous appellerons l'*asservissement conditionnel*, asservissement n'existant d'une manière effective que pendant une fraction de la rotation totale de l'arbre des bobines, correspondant à une cordée complète. Il y a intérêt, en effet, à n'asservir la machine que pendant les périodes de ralentissement, de manière que le machiniste n'ait pas à agir, d'une manière constante, sur le levier de commande. D'ailleurs, comme il est utile d'obtenir un asservissement très précis dans le cas très fréquent de la poulie Kœpe (absence de taquets), on serait obligé, s'il existait tout le long de la course des cages, de donner au levier de direction un déplacement d'une très grande amplitude, pratiquement irréalisable. En définitive, la précision de l'asservissement doit être *variable* suivant la position de l'arbre des bobines; nulle pendant la période de marche à pleine vitesse, maximum aux fins de cordée; on doit la calculer en ces points, de telle sorte que les amplitudes d'oscillation de la machine autour de chacune de ses positions d'équilibre se réduisent à quelques très faibles fractions de tour, affectées d'un décrément considérable. On n'a pas encore réalisé, à notre connaissance, de mécanisme réalisant ce programme, quoique M. l'ingénieur *Hoffmann* y ait fait allusion au dernier Congrès de Düsseldorf; mais il est facile d'en imaginer une infinité et nous décrivons plus loin le principe de l'un d'entre eux.

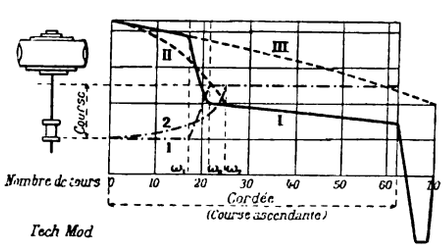


FIG. 4. — Courbes relatives à la machine à tambours plats, câble métallique cylindrique. — I, Courbe des moments moteurs statiques avec régulateur pseudo-astatique; II, Courbe des moments moteurs statiques avec régulateur statique; III, Courbe des moments moteurs naturels (sans action du régulateur); 1, 2, Déplacements du manchon.

Auparavant, nous donnerons la description sommaire des mécanismes de commande de *Koch*, de *Nothbohm-Eigenmann* et de *Schönefeld*, réalisant la commande automatique (Fahrtregelung), par la réunion d'un appareil de commande de la détente et

Digitized by Google

d'un évite-molettes ; ce dernier produit le ralentissement ou le réglage de la vitesse, dans le cas des moments négatifs, par l'action du frein, de la contre-vapeur ou de la compression de la vapeur dans le réservoir intermédiaire des machines compound.

En réalité Koch a réalisé deux mécanismes différents; le premier, à peu près identique à celui de la Prinz-Rudolfhütte, décrit plus haut, s'en écarte par le fait que la détente est contrôlée à la fois par la vitesse (emploi d'un régulateur astatique) et par la position de la machine; le second, plus complet, assure le réglage automatique de la vitesse en même temps que le ralentissement

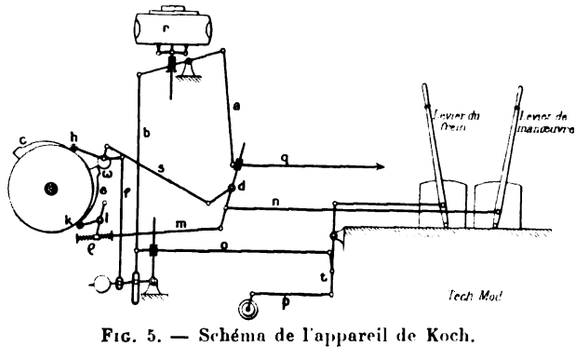


FIG. 5. — Schéma de l'appareil de Koch.

r, régulateur système Hartung-Stumpf statique à grand coefficient d'irrégularité; *a*, *q*, commande automatique de la détente par le régulateur (le levier *d* occupe une position symétrique de celle figurée pour la marche en AR.); *b*, *o*, commande du frein par le régulateur (grandeur de l'ouverture du robinet *p* suivant la position du coulisseau terminant la bielle *o*); *h*, *ω*, *f*, commande du frein par la position de la machine (se combinant avec la précédente et aussi avec l'action personnelle du machiniste, par l'action combinée des positions des deux leviers de manœuvre et de frein).

Pour la clarté de la figure, il n'a été figuré que les profils de cames correspondant à un sens de marche; mais il faut les supposer doublés pour la marche dans les deux sens.

progressif avant l'arrêt. Il agit, à cet effet, non seulement sur le levier de manœuvre, mais encore sur le levier de frein. (A la vérité, l'emploi de cames à profil variable du type Schönefeld, comportant des positions de compression de vapeur vive à échappement fermé, par diagrammes quasi-rectangulaires, permet d'obtenir au moyen des mêmes tringles, le ralentissement et le réglage de la vitesse.)

Grâce à l'action combinée du régulateur astatique *p* et de la came *c*, le frein est actionné avec une plus ou moins grande intensité (transmission *fotp*, le levier flottant *t* permettant la commande directe à la main dans toutes les positions de la machine). Le freinage est donc fonction, à la fois, de la position et de la vitesse. De même, le régulateur agissant également par *a q*, sur l'introduction dans les cylindres, en déplaçant le curseur *d* sur la coulisse reliée au levier de manœuvre par *n*, règle ainsi la vitesse en marche normale. La came *e* agit de son côté, de concert avec le régulateur, à la fois sur l'introduction et sur le frein, grâce au mécanisme *f* qui provoque un excentrement variable de la portée ϖ ; les ressorts ρ permettent l'action directe du machiniste (au lieu d'un levier flottant). On obtient ainsi l'accélération automatique de la machine au début d'une cordée et le ralentissement à la fin de cette cordée, quelles que soient d'ailleurs les courbes des moments résistants.

L'appareil de *Nothbom-Eigenmann* a reçu diverses formes depuis son apparition ; le schéma de la figure 6 se rapporte à un tracé indiqué par le professeur *Wallichs*, d'Aix-la-Chapelle (1). Dans ce dispositif, les constructeurs se sont préoccupés de conserver au régulateur une influence à peu près constante dans toute l'étendue de la variation des vitesses ; dans ce but, ils l'ont relié à l'arbre des bobines par un mécanisme de friction gouverné par une came de profil convenable, présentant deux bossages correspondant à chaque fin de course. L'appareil agit à la fois sur le frein, sur la soupape de prise de vapeur et sur la tringle de changement de marche. On peut faire ici, la même remarque qu'à propos du système Koch ; l'emploi de cames à périodes de compression en vase clos et à périodes d'introduction variées permettrait de réduire cette triple action à une seule.

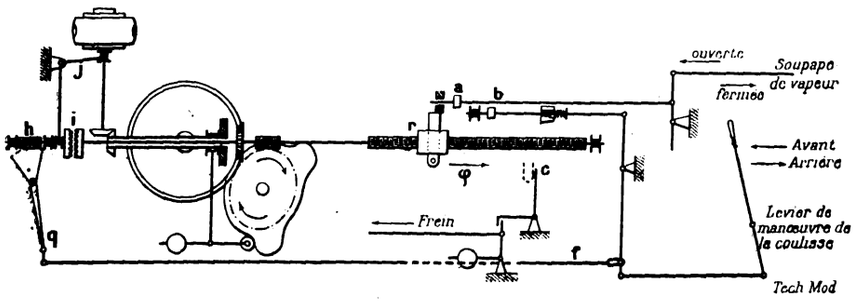


FIG. 6. — Schéma de l'appareil de Nothbom-Eigenmann (tracé indiqué par le professeur Wallichs).

a, manœuvre automatique de la soupape de prise de vapeur (position de l'arbre des bobines); *b*, manœuvre de changement de marche (à la fois par la position de la machine et par l'action du régulateur statique — action *indirecte* et *rapidité indépendante de la vitesse de la machine*).

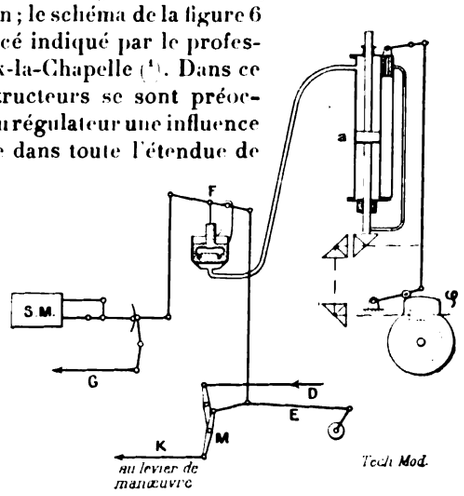


FIG. 7. — Schéma de l'appareil de Schönefeld.

φ, came calée sur un arbre lié à celui des bobines; S. M., servomoteur actionnant la commande longitudinale des cames; G, commande à main de celle-ci; K, commande à main du frein.

Le doigt *r* (coulissant dans son écrou d'entraînement, grâce à des profils de guidage appropriés) rencontre successivement, en se déplaçant dans le sens de la flèche φ, les butoirs *a*, *b*..., c'est-à-dire qu'à partir de l'accélération initiale, il produit automatiquement l'étranglement de la prise de vapeur, la détente à un cran intermédiaire, puis le ralentissement en fin de course (en agissant sur la tringle de changement de marche), et enfin le bloquage du frein. Toutes ces manœuvres sont uniquement fonction de la position angulaire de l'arbre de la machine, sauf la dernière qui est également soumise à l'influence de la vitesse, grâce à l'équipage *fghij* commandé par le régulateur, dont la vitesse propre varie, comme nous l'avons dit plus haut, proportionnellement à celle de l'arbre des bobines.

Dans l'appareil de Schönefeld (fig. 7) on emploie, pour la distribution de la vapeur, des cames à profil variable inventées par le constructeur, et auxquelles nous avons déjà fait allusion. Par le déplacement d'un seul bloc, on peut réaliser : 1° des introductions très grandes au voisinage de la position d'arrêt (avec une faible course des obturateurs) ; 2° des introductions de plus en plus faibles d'entrée en détente ; 3° la compression de la vapeur à la pression normale dans les cylindres moteurs, de façon à produire ainsi le ralentissement et le freinage en fin de cordée. A cet effet, la machine actionne le piston hydraulique *a*, dont la soupape de décharge *o* est commandée par la came φ. La pression qui agit ainsi sur la soupape tarée F est fonction à la fois du carré de la vitesse angu-

(1) *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 9 décembre 1911.

Digitized by Google

laire de l'arbre des bobines et de la position des cages; elle peut donc servir à régler, par la barre agissant sur le servomoteur SM, la position des profils de tour de distribution. Le piston F agit sur le servomoteur, en même temps d'ailleurs que sur le levier flottant M contrôlant le robinet du frein modérable (par l'intermédiaire de la bielle coudée E).

Les diagrammes de vitesse relevés sur des machines munies de l'un de ces dispositifs accusent nettement leurs avantages. La figure 8 reproduit (toujours d'après M. Wallichs) une série de 6 diagrammes, dont 3 sont pris après débrayage de la commande

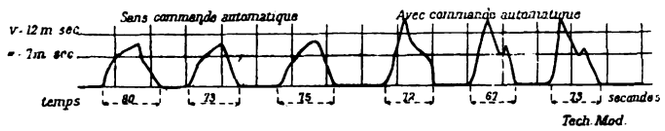


FIG. 8. — Diagrammes relevés au tachygraphe avec et sans commande automatique.

automatique, et 3 avec cette commande embrayée. Ils font ressortir clairement l'action accélératrice énergique de l'appareil automatique, en même temps que son influence retardatrice plus progressive qu'avec la commande à la main. Au total, on gagne en moyenne, dans le cas considéré, 4 à 5 secondes sur le temps total d'une cordée (70 secondes), en même temps qu'on réalise un fonctionnement très sûr, puisque l'appareil est contrôlé à chaque instant par son propre fonctionnement, toute avarie majeure de la transmission produisant, en général, le blocage du frein et l'arrêt complet de la machine (fig. 9).

Les cames Schönefeld (avec positions de freinage par compression) pourraient, naturellement, être remplacées par une foule de dispositifs de distribution équivalents. Mentionnons ici celui qu'a étudié la Société de l'Horme pour la machine d'extraction à air comprimé de la fosse Sainte-Marguerite (mines de Blanzy) et qui pourrait s'appliquer presque sans modifications à une machine à vapeur.

Chaque fond de cylindre est muni de 4 obturateurs, 2 commandés à la manière usuelle S_1 S_2, un semi-commandé S'_1, et un automatique S'_2. En manœuvrant l'arbre ω, on peut mettre la came hors de contact d'avec le galet de commande et laisser ainsi l'obturateur S_1 fermé pendant toute une course. L'arbre de commande des obturateurs O peut, de son côté, être décalé de $\frac{1}{2}$ tour pour la marche AV ou AR; à la position intermédiaire, il produit un décalage de $\frac{\pi}{2}$.

La tubulure A étant en communication avec une source d'air comprimé et E avec l'atmosphère, il est facile de voir qu'on peut : 1° faire de la puissance pour monter une charge en laissant agir S_1 et S_2 à la manière usuelle (arbre ω dans la position indiquée); 2° régler le couple résistant à la descente par l'effacement des cames de S_1 et la manœuvre du levier de changement de marche, etc. Il est facile d'imaginer les modifications qui permettraient à ce dispositif de fonctionner sur un circuit de conduites de vapeur sans aspiration dans l'atmosphère.

L'asservissement conditionnel, qui permettrait de remplacer les dispositifs de commande automatique décrits ci-dessus, serait réalisé, en principe, par un mécanisme analogue à celui que représente la figure 9, qui a pour but de solidariser, aux bouts de came, les déplacements du levier et ceux de la pièce portant la rainure-guide. Pendant toute une fraction de la course, il n'y a pas asservissement et la machine se meut sous la seule action du tiroir conduit par le levier; mais aux fins de courses, les déplacements des deux pièces sont solidaires et créent une infinité de positions d'équilibre pour l'équipage moteur. Il est facile d'imaginer des dispositions cinématiques permettant d'appliquer ce schéma de principe à une machine d'extraction à vapeur; on peut en particulier, déterminer la constante d'asservissement, c'est-à-dire le rapport entre les déplacements correspondants du levier et de la pièce portant la rainure-guide, de telle sorte que les oscillations autour de chaque position stable soient aussi courtes et aussi rapidement éteintes que possible par le jeu de la contre-vapeur.

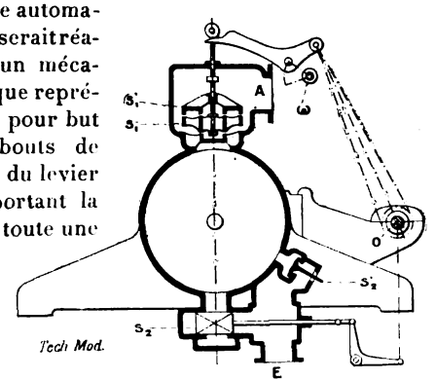


FIG. 9. — Distribution de la machine de Sainte-Marguerite (mines de Blanzy).

En définitive, et comme conclusion, on voit que les constructeurs réalisent actuellement des dispositifs permettant de rendre automatique la marche des machines d'extraction à vapeur; cette automaticité accroît, dans de grandes proportions, la sécurité de l'extraction et permet ainsi d'augmenter la vitesse moyenne des cages. Grâce à ces perfectionnements, combinés avec d'autres, d'ordre thermo-mécanique, les machines d'extraction à vapeur donnent des résultats d'exploitation aussi économiques que les machines électriques. On leur donnera la préférence à l'avenir, dans de nombreuses installations, parce qu'elles offrent l'avantage de ne pas dépendre d'un réseau à haut potentiel et d'une centrale parfois éloignée.

P. DROSNE.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES NOUVELLES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

[PLANCHE I.]

Le 21 mars 1907, une délibération du Conseil municipal de Paris reconnaissait la personnalité civile à la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité, née de la fusion des différentes Compagnies concessionnaires dont le groupement a formé l'« Union des Secteurs » à savoir :

Compagnie Parisienne de l'Air comprimé;

Société d'Eclairage électrique du secteur de la place Clichy;

Compagnie d'Eclairage électrique du secteur des Champs-Elysées;

Compagnie Continentale Edison;

Société d'Eclairage et de Force par l'Electricité;

Compagnie Electrique du secteur de la rive gauche.

La nouvelle Société, devenue seule concessionnaire vis-à-vis de l'administration municipale, obtenait le monopole de l'éclai-

Digitized by Google

rage dans Paris. La convention passée, en 1907, entre la Ville et la nouvelle Compagnie prévoit l'obligation d'équiper deux usines primaires, l'une au nord, l'autre au sud-ouest de Paris, toutes deux situées sur les rives de la Seine et raccordées au réseau ferré.

La Technique Moderne a déjà publié (1) la description générale de ces deux usines, dont la construction est aujourd'hui presque terminée; nous en donnerons une description détaillée dans cette livraison et dans les suivantes.

Usine Nord.

Cette usine, située à Saint-Ouen-les-Docks (Pl. I, fig. 1 et 2), couvre une superficie d'environ 13 000 m², que doubleront presque les agrandissements prévus. Sa puissance est actuellement limitée à 50 000 kw (2).

L'usine est reliée à la Seine par un viaduc de 360 m de longueur et de 4 m de large, aboutissant du côté du fleuve, à une estacade de service (90 m sur 15 m environ) qui supporte les appareils servant au chargement du charbon et au déchargement des mâchefers provenant des chaufferies de l'usine (Pl. I; fig. 3 à 6); charbon et mâchefer sont transportés, dans deux sens différents, par une locomotive électrique circulant sur une voie normale de 1m,445 d'écartement. Cette locomotive, équipée par les Ateliers de construction du Nord et de l'Est à Jeumont, et alimentée par du courant continu à 215 volts, sera capable de remorquer un train de 100 t; la vitesse approximative est de 9 km à l'heure en palier, et de 7 km sur une rampe de 0,01 m. En outre, la locomotive porte un treuil à tambour à l'une de ses extrémités.

Dans l'estacade se trouve la chambre de prise d'eau alimentant les condenseurs (Pl. I, fig. 3 à 7), ainsi que les divers services de l'usine. Cette chambre est protégée : 1° par une rangée de grilles dégrossisseuses fixes, formées de barres de fer trapézoïdales, entre lesquelles peut circuler un rateau de nettoyage ; 2° par deux rangées de grilles fines, mobiles, garnies de toile métallique à mailles serrées en fil de fer galvanisé.

Les grilles fines, commandées électriquement par un arbre de relevage, passent, pendant le levage, sous un jet d'eau comprimée qui effectue leur nettoyage.

Dans cette chambre aboutit la conduite d'amenée à l'usine, munie de vannes et d'un barrage à poutrelles servant à l'isoler de la chambre de prise d'eau, en cas de besoin.

Cette conduite aboutit, du côté de l'usine, à une autre chambre, dans laquelle plongent les tuyaux d'aspiration des pompes de circulation.

Le charbon, arrivant par wagons ou par bateaux, est emmagasiné dans des soutes, d'où il est repris pour être ensuite distribué dans l'usine au moyen d'un système de convoyeurs et d'un palan transporteur électrique.

L'usine proprement dite comprend les divisions suivantes : (Pl. I, fig. 2 et 8), groupes de silos à charbon et à mâchefer, bâtiments des chaufferies, salle des pompes, hall des machines, bâtiment des tableaux de distribution, bâtiment annexe abritant divers services; un dernier bâtiment, séparé du reste de l'usine, est réservé à l'administration.

Nous allons nous occuper successivement de chacune de ces différents services.

Silos a charbon et a machefer. — A chaque chaufferie correspond un groupe de silos qui se subdivise lui-même en deux parties contiguës comportant chacune trois cases à charbon d'une contenance totale de 5 000 t ; ces cases sont desservies par un convoyeur, par un palan transbordeur et par des trémies automotrices à mâchefer et à charbon (Pl. I, fig. 2 et 8).

Au bout des silos, se trouvent les chemins de roulement transversaux des trémies automotrices, consistant en une voie posée sur un viaduc partant de l'extrémité du bâtiment des silos et aboutissant à l'estacade.

Les silos à mâchefer sont aménagés de façon à permettre de les évacuer à volonté par wagons, par tombereaux ou par bateaux, en utilisant les trémies automotrices pour les transporter jusqu'à la Seine.

Un système de tuyaux d'injection d'eau permet de noyer les soutes à charbon en cas d'incendie.

Chaufferies. — Les chaufferies comprennent deux groupes séparés par une rue de 10 m et comportant : l'un 10 chaudières Belleville et 10 chaudières Babcock, l'autre 20 chaudières Babcock (Pl. I, fig. 8 et 13).

Les 20 chaudières de chaque groupe sont réparties en deux batteries de 10, disposées de part et d'autre d'une rue de chauffe, et chaque batterie comporte des appareils économiseurs, des carneaux, une cheminée avec ventilateurs, des trémies, un convoyeur et un palan transbordeur de charbon, des bâches alimentation, etc. Un bâtiment, abritant des épurateurs d'eau, s'élève entre les deux groupes de chaudières.

Chacun de ceux-ci occupe un bâtiment de 44 m sur 44 m et comprend, parallèlement aux rues de chauffe, six travées dont deux de 7m,50 sont les rues de chauffe proprement dites ; les quatre autres, de 7m,25, flanquent, deux par deux, les précédentes. Les travées de 7m,25 sont couronnées par des terrasses en ciment volcanique avec lanterneaux vitrés, alors que celles de 7m,50 sont couvertes par des combles métalliques avec tuiles.

Dans le sens perpendiculaire aux rues de chauffe, chaque bâtiment est divisé en cinq travées; la travée médiane, d'une portée de 10 m, comprend les cheminées.

Le charbon alimentant chaque batterie de chaudières, provient d'un silo qui la surplombe ; ce silo de consommation courante, d'une capacité de 50 t, est alimenté lui-même soit par le convoyeur, soit par le palan transbordeur électrique.

Chacune des chaudières doit fournir par heure 10 000 kg de vapeur à 16 kg, en marche normale, et 14 000 kg en surcharge.

Les caractéristiques des chaudières sont les suivantes :

	CHAUDIÈRES BABCOCK	CHAUDIÈRES BELLEVILLE
Surface de chauffe	420m²	320m²
Volume d'eau	12m³	3m³,400
Volume de vapeur	5m³,400	4m³,300
Surface totale de grille	13m²	14m²
Surface du surchauffeur	113m²	185m²
Surface de l'économiseur	240m²	238m²
Température de surchauffe	325°-370° C.	325-370 C.

Les cheminées, en béton armé, ont 5 m de diamètre intérieur, 37m,70 de hauteur et leur couronnement domine de 57 m la plateforme de l'usine.

Salle des pompes. — L'eau est amenée à l'usine par deux conduites aboutissant dans deux vastes chambres situées sous la salle des pompes où elle est puisée par de puissantes pompes de circulation. Cette eau, au sortir des condenseurs, s'écoule dans deux autres chambres, parallèles à la première, et de là, retourne au fleuve par une quadruple galerie souterraine.

Deux réservoirs, d'une capacité utile de 150 m³, surmontant la salle des pompes et s'appuyant sur les piliers voisins des chaufferies et du hall des machines, fournissent l'eau nécessaire aux divers services de l'usine.

(1) *La Technique Moderne*, t. III, n° 11 (novembre 1911), page 608.

(2) A l'usine de la Société d'Electricité de Paris, située à Saint-Denis, la puissance de 72 000 kw est assurée par 12 turbo-alternateurs de 5 000 à 6 000 kw. Le courant produit est, pour les trois quarts, du triphasé à 10 250 volts, 25 périodes, et, pour le quart restant, du diphasé à 17 300 volts, 42 périodes. Pour le service intérieur de l'usine, des turbo-dynamos produisent du courant continu sous 220 volts.

Digitized by Google

Un pont roulant électrique de 10 t dessert la salle des pompes dans toute sa longueur.

HALL DES MACHINES. — Ce vaste bâtiment de 147 m de longueur sur 26 m de largeur, abrite 8 turbo-alternateurs de 10 000-15 000 kw, fournis par les constructeurs suivants : Ateliers de construction du Nord et de l'Est à Jeumont, 3 groupes; Compagnie de Fives-Lille, 2 groupes; Société alsacienne de Constructions mécaniques, 2 groupes; Société d'exploitation des appareils Rateau, 1 groupe (1). Trois commutatrices de 750 kw assurent la transformation du courant nécessaire aux services auxiliaires de l'usine.

Le hall est desservi par deux ponts roulants électriques de 50 t.

BATIMENT DU TABLEAU. — Ce bâtiment, à deux étages, est contigu au hall avec lequel il communique (Pl. I, fig. 12). Un balcon en encorbellement constitue le poste central de manœuvre, d'où peuvent être commandés tous les appareils de distribution et de contrôle.

Le bâtiment du tableau, dont toute l'installation a été faite par la Société industrielle des Téléphones, renferme les appareils de coupure et de sécurité, les jeux de barres de distribution et les départs de câbles alimentant les sous-stations situées à l'intérieur de Paris. Ce bâtiment est surmonté au milieu de sa longueur d'un autre bâtiment (bureaux) desservi par le même ascenseur que le bâtiment du tableau et communiquant avec le poste de manœuvre des appareils distributeurs.

De ce bâtiment partent les galeries souterraines, dans lesquelles sont placés les divers conducteurs des câbles de courant, isolés les uns des autres.

TABLEAUX DE DISTRIBUTION A HAUTE ET A BASSE TENSION. — 1° *Schéma général.* — L'usine Nord comporte 8 alternateurs, réunis aux 32 feeders de départ par l'intermédiaire de deux systèmes de barres (Pl. I, fig. 11). Ces barres sont sectionnées en leur milieu et les deux tronçons ainsi obtenus peuvent être réunis par l'intermédiaire d'un interrupteur manœuvré à distance par une commande électrique. On dispose ainsi, en quelque sorte, de deux demi-usines, les alternateurs de chacune d'elles pouvant, au besoin, alimenter les feeders de l'autre.

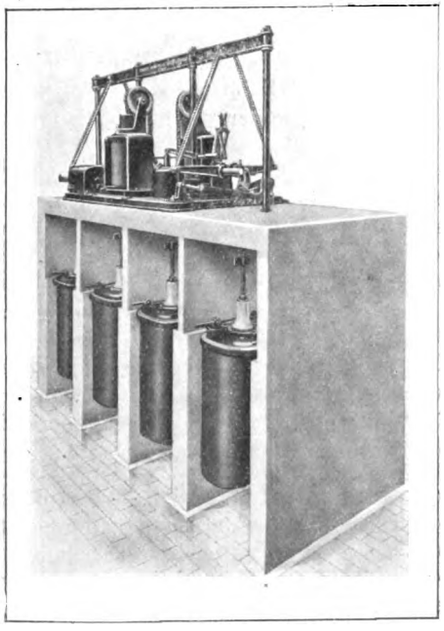


FIG. 1. — Disjoncteur tétrapolaire de 12 300 volts. (Système de la Société Industrielle des Téléphones.)

Chaque alternateur est protégé par un dispositif de sécurité comportant : 1° un limiteur de tension à écoulement liquide continu; 2° un disjoncteur à retour de courant réunissant l'alternateur à un groupe spécial de barres formant un « pont de machines » qui peut être branché sur l'un ou sur l'autre des deux systèmes de barres générales, au moyen de deux disjoncteurs à maxima avec relais retardateur.

Les 32 feeders ont une section de 4×100 mm² et sont branchés, par groupes de quatre, sur les barres générales, ainsi que l'indique la figure 11 (Pl. I). On remarquera également sur ce schéma que sur chaque départ se trouve montés des disjoncteurs à maxima retardés. Le pont correspondant à chaque groupe de 4 feeders comporte deux autres disjoncteurs à maximum.

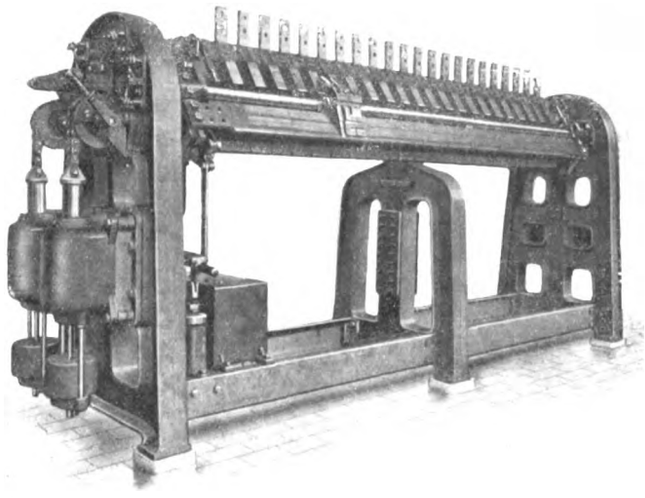


FIG. 2. — Réducteur double de 2 000 ampères, à 22 plots. (Système de la Société Industrielle des Téléphones.)

Pour chaque feeder, sont branchés entre chaque fil et la terre, des limiteurs de tension à éléments multiples, système Wurtz, avec résistances de carborundum montées en série.

Les services auxiliaires de l'usine sont alimentés de courant continu à 220 vols par une sous-station de transformation comprenant quatre commutatrices de 750 kva et deux batteries d'accumulateurs de 3 000 ampères-heures.

Au bout de l'arbre moteur, outre la génératrice à courant continu à 220 vols, se trouve calée une excitatrice à 220 volts, à tension variable, dont le champ peut être réglé par l'intermédiaire d'un rhéostat. Ce réglage peut être fait soit à la main, soit automatiquement au moyen d'un régulateur Routin. Ces régulateurs sont au nombre de quatre pour chaque groupe de barres.

Dans le circuit du régulateur correspondant à chaque alternateur sont intercalés des appareils de sécurité comprenant : 1° un relais à maximum de tension suspendant l'action du régulateur quand celui-ci se trouve isolé des barres générales dans le cas du déclenchement du disjoncteur. (Ce régulateur, alimenté par un transformateur branché sur les barres générales, pourrait faire croître indéfiniment la tension de l'alternateur si ce relais n'intervenait pas); 2° un relais à maximum d'intensité supprimant l'action de ce régulateur en cas de court-circuit. (Le régulateur augmenterait l'excitation de l'alternateur par suite de la chute de tension due au court-circuit.)

Les cadrans des rhéostats de champ des excitatrices comportent 91 plots. Leur manette est actionnée par un courant continu à 220 volts provenant du circuit des batteries de la sous-station.

Pour que les déplacements angulaires soient les mêmes lors de la marche en parallèle, chaque servomoteur est complété par un synchroniseur Routin, monté sur le même arbre. Ces synchroniseurs sont alimentés par deux transformateurs monophasés de 12 : 300 — 110 volts.

2° *Essais.* — Pour l'essai en charge des alternateurs, on a prévu un système spécial de barres sur lesquelles on peut brancher chaque machine au moyen de sectionneurs. Ce système spécial de

(1) On trouvera dans un prochain article, la description détaillée de ces turbo-alternateurs. (N. D. L. R.)

Digitized by Google

barres aboutit à un rhéostat liquide pouvant absorber 15 000 kva sous 12 300 volts.

Pour l'essai des feeders sous tension progressive, on a également prévu un système de barres alimentées par un groupe statique survolteur-dévolteur à rapport de transformation variable. Le feeder en essais n'est connecté sur la barre générale que lorsque la tension a pu atteindre la valeur normale sans déceler de défaut.

3° *Description des tableaux.* — La figure 12 (Pl. I) montre la disposition adoptée par la Société industrielle des Téléphones pour la réalisation matérielle du schéma que nous venons d'exposer. On voit que le tableau haute tension occupe 3 étages d'un bâtiment ayant 10 m de largeur et 130 m de longueur. Les disjoncteurs des ponts de machines et des ponts de chaque groupe de 4 feeders sont placés côte à côte à l'étage supérieur. L'étage immédiatement inférieur est réservé aux barres principales, aux barres des machines et aux ponts des feeders.

Ainsi que nous l'avons vu sur le schéma, il existe, en plus des disjoncteurs précédents, un disjoncteur directement placé sur chacun des 32 feeders de départ. Ces disjoncteurs, disposés au rez-de-chaussée du bâtiment, au-dessus des galeries des câbles, sont construits sur le même modèle; toutefois, les contacts des disjoncteurs destinés au circuit d'un alternateur sont prévus pour une intensité normale de 800 ampères, tandis que ceux des feeders sont prévus pour une intensité de 200 ampères; ils ont $2^m,60$ de longueur, 1 m de largeur et $3^m,30$ de hauteur.

On remarquera que chacun des interrupteurs est formé de quatre éléments unipolaires distincts. Sur chaque pôle, la coupure est double et la course verticale du balai est de 400 mm.

La fermeture électrique s'effectue au moyen de deux électro-aimants à noyau vertical agissant simultanément par l'interposition de bielles, de pignons et de manivelles sur la traverse horizontale supportant les tiges porte-balais des quatre pôles.

Au rez-de-chaussée se trouvent également les barres d'essai des machines et des feeders avec interrupteurs électriques, commandés à distance, permettant de brancher les feeders au moment de leurs essais sous tension progressive. Dans une travée voisine sont montés les limiteurs de tension des feeders comportant, pour chaque phase, trois éléments et cinq rouleaux montés en série. En série avec chaque limiteur se trouve une résistance inductive formée de crayons de carborundum. Entre chaque groupe de quatre départs sont placés les limiteurs de tension à écoulement d'eau. Un coupe-circuit, baignant dans l'huile, est branché sur la dérivation de chaque fil.

Tous les organes de commande et de contrôle des alternateurs et des feeders sont réunis dans un poste central de manœuvre dominant la salle des machines. Les pupitres des huit alternateurs sont juxtaposés à l'avant, de façon à former un arc de cercle; ceux qui correspondent aux trente-deux feeders, à la sous-station de l'usine et au circuit d'essai, sont également disposés de façon à former un arc de cercle placé à l'arrière de ce poste. Dans un petit bâtiment spécial se trouve le rhéostat pour l'essai en charge des alternateurs.

A l'extrémité de la salle des machines, où se trouvent les commutatrices, est placé le tableau à basse tension. Il comprend des appareils de protection et de mesure des commutatrices, des survolteurs et des batteries d'accumulateurs.

Un réducteur double de 2 000 ampères à 22 plots, manœuvré électriquement à partir du tableau basse tension, dessert chacune des deux batteries d'accumulateurs. La rangée de plots, ainsi que les barres collectrices de charge et de décharge de ces appareils, sont disposés horizontalement.

Les plots sont réunis à la barre collectrice par l'intermédiaire d'un double balai feuilleté, fixé sur un chariot susceptible de se déplacer le long d'un arbre horizontal. Des électro-aimants, actionnés à distance, permettent de donner à cet arbre un double mouvement de déplacement longitudinal, suivant son axe de rotation; ce dernier fait tourner à 90° des encoches dont les intervalles correspondent à ceux qui séparent deux plots actifs.

Bâtiment annexe. — Le rez-de-chaussée comprend : deux vestiaires avec lavabos, deux salles de bains, une salle de chauffe, huit urinoirs, deux water-closets, onze stalles de douches, deux réfectoires, un magasin. Au premier étage, desservi par un monte-charges, se trouvent une salle d'accumulateurs, une salle de réducteurs, un laboratoire, un magasin.

Un atelier de réparations et une forge, faisant partie de la salle des machines, occupent l'extrémité du bâtiment annexe.

Une canalisation générale, se ramifiant dans les différents bâtiments et aboutissant à un égout principal qui communique lui-même avec l'égout public, permet le drainage des eaux pluviales et des eaux de service.

Usine Sud-Ouest.

La deuxième Centrale, prévue dans la région sud-ouest de Paris, est située à Issy-Les Moulineaux. La puissance actuelle de l'Usine est de 25 000 kw, mais le doublement de l'usine, prévu au projet, portera sa puissance à 50 000 kw.

Au point de vue de l'aménagement intérieur, le plan de l'Usine Sud-Ouest (Pl. I, fig. 14 à 18) se rapproche beaucoup de celui de l'Usine Nord (Pl. I, fig. 1 à 13). On y retrouve la même disposition pour l'arrivée et l'évacuation de l'eau d'alimentation. Le transport du charbon, de la Seine à l'usine, et des mâchefers de l'usine à la Seine, est fait par un convoyeur à godets placé dans une galerie souterraine creusée sous l'une des rues limitrophes (rue Bara). Un système de convoyeurs, permettant de transporter le charbon à son point d'utilisation dans les chaufferies, sert pour la mise en silos.

Une estacade de service, de 40 m sur 14 m, constitue le point de contact de l'usine avec la Seine; d'un autre côté, un viaduc, beaucoup plus développé qu'à l'usine Nord, puisqu'il longe ici tous les bâtiments, relie l'usine Sud-Ouest avec la voie ferrée, en passant par-dessus la zone militaire accotée au remblai.

Les chaufferies occupent à l'usine d'Issy un bâtiment unique long de 44 m qui comprend — comme à Saint-Ouen — une batterie de 10 chaudières Belleville et de 10 chaudières Babcock, disposées des deux côtés de deux rues de chauffe.

La salle des pompes et les galeries d'amenée et d'évacuation d'eau des condenseurs sont disposées comme à Saint-Ouen.

La salle des machines (67 m sur 26 m) comprend trois groupes de turbo-alternateurs et trois commutatrices de 500 kw, du Creusot. L'atelier de réparations, qui à l'usine Nord se trouve contigu à la salle des machines est compris à Issy dans le bâtiment annexe, rejeté à l'angle opposé du terrain.

Le tableau est semblable, comme dispositions générales, à l'une des deux moitiés symétriques du tableau de l'usine Nord.

Tout l'équipement électrique et mécanique de l'usine a été étudié et construit par les Etablissements Schneider et Cie.

Construction des batiments des deux usines. — Les deux usines présentent la particularité d'être presque entièrement construites en béton armé. Leur ossature générale se compose d'un système de piliers convenablement entretoisés reposant sur le sol au moyen de semelles ordinaires ou de cônes.

Sur ces piliers s'appuient les grosses poutres, dont quelques-unes atteignent jusqu'à $1^m,20$ de hauteur.

L'usage du bois a été interdit : quant à l'emploi de la charpente métallique, il est relativement restreint et l'on n'y a guère eu recours que pour les parties hautes des silos et des chaufferies ainsi que pour les planchers du tableau et du Hall des machines (1).

S. G.

(1) La construction de ces bâtiments fera d'ailleurs l'objet d'une prochaine étude. (N. D. L. R.)

Digitized by Google

Fig. 8. Coupe suivan

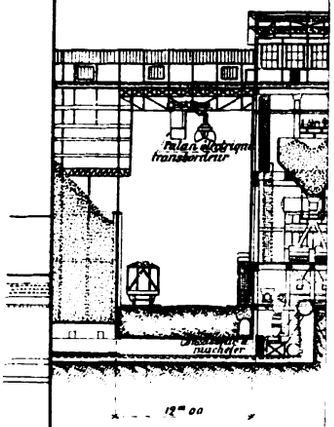


Fig. 15.

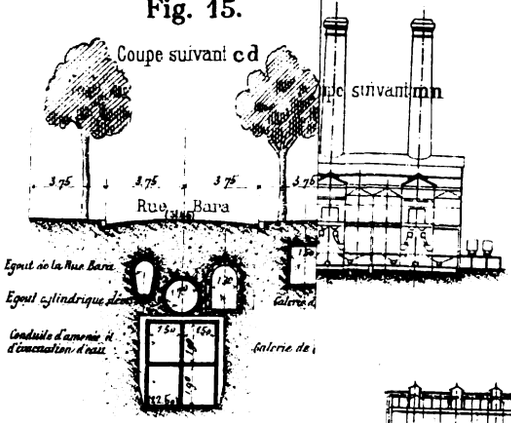
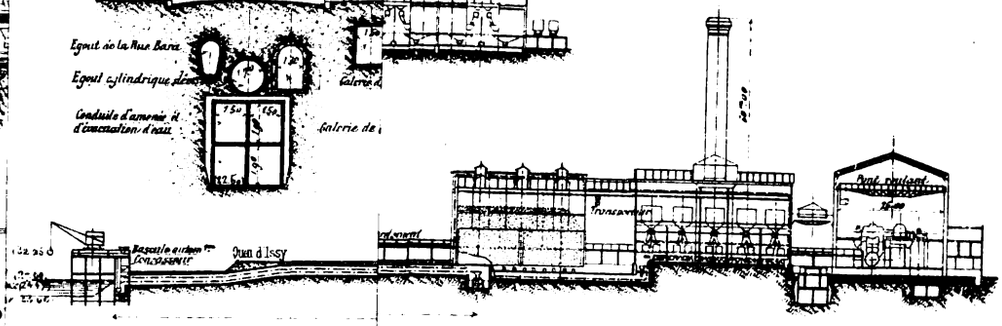


Fig. 17.

USINE SUD-OUEST

(Fig. 14 à 18)



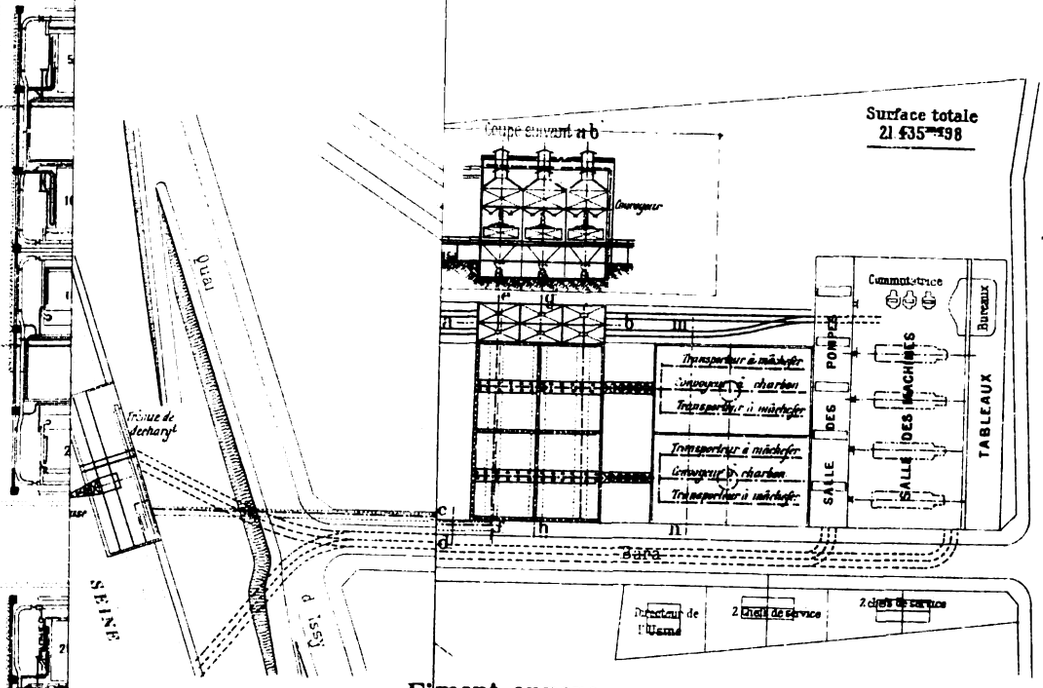
P

ment de la pompe de
s
teurs servant à
pes et à la vidange

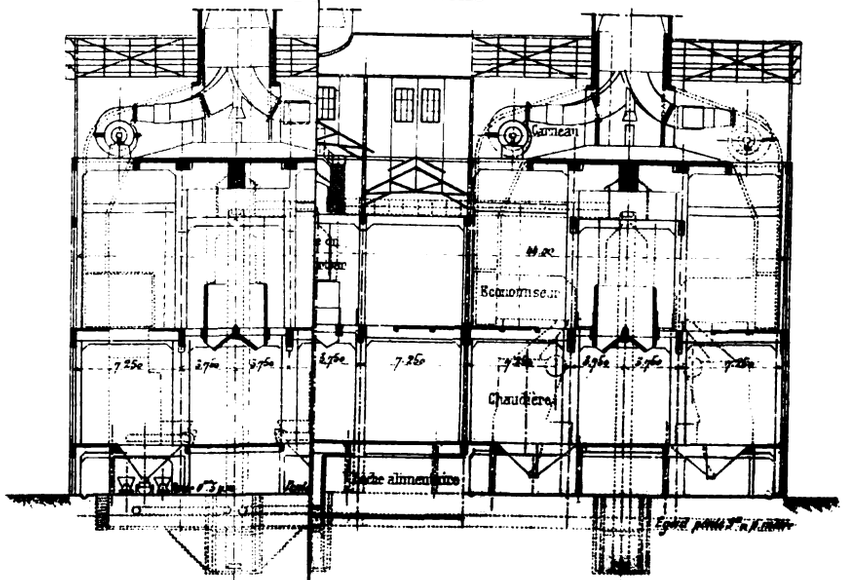
on des chaudières
libre des chaudières
turbines
upes de sureté des

ces
rine
r et du saturateur des

s
teur
de sureté
d'eau
du condenseur
an d'eau des graisseurs



Piment annexe



L. Braun, 35, Rue de la Tour-d'Auvergne, Paris, IX

Digitized by Google

Digitized by Google

CHEMINS DE FER

NOUVELLE LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE DE 1 500 CHEVAUX DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

La Compagnie des chemins de fer du Midi, ayant décidé, à la fin de l'année 1908, d'électrifier la traction d'une grande partie de son réseau, résolut de faire des essais pour déterminer le choix des locomotives (1) et des lignes caténaires.

On a choisi pour ces essais la section de Marquixanes à Villefranche (ligne de Villefranche-Vernet-les-Bains à Ille-sur-Têt), l'usine hydro-électrique voisine de la Cassagne fournissait l'énergie électrique nécessaire.

Pour déterminer le choix des locomotives, la Compagnie du Midi ouvrit un concours dont nous résumons ci-dessous le programme :

« La locomotive devra pouvoir démarrer un train de 400 t sur « le profil indiqué, remorquer un train de 280 t, à une vitesse mi- « nimum de 40 km à l'heure et un train de 100 t, à 60 km à l'heure.

« En descendant de Villefranche à Marquixanes, les moteurs « devront pouvoir fonctionner comme freins en renvoyant du « courant sur la ligne ; la vitesse de descente en pente devra « pouvoir être réglée à volonté depuis la vitesse fixée pour l'as- « cension de cette pente jusqu'à la moitié de cette vitesse ; c'est « ce qui constitue le problème de la récupération.

« Le coefficient de récupération sera déterminé. »

Pour satisfaire à ces conditions, les Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est ont fourni une locomotive à voie normale que nous décrivons ci-dessous (fig. 1 et 2) et qui fut la première à répondre en tous points au programme imposé par la Compagnie du Midi.

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

Longueur de la locomotive hors tampons	14m,270
Longueur de la caisse	12m,600
Hauteur de la caisse au-dessus du rail	3m,515
Hauteur avec pantographe maximum	6m,500
Hauteur avec pantographe minimum	4m,500
Diamètre des roues motrices	1m,400
Diamètre des roues porteuses	1m,000
Empattement des essieux moteurs	3m,600
Charge par essieu moteur	18 t
Poids total de la locomotive	85,3 t
Jeu latéral des essieux porteurs dans les deux sens	65 mm
Tension d'alimentation . . . 12 000 volts,	16 2/3 périodes
Puissance unihoraire	1 500 chevaux
Vitesse maximum	75 km-h

Dispositif mécanique.

Le châssis se compose de deux longerons en tôle découpée de 30 mm d'épaisseur et entretoisés par dix traverses, dont six centrales en acier moulé, servant d'assises aux moteurs et aux transformateurs. Les longerons sont entretoisés à leur partie inférieure et au droit des essieux moteurs extrêmes par des traverses servant à fixer les axes d'articulation des queues de bissel.

La locomotive possède trois essieux moteurs et à chaque extrémité un essieu porteur ou bissel.

Sur chaque boîte à huile des essieux moteurs, s'appuie un ressort de suspension à lames, disposé de façon que la locomotive soit supportée latéralement en six points. Des leviers coudés ou des balanciers à sonnettes relient chaque essieu porteur à l'essieu moteur voisin ; seul l'essieu du milieu est monté sur un ressort indépendant. On réalise ainsi la suspension théorique de la locomotive sur trois points, ce qui permet de régler facilement la répartition des charges.

La figure 2 schématique représente les leviers et la suspension.

La locomotive pèse 85,3 t en ordre de marche ; on obtient le poids adhérent maximum tout en respectant la limite imposée de 18 t par essieu. La répartition se fait en agissant sur les écrous des tiges des ressorts à lames des divers essieux porteurs et moteurs.

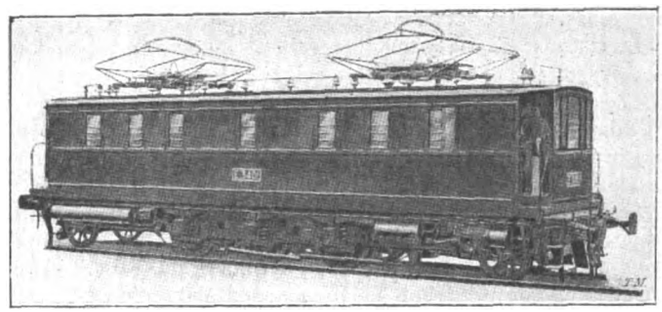


Fig. 1. — Vue de la locomotive électrique de 1 500 chevaux à courant monophasé.

Les fusées des essieux moteurs tournent dans des boîtes à huile à rattrapage de jeu, facilement accessibles, extérieures au châssis.

Bissels. — Les deux bissels, semblables, comprennent chacun un essieu à fusées intérieures.

Les boîtes à huile portent à l'avant et à l'arrière deux plaques en tôle formant un caissonnement autour de l'essieu et sur lesquelles sont fixées, dans l'axe du bissel, des glissières en acier moulé servant d'appui au sabot du pivot de bissel.

Le pivot lui-même, fixé sur le châssis de la locomotive, peut se déplacer verticalement dans le sabot guide, qu'il entraîne horizontalement. Le sabot du pivot ne peut, à son tour, subir, par rapport au bissel, que des déplacements transversaux contrariés par deux ressorts à lames conjugués, tendant à ramener le bissel dans l'axe de la locomotive. Le jeu maximum, de 65 mm de chaque côté de l'axe, est limité par les glissières fixées sur les plaques du bissel.

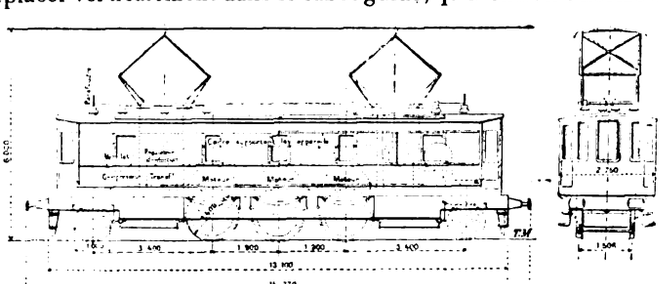


Fig. 2. — Schéma de la locomotive de 1 500 chevaux.

La suspension des essieux moteurs est conjuguée avec celle des bissels, dont les deux ressorts sont reliés entre eux par deux tra-

**

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8, p. 463.

Digitized by Google

verses s'appuyant sur les chandelles de suspension que supportent les boîtes à huile. Tous les organes de suspension du bissel sont dans le châssis ; à la partie supérieure des boîtes à huile se trouvent des glissières, facilitant le déplacement relatif des chandelles de suspension et les mouvements du bissel dont la queue, fixée sur les plaques intérieures, se termine à l'autre extrémité par une articulation sphérique. La distance de l'axe d'articulation à l'axe de l'essieu est de 2 m 300.

Caisse. — La caisse complètement métallique (12 m 600 + 2m750) se termine à ses extrémités par des pans coupés avec portes donnant accès aux cabines.

Elle comprend trois compartiments, dont deux extrêmes (2 m 320 de longueur) servant de cabines au wattman ; le compartiment du milieu renferme les moteurs, les transformateurs, les appareils électriques divers et une cabine pour les appareils à haute tension.

Les parois de la caisse sont munies de châssis à glaces fixes et mobiles, ainsi que de persiennes d'aération à lames verticales articulées.

Le châssis, ainsi que tous les freins, sablières, etc., qu'il comporte, est à peu près semblable à celui des locomotives ordinaires.

Choc et traction. — Les tampons de choc avec ressorts en spirale de 12 t chacun et les crochets de traction s'appuyant sur deux ressorts identiques sont d'un type spécial renforcé employé couramment par la Compagnie du Midi.

Freinage. — Les cylindres de frein et les réservoirs sont du type Westinghouse. Les sabots, au nombre de six (un par roue motrice), actionnés par deux cylindres de frein à air fixés sur les longerons à une même extrémité du châssis, ou par deux commandes de frein à vis indépendantes l'une de l'autre, ainsi que de la timonerie de frein à air. Chaque cabine extrême comporte des appareils de manœuvre des freins à air et à vis permettant de freiner dans les deux sens de la marche.

Sablières. — Les sablières à air comprimé du système Gresham, peuvent être commandées, comme les freins, de chaque cabine extrême de la locomotive. Les quatre boîtes à sable, extérieures aux longerons, sont faciles à remplir et sont réparties deux par deux à proximité des essieux moteurs extrêmes pour permettre le sablage des roues motrices dans les deux sens de marche.

Essieux-moteurs. Roulement. — Les essieux-moteurs, non reliés mécaniquement entre eux, sont attaqués chacun par un moteur avec engrenages et transmission spéciale.

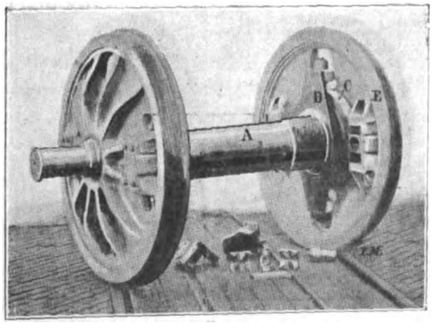


FIG. 3. — Vue extérieure des essieux moteurs.

Le moteur, fixé au châssis au-dessus de l'essieu-moteur, est muni à sa partie inférieure de deux paliers, dans lesquels tourne un arbre creux normalement concentrique à l'essieu, sur lequel est calée la roue d'engrenage qu'entraîne le pignon du moteur. Les engrenages à chevrons interrompus réduisent la vitesse de rotation dans le rapport de 1 à 2,72.

L'arbre creux attaque les roues d'essieux par un accouplement élastique constitué de la manière suivante :

L'arbre creux porte à chacune de ses extrémités deux bras B (voir fig. 3 et 4), munis de coussinets en bronze qui prennent deux tourillons opposés diamétralement et disposés radialement sur une couronne C, concentrique à l'essieu, située entre les deux bras B et la roue ; elle porte deux autres tourillons t_2 situés à 90° des précédents ; ces tourillons tournent et glissent librement dans des coussinets c_2 logés dans des boîtes p_2 fixées à la roue, et dans lesquelles ils peuvent se déplacer parallèlement à l'essieu, ce qui permet un certain jeu latéral de la roue par rapport à la couronne C.

Ces dispositifs permettent des rotations du système d'accouplement autour des axes DE et FG, d'où une grande indépendance de l'essieu par rapport au châssis et au moteur. D'autre part, entre les boîtes et les roues se trouvent des ressorts R qui, avec ceux du châssis, complètent la suspension des croisillons. Ces ressorts ont aussi pour but d'absorber la partie alternative

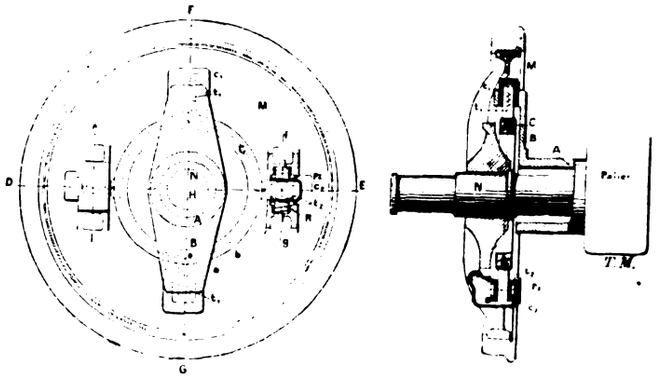


FIG. 4. — Schéma de l'essieu moteur.

du couple des moteurs monophasés et d'assurer un contact constant entre les dents des engrenages.

On obtient ainsi une grande souplesse dans les démarrages et un roulement en marche excellent que l'on ne rencontre dans aucune locomotive à bielles.

DISPOSITIF ÉLECTRIQUE.

CIRCUIT HAUTE TENSION. — Le courant pris à la ligne de contact à 12000 volts par deux pantographes, passe ensuite dans des cabines complètement protégées contenant les appareils ci-dessous :

Une bobine de self (qui complète des parafoudres à cornes placés sur le toit de la locomotive pour la protection des appareils contre les décharges atmosphériques ;

Trois sectionneurs à couteau, dont un pour le circuit général et un pour chaque transformateur ;

Un disjoncteur à huile à déclenchement à maximum de courant ;

Un transformateur d'intensité pour l'alimentation du déclenchement du disjoncteur précédent ;

Un transformateur d'intensité pour l'alimentation des appareils de mesure (ampèremètre, wattmètre, etc).

Un transformateur de tension pour l'alimentation des appareils de mesure (voltmètre, wattmètre, etc.) ;

Un court-circuit avec fusible pour la protection du transformateur de tension précédent.

Chaque transformateur est alimenté au primaire sous la tension maximum.

Pantographes. — Les pantographes, du type à parallélogramme articulé avec articulations à roulements à billes et frotteurs en cuivre rouge, sont portés par un tube, mobile autour d'un axe horizontal, situé au sommet du parallélogramme.

Les pantographes sont maintenus levés par l'action de ressorts agissant sur des leviers coudés et réglables pour faire varier la pression des frotteurs. L'abaissement des pantographes a lieu au moyen d'un cylindre pneumatique commandé de chaque cabine ; l'air comprimé agit sur un piston indépendant de la tige, sauf lorsque le piston pousse celle-ci pour bander les ressorts. Une chaîne, qui se tend lorsque le piston agit pour abaisser le pantographe, transmet l'effort du piston, de sorte que le pantographe est indépendant du système pneumatique, sauf lors de la manœuvre d'abaissement. Lorsque le pantographe est abaissé,

Digitized by Google

deux mains saisissent les tiges du piston et les maintiennent à fond de course : les ressorts étant alors bandés, les pantographes restent fixes et abaissés. La manœuvre des mains se fait par l'intermédiaire de cordelettes et de leviers à poignées isolantes situés dans chaque cabine. Deux verrouillages entre les cordelettes et les portes des cabines à haute tension empêchent l'ouverture de ces portes si les pantographes ne sont point abaissés et la remonte des pantographes si les portes sont ouvertes.

Une perche isolée permet aussi de manœuvrer les pantographes quand on manque d'air comprimé.

L'entrée du courant haute tension dans la locomotive se fait par un isolateur étanche fixé dans le toit, et percé, dans sa partie centrale, pour le passage du conducteur.

Disjoncteur à haute tension. — Le disjoncteur haute tension à huile comprend quatre contacts à mâchoires et deux couteaux : sa fermeture commence par la mise en série d'une résistance avec le primaire des transformateurs, effectuée par un couteau. Le second couteau court-circuite la résistance, à la fin de la fermeture et les transformateurs sont alimentés. Cette résistance, constituée par un fil de maillechort enroulé autour de cylindres en porcelaine, a pour but d'amortir l'à-coup du courant qui se produit lorsqu'on met directement un transformateur sous tension.

Les diverses commandes du disjoncteur sont les suivantes :

1° *Commande à main* par une manette isolée placée à l'intérieur de la locomotive, près du disjoncteur.

2° *Commande à l'air comprimé*, à l'aide d'un robinet placé dans chaque cabine, à la portée de la main du wattman. Ces manœuvres assurent l'enclenchement. Le déclenchement s'opère au moyen d'une poignée située dans chaque cabine au-dessus du manipulateur, ou automatiquement lorsqu'il y a surcharge en intensité ; un transformateur de courant alimente à cet effet un appareil de déclenchement.

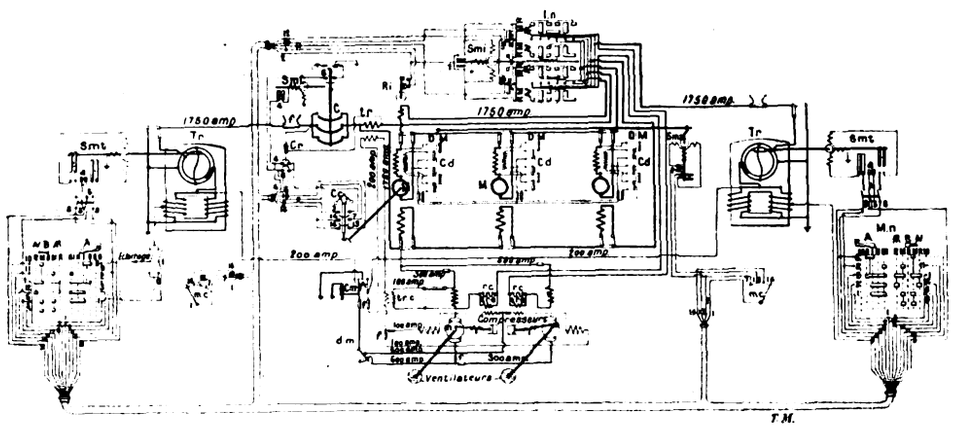


FIG. 5. — Schéma des connexions du circuit à basse tension. — *Tr*, transformateurs principaux; M, moteurs principaux; *m*, moteurs compresseurs, *tr*, transformateur statique de récupération; C, conjoncteur principal; *In*, Inverseur de marche et de récupération; *Cc*, contacteur centrifuge; *Cr*, contacteur de récupération; *Cd*, contrôleurs de démarrage; *Mn*, manipulateurs; *Smt*, servomoteur des régulateurs de tension; *Smc*, servomoteur du conjoncteur principal; *Smi*, servomoteur de l'inverseur; *Smd*, servomoteurs des controleurs de démarrage; *dm*, Démarreur des moteurs compresseurs; *Cmi*, commutateur à minimum pour moteurs compresseurs; *trc*, transformateur de compensation; *tre*, transformateur d'excitation, *rc*, résistance de compoundage; *mc*, manette de commande des contrôleurs; *f*, fusibles.

CIRCUIT BASSE TENSION (fig. 5). — Le circuit basse tension est constitué principalement par les divers enroulements :

1° Des transformateurs et régulateurs ;

2° Induits et inducteurs des moteurs.

Les appareils auxiliaires comportent :

Un inverseur, un relais d'intensité réglable et un conjoncteur ou un interrupteur permettant d'ouvrir ou de fermer le circuit basse tension.

Les secondaires des transformateurs sont montés en série entre eux, et avec les induits et les inducteurs des moteurs. Il en résulte que tout le circuit basse tension est prévu pour le courant normal ; on peut donc isoler l'un quelconque des transformateurs ou des moteurs, et continuer la remorque d'un train à charge réduite, ou à vitesse réduite, en cas d'avarie éventuelle d'un quelconque de ces appareils ; à cet effet, il existe des barettes amovibles et des fusibles à la sortie de chaque transformateur.

Transformateurs. — Les deux transformateurs, d'égale puissance, à refroidissement par ventilation forcée, à tension variable entre certaines limites, comportent un transformateur proprement dit, abaissant à 240 volts la tension primaire de 12 000 volts, et un régulateur d'induction produisant une tension maximum de 140 volts, qui se retranche de la tension du transformateur ou s'y ajoute. Le régulateur d'induction, que l'on a placé dans la culasse du transformateur pour économiser du poids, consiste dans sa plus simple expression en un moteur d'induction monophasé ; suivant la position du rotor par rapport au stator, la tension statique induite dans le rotor mis en série avec le secondaire du transformateur se retranche de celle du transformateur ou s'y ajoute ; le rotor fait une demi-révolution pour produire la variation demandée 140 volts à — 140 volts.

La tension totale disponible, par transformateur, varie entre 240 volts — 140 volts = 100 volts et 240 + 140 = 380 volts, ce qui donne, pour les secondaires des transformateurs mis en série, 200 à 760 volts. La variation de la tension entre ces limites est continue et l'on peut obtenir facilement toute tension intermédiaire. Ce système présente une extrême souplesse par rapport aux transformateurs à prises multiples qui nécessitent des contacteurs ou des contrôleurs dont les contacts sont d'un entretien dispendieux.

Le secondaire du transformateur alimente le stator du régulateur. Une connexion de court-circuit existant entre deux points diamétralement opposés et à 90° des points d'alimentation, joue le rôle spécial suivant : le courant basse tension traversant le stator crée, dans une direction fixe par rapport au rotor, mais variable avec sa position, un flux décomposable en deux flux rectangulaires, l'un ayant la direction du flux du transformateur, l'autre une direction perpendiculaire. Le premier se compose avec celui du transformateur ; le second donne naissance, dans la connexion de court-circuit, à un courant produisant un flux de sens contraire au second flux qui l'annule presque complètement. Si ce flux n'était pas annulé, il produirait une assez forte chute inductive.

Des dispositifs spéciaux de combinaisons d'enroulements ont été réalisés pour assurer une égale répartition du flux dans les deux dérivations du circuit magnétique du régulateur, et la superposition des ondes des tensions du transformateur et du régulateur. La rotation du rotor du régulateur d'induction s'obtient par un petit moteur dont le mouvement de rotation est transmis par deux réductions à vis sans fin (rapports : 1/31 et 1/33). Un contrôleur auxiliaire placé sur le transformateur et commandé par une chaîne Galle permet d'obtenir l'asservissement du courant de commande d'après la position du rotor du régulateur.

Moteurs. — Les moteurs sont du type série compensé ; le rotor ne diffère pas d'un induit de machine à courant continu.

Le stator comporte trois enroulements :

1° Un enroulement série comportant une seule spire par pôle ;

2° Un enroulement de compensation ;

3° Un enroulement de commutation, logé dans les mêmes encoches que l'enroulement de compensation.

Digitized by Google

Avec ces divers enroulements, on effectue les couplages correspondant aux connexions en moteur série ou en moteur à répulsion, par l'intermédiaire d'un contrôleur ou coupleur placé au-dessus de chaque moteur.

Moteur série. — Le schéma simplifié du moteur est représenté par la figure 6. L'enroulement de commutation est connecté en parallèle avec l'enroulement de compensation ; les nombres de spires et les sections diffèrent et sont tels que le courant des enroulements de commutation est décalé sur le courant principal pour créer un champ de commutation dans la spire en court-circuit sous les balais ; ce champ de commutation est contraire au champ alternatif agissant sur la spire en court-circuit. En disposant judicieusement de ces divers éléments, les moteurs de la locomotive ont pu être construits pour que les limites de bonne commutation soient très étendues.

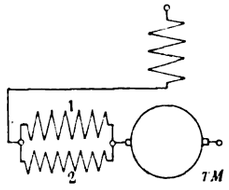


Fig. 6. — Schéma du moteur série.

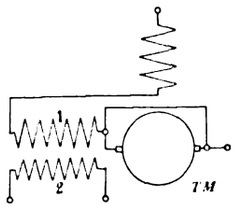


Fig. 7. — Schéma du moteur à répulsion.

Dans la marche en moteur série, la tension maximum appliquée aux bornes de chaque moteur est de 230 volts, la tension minimum d'environ 67 volts.

Moteur à répulsion. — Pour les démarrages à couple élevé et pour la marche à faible vitesse, on effectue le couplage indiqué par le schéma de la figure 7, et correspondant au fonctionnement en moteur à répulsion. On a ainsi une bonne commutation, caractéristique du moteur à répulsion pour la faible vitesse.

Dans la marche en moteur à répulsion, les enroulements de commutation ne sont pas connectés aux enroulements de compensation ; ils sont couplés en parallèle et établissent un biellage électrique de la façon suivante :

Si l'un des moteurs a tendance à tourner plus vite, son enroulement de commutation est le siège d'une tension plus élevée que celle des enroulements correspondants des autres moteurs. Un courant de circulation prend naissance dans les enroulements de commutation dans un sens tel qu'il accélère les autres moteurs et ralentit le moteur qui tourne le plus vite. On conçoit qu'il y ait un régime d'égalité de vitesse pour les moteurs par suite de l'accouplement en parallèle des enroulements de commutation.

Ajoutons qu'une locomotive ayant trois essieux moteurs, sur lesquels les charges sont bien réparties, et pourvue d'un biellage électrique se passe avantageusement des bielles mécaniques dont la suppression constitue un avantage et un progrès puisqu'elles exigent, en effet, un entretien considérable, un graissage très soutenu et exposent la locomotive à des pannes par chauffage ou par rupture.

Récupération.

Pour le fonctionnement en récupération, on substitue à l'excitation série des moteurs, une excitation indépendante, néanmoins liée au réseau. Les moteurs fonctionnent en génératrice shunt avec la fréquence du courant d'excitation (égale à celle du réseau) et constante en génératrice et en moteur, pour une tension fixée par les régulateurs dont la tension règle la vitesse de fonctionnement.

En récupération, les moteurs fonctionnant en parallèle avec les alternateurs du réseau, il est nécessaire que leur tension ait, par rapport à celle de la ligne, une valeur et une phase convenables, quelle que soit la vitesse de la locomotive.

On règle la valeur de la tension en agissant seulement sur celle des régulateurs ; pour la phase, on alimente les inducteurs comme suit :

La force électro-motrice induite dans les moteurs par rotation, est en phase avec le flux d'excitation, lui-même est en phase avec le courant des inducteurs décalé d'environ 90° sur la tension aux bornes de ces derniers. La tension d'excitation des inducteurs des moteurs est donc décalée de 90° sur la tension du réseau, à l'aide d'un enroulement auxiliaire placé sur le stator des moteurs de compresseurs, à 90° de l'enroulement de travail alimenté par le réseau. On a ainsi aux bornes des induits des moteurs, une tension presque en phase avec celle des transformateurs (basse tension). Quand les moteurs débitent en génératrice, la direction des vecteurs ne se conserve pas aussi simplement ; la réactance des fuites des moteurs déphase leur tension par rapport à celle de la ligne. Il faut tenir compte également des fuites de transformateurs. La réactance des fuites des moteurs est environ trois fois supérieure à la résistance, de telle sorte que dans les conditions ci-dessus, le débit en génératrice ne pourrait se faire qu'avec un fort déphasage, en réduisant considérablement le couple.

Dans le diagramme (fig. 8), qui indique les résultats d'une telle hypothèse, les vecteurs ont les significations suivantes :

OA, tension induite dans les moteurs ;
AB, tension de réactance des fuites ;
BC, tension de chute ohmique ;
OC, tension de ligne (transformateur) ;
OI, courant de récupération ;
OD, tension appliquée aux moteurs de compresseurs ;
OE, tension appliquée aux inducteurs des moteurs, donnée par la phase à 90° des moteurs de compresseurs.

Pour réduire le décalage entre le courant et le flux, on excite les moteurs avec une tension déphasée de plus de 90° par rapport à la ligne ; ce résultat est obtenu automatiquement par le transformateur de compoundage qui décale la tension primaire du transformateur rotatif de phase. Le diagramme précédent se modifie, et le courant peut être mis, par suite, à la phase voulue ; le diagramme est représenté par la figure 9, la signification des vecteurs portant les mêmes lettres étant la même que précédemment ; en outre : DF représente la tension donnée par le transformateur de récupération ; OF, celle que donne le régulateur.

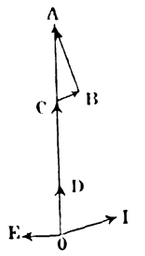


Fig. 8. — Diagramme du fonctionnement d'un moteur en génératrice, sans transformateur de récupération.

On obtient d'une manière plus complexe le déphasage avant de la tension des moteurs.

Transformateurs rotatifs de phase. — Les moteurs de compresseurs, du type Latour, servent de transformateurs de phase par un enroulement auxiliaire placé à 90° de l'enroulement de travail. Le fonctionnement à vitesse sensiblement constante, est obtenu en disposant sur le stator un enroulement supplémentaire avec lequel on a mis en série le secondaire d'un transformateur dont le primaire, mis en parallèle avec une résistance, est parcouru par le courant d'excitation des moteurs principaux (voir schéma fig. 5).

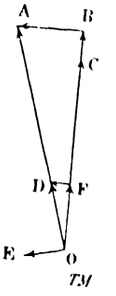


Fig. 9. — Diagramme du fonctionnement d'un moteur en génératrice, avec transformateur de récupération.

Le facteur de puissance des moteurs de compresseurs est donc voisin de l'unité, dans les deux marches en moteur et en transformateur de phase.

Avec le circuit principal des moteurs de compresseurs sont mis en série :

1° Le secondaire d'un transformateur de compensation dont le primaire est alimenté par la phase à 90° des moteurs de compresseurs ;

Digitized by Google

2° Le secondaire d'un transformateur de récupération dont le primaire est parcouru par le courant de récupération.

Transformateur de récupération. — Ce transformateur, destiné à compenser le décalage dû à la dispersion des induits des moteurs, comporte trois enroulements distincts parcourus : le premier par le courant de récupération et le second par le courant des transformateurs de phase; le troisième comprend à son tour trois enroulements distincts et dérivés chacun sur les enroulements de compensation des moteurs.

Le premier et le troisième des enroulements distincts produisent des ampères-tours concordants.

Transformateur de compensation. — En traversant le secondaire du transformateur précédent, le courant des transformateurs rotatifs produit une chute inductive que compense un transformateur spécial de compensation donnant une tension à 90° de la tension appliquée aux bornes des moteurs de compresseurs et comprenant :

1° Un enroulement branché aux bornes de la phase auxiliaire d'excitation d'un transformateur de phase;

2° Un enroulement parcouru par le courant des transformateurs de phase.

Le circuit des transformateurs de phase est alimenté par le secondaire d'un transformateur principal, et par la prise à 110 volts de l'autre transformateur.

Pour la marche en moteur de compresseurs, on peut alimenter par le secondaire seul d'un transformateur.

Mise en marche des moteurs de compresseurs. — Deux contrôleurs, placés à l'intérieur de la locomotive, sont commandés par une manette unique.

Le premier contrôleur permet de brancher des circuits des moteurs de compresseurs, sur l'un ou sur l'autre des transformateurs. Au moyen du second contrôleur, on fait démarrer les moteurs en série, puis on effectue le couplage en moteur shunt lorsque la vitesse est suffisante; le démarrage s'effectue donc en deux temps.

Un interrupteur d'isolement, prévu dans chaque cabine voisine, permet de faire fonctionner chaque moteur de compresseurs indépendamment de l'autre.

Pour la marche en récupération, les deux transformateurs rotatifs sont nécessaires à l'excitation des moteurs.

Circuit de commande. — Pour réaliser les différentes marches, on effectue divers couplages, savoir :

1° Couplage des inducteurs et des induits avec transformateurs régulateurs pour marche avant ou arrière. A chacune des marches AV et AR correspondent les couplages en moteurs série ou en moteurs à répulsion;

2° Couplage des induits avec transformateurs-régulateurs et des inducteurs avec transformateurs de phase excitateurs par marche en récupération avant ou arrière;

3° Fermeture du circuit basse tension par le conjoncteur;

4° Augmentation de vitesse par augmentation de tension des transformateurs;

5° Diminution de vitesse par diminution de tension des transformateurs;

6° Position de *statu quo* en maintenant constante la tension des transformateurs.

Manipulateur-pédale. — Toutes ces manœuvres sont commandées par un petit manipulateur à deux cylindres, près duquel une pédale est placée à la portée du pied du wattman.

Les manœuvres sont effectuées par les servo-moteurs commandant les appareils de couplage.

Lampes de signalisation. — Dans chaque cabine, des lampes de signalisation indiquent la position dans laquelle se trouvent les appareils de couplage; le wattman contrôle donc si les manœuvres commandées sont bien effectuées.

Manipulateur. — Le cylindre de droite du manipulateur comporte cinq crans, correspondant au zéro, et à chacun des quatre couplages donnant les marches avant et arrière et la récupération avant et arrière.

Le cylindre de gauche comporte cinq crans numérotés 00, 0, 1, 2, 3 pour chacune des circonstances suivantes de la marche :

Cran 00 : isolement complet du circuit de commande.

Cran 0 : position de tension minimum des transformateurs régulateurs et ouverture du circuit basse tension par déclenchement du disjoncteur.

Cran 1 : 1° fermeture du circuit basse tension par enclenchement du disjoncteur à tension minimum des transformateurs; 2° tension minimum des transformateurs; 3° diminution de tension.

Cran 3 : augmentation de tension des transformateurs.

Cran 2 : maintien d'une tension obtenue sur les crans 1 ou 2.

Un enclenchement mécanique entre deux cylindres du manipulateur empêche toute fausse manœuvre. Pour manœuvrer la manette de gauche, il faut que celle de droite occupe une position bien déterminée avant ou arrière et récupération avant ou arrière. Pour passer d'une position à l'autre avec la manette de droite, il faut que la manette de gauche soit sur le cran 0 qui correspond à l'ouverture du circuit basse tension.

Pédale. — Chaque pédale, lorsqu'elle est abaissée, sert à commander le couplage des moteurs en moteur à répulsion; levée, elle commande le couplage des moteurs en moteurs série.

Servomoteurs. — Pour la commande des appareils auxiliaires, on a adopté, de préférence aux contacteurs, des servomoteurs très robustes, ne demandant aucun entretien comparativement aux contacteurs, et exigeant des circuits très simples. Le stator de ces moteurs du type à répulsion comporte trois enroulements spéciaux couplés en étoile, avec trois bornes dont une connectée au fil de terre du circuit de commande. En alimentant le servomoteur par l'une ou l'autre des deux autres bornes, on obtient la rotation dans un sens ou dans l'autre. Ces servomoteurs sont alimentés par du courant alternatif à 110 volts obtenu par une prise auxiliaire de chaque transformateur. Le courant du circuit de commande peut être pris sur l'un ou sur l'autre des transformateurs par l'intermédiaire d'un inverseur unipolaire.

Relais d'intensité. — Le relais d'intensité est constitué par les éléments d'un moteur dont la rotation du rotor est limitée à environ 1/4 de tour. Dans cette fraction de tour, on peut établir ou supprimer un contact auxiliaire intercalé dans le circuit de commande des servomoteurs des régulateurs.

Si l'intensité qui traverse le stator du relais dépasse une certaine valeur, le contact auxiliaire du rotor rompt le contact d'alimentation des servomoteurs des régulateurs, et ni la tension ni l'intensité ne peuvent plus augmenter. Lorsque l'intensité retombe au-dessous de la valeur qui fait fonctionner le relais, ce dernier rétablit le contact et les servomoteurs des régulateurs peuvent à nouveau augmenter la tension.

En alimentant d'une façon constante le fil qui donne la tension sur les servomoteurs des régulateurs en passant par le relais, on pourra avoir un démarrage sous intensité constante, le relais d'intensité se chargeant de paralyser les servomoteurs des régulateurs lorsque l'intensité atteint une certaine valeur.

Cette valeur sensiblement constante donne lieu à un phénomène curieux : lorsque le relais d'intensité fonctionne, le contact auxiliaire coupe le circuit de commande, mais la distance de rupture n'est pas suffisante pour couper le courant si l'intensité basse tension n'est pas trop forte; il subsiste un arc très faible, qui absorbe une certaine tension et le servomoteur continue d'être alimenté sous une tension réduite de 110 volts diminuée de la tension de l'arc.

Les servomoteurs tournant à une très faible vitesse, la tension augmente continuellement. On constate ainsi, en service, des démarrages sous une intensité constante à moins de 1 % près et réglable à volonté entre 1000 et 2200 ampères.

On peut supprimer le relais d'intensité en plaçant, près du

Digitized by Google

manipulateur, à la portée de la main du wattman, un interrupteur qui court-circuite le contact auxiliaire du relais d'intensité.

Inverseur. — Les couplages des induits par rapport aux inducteurs, avec les transformateurs, sont effectués par un inverseur commandé par un servomoteur et constitué par un cylindre mobile autour d'un axe horizontal comportant une série de segments en cuivre convenablement disposés. Les doigts, réunis aux extrémités des divers enroulements des moteurs et des transformateurs, permettent les combinaisons nécessaires pour réaliser le sens et le genre de marche désirés.

Des segments et des contacts auxiliaires permettent le contrôle du circuit de commande du servomoteur.

L'inverseur peut prendre quatre positions distinctes, déterminées par des positions correspondantes du cylindre de droite du manipulateur, et indiquées sur ce dernier par les lettres : 1° AV ; 2° REC ; 3° AR ; 4° REC.

Le schéma général (fig. 5) indique les connexions principales et auxiliaires et permet de suivre les combinaisons obtenues en manœuvrant le manipulateur.

Nous ne suivrons pas le chemin du courant dans les divers circuits de commande ; nous laisserons au lecteur que la question intéresse le soin de le faire et nous sommes persuadé qu'il y parviendra, étant donné la simplicité des circuits et des asservissements. Nous donnerons seulement les manœuvres à effectuer pour montrer toute la simplicité de celles-ci pour la locomotive.

Avec la manette de droite, on détermine les connexions pour le sens de marche désiré AV ou AR, connexions effectuées par l'inverseur. Avec la manette de gauche, et prenant comme repère l'index, on le place d'abord sur zéro puis sur 1, le conjoncteur basse tension s'enclenche. On place alors l'index sur 3, l'intensité basse tension limitée par le relais augmente, la locomotive démarre et si on juge que sa mise en vitesse n'est pas assez rapide, on manœuvre l'interrupteur du relais tout en surveillant l'ampèremètre, afin de ne pas atteindre une intensité dangereuse. Quand la vitesse est suffisante, on place l'index sur 2.

Pour ralentir, on place la manette sur 1, puis sur 2 quand la la vitesse est convenable.

On arrête la locomotive en ramenant la manette sur 1, pour abaisser l'intensité, puis sur 0 afin d'ouvrir le conjoncteur basse tension avant de faire agir le frein Westinghouse.

Pour les démarrages en rampe, sous forte charge ou à grande accélération et quand on redoute le patinage par suite de l'état de la voie, on démarre après couplage des moteurs en moteurs à répulsion, en appuyant sur des pédales placées près des manipulateurs ; les lampes de signalisation indiquent que le couplage est effectué.

On opère, comme pour le démarrage en moteur série, à l'aide de la manette de gauche, tout en maintenant constamment le pied sur la pédale : la vitesse augmente en même temps que la tension.

Lorsqu'on a atteint la vitesse de 10 à 12 km, on ramène la manette sur 1, et lorsque l'intensité basse tension est tombée à environ 600 ampères, on lâche la pédale et on augmente la vitesse en marchant en série.

L'appareil à force centrifuge pourrait établir automatiquement le couplage série.

Le couplage des excitations des moteurs principaux sur la phase auxiliaire des moteurs de compresseur, s'opère comme on l'a vu par l'intermédiaire de l'appareil de changement de marche. On suppose donc les moteurs excités par les transformateurs rotatifs de phase et les induits convenablement connectés pour la récupération d'après le sens de marche. La tension aux bornes des induits augmente avec la vitesse, car l'excitation est à peu près constante. Les transformateurs ont une certaine tension, les moteurs et les transformateurs sont en série ; il existe donc une tension résultante des deux précédentes disponible aux bornes du conjoncteur basse tension qui est ouvert.

La tension disponible aux bornes du conjoncteur basse tension alimente un relais de récupération. Lorsque cette tension est entre 80 et 110 volts, le relais tombe ; il établit un contact qui permet la fermeture automatique du conjoncteur basse tension en établissant la tension sur le circuit du servomoteur dudit conjoncteur, pourvu que l'appareil à force centrifuge établisse un certain contact, ce qui a lieu si la vitesse est supérieure à 20 km à l'heure environ.

On établit la récupération en réglant la tension des régulateurs sur celle des moteurs pour permettre la fermeture du conjoncteur basse tension.

Le conjoncteur étant fermé, la différence des tensions des moteurs et de la ligne permet la récupération si la phase et la tension des moteurs sont convenables, puisque la phase est obtenue automatiquement par le transformateur rotatif de phase, et par le transformateur de récupération.

Le conjoncteur étant fermé, le régime de récupération s'établit nécessairement au bout de quelques instants pour une vitesse correspondant à la tension des régulateurs. Si l'on veut modifier la vitesse de récupération, on modifiera la tension des régulateurs ; or, pour récupérer, la tension des moteurs doit être légèrement supérieure à celle des régulateurs, d'autre part, la tension des moteurs augmente avec la vitesse ; on devra donc, pour récupérer à une vitesse supérieure à celle de l'instant considéré, augmenter la tension des régulateurs.

Pendant les quelques instants que dure l'augmentation de tension des régulateurs, on peut ne pas récupérer, et même accélérer en moteur shunt si la tension des régulateurs prend une certaine valeur par rapport à celle des moteurs.

En augmentant la tension des régulateurs, on passera donc à une vitesse de récupération supérieure plus rapidement qu'en laissant agir la pesanteur (sans abandonner les couplages des connexions de récupération).

On diminuera la vitesse de récupération, en diminuant la tension des régulateurs, et en procédant par petites diminutions successives ; sinon, outre l'énergie due à la pesanteur, on rendrait, sous forme d'énergie électrique, une partie de la force vive emmagasinée dans le train. Avec un réseau très puissant, une manœuvre brusque n'aurait pas d'importance, le relais d'intensité se chargeant de limiter la puissance récupérée en empêchant le régulateur de diminuer trop la tension et la récupération en agissant sur l'intensité.

Le relais de récupération est doublé d'un voltmètre branché aux bornes du conjoncteur basse tension : lorsque la tension indiquée par ce voltmètre est inférieure à 120 volts, on place la manette sur 2, et on attend le fonctionnement du relais de récupération qui enclenche le conjoncteur.

Les manœuvres à effectuer pour la récupération sont les suivantes :

On place la manette de droite du manipulateur dans la position de récupération.

Avec la manette de gauche du manipulateur, on augmente la tension des régulateurs en plaçant l'index sur 3 ; lorsque le voltmètre, branché aux bornes du conjoncteur basse tension, indique environ 120 volts, on place l'index de la manette de gauche sur le cran 2 et on attend le fonctionnement du relais de récupération qui, en tombant, établit la tension par l'intermédiaire de l'appareil à force centrifuge sur le servomoteur du conjoncteur basse tension ; celui-ci se ferme et le circuit de récupération est établi, comme l'indique l'ampèremètre basse tension.

Une fois la récupération obtenue, l'on peut : 1° accélérer, en plaçant l'index de la manette sur 3 ; 2° ralentir, en plaçant l'index sur 1 ; 3° conserver la vitesse, en plaçant l'index sur 2.

On augmente ou on diminue la vitesse de la même manière qu'en marche normale.

Lorsque la vitesse tombe au-dessous de 20 km, la récupération, qui ne peut s'établir que si la vitesse est supérieure à 20 km, est coupée automatiquement par l'appareil à force centrifuge.

Digitized by Google

Résultats des essais.

Essais de roulement. — On a étudié d'abord la résistance de la locomotive au roulement en palier et en pente de 9 mm.

L'inertie des parties tournantes étant de :

1° 910 kgm² pour chaque moteur;

2° 1930 kgm² pour chaque essieu-moteur;

3° 510 kgm² pour chaque essieu-porteur, on obtient les formules suivantes pour la résistance au roulement :

$$R = \frac{V_1^2 - V_2^2}{L} 0{,}595 \text{ en palier;}$$

$$R = 9\,\frac{V_2^2 - V_1^2}{L} 0{,}595 \text{ en pente de 9 mm,}$$

V_1 et V_2 étant les vitesses extrêmes pour un parcours L, la locomotive étant abandonnée à elle-même.

La résistance R est exprimée en kg par tonne, les vitesses en mètres par seconde et les longueurs en mètres.

L'augmentation d'inertie due aux masses tournantes pour les variations de vitesse est d'environ 16,5 °/₀ de celle qui correspond au poids de la locomotive.

En appliquant ces formules, les mesures étant effectuées avec un chronographe sur des parcours de 100 et de 50 m, on obtient les résultats suivants :

Vitesse en km/h.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
R en kg par t .	3,75	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,75	5	5,35	5,8

Ces nombres correspondent à des résultats qui comprennent toutes les résistances dues aux influences extérieures et, en particulier, à la déformation de la voie.

Essais de vitesse. — La rampe de 17 mm entre Marquixanes et Prades, longue d'environ 5,3 km, avec de nombreuses courbes, correspond au profil le plus dur. Dans cette rampe, lors des essais officiels, la vitesse a toujours été supérieure aux nombres du cahier des charges avec les trains de 100 et 280 t, bien que la tension fût inférieure à 12 000 volts par suite de la chute de tension en ligne, et de l'insuffisance de la puissance disponible.

En régime, en rampe de 17 mm, on a obtenu les résultats indiqués au tableau I :

Tableau I. — Résultats des essais de vitesse.

Charge remorquée en tonnes	Vitesse en km/heure	Puissance absorbée en kw	Tension en ligne	Intensité haute tension	Intensité basse tension	Cos φ	Volts basse tension
280	41	1 100	10 300	120	1 625	0,09	650
100	61	850	11 300	83	1 100	0,915	700

Ces nombres comprennent les consommations des appareils auxiliaires : compresseurs, etc...

Lorsque la locomotive sera alimentée sous 12 000 volts, les vitesses de régime correspondantes seront les suivantes :

46 kmh avec le train de 280 t;

65 kmh avec le train de 100 t.

Le cos φ sera légèrement amélioré.

Démarrage d'un train de 280 t en rampe de 17 mm. — Le graphique, figure 10, donne, en fonction du temps, la vitesse de la locomotive, les nombres de kilowatts et d'ampères absorbés pendant deux démarrages successifs en rampe de 17 mm. Les vitesses ont été données par un indicateur enregistreur Haushälter; les kilowatts ont été relevés au moyen du wattmètre enregistreur de la sous-station.

La vitesse de 34 kmh a été atteinte en deux minutes, l'intensité basse tension ne dépassant pas 2100 ampères. L'intensité haute tension qui ne dépassait pas, au départ, 72 ampères, a ensuite atteint progressivement 120 ampères.

L'augmentation progressive de la tension appliquée aux moteurs donne des démarrages particulièrement doux et exempts d'à-coups.

Commutation. — Pendant les démarrages des trains de 280 t en rampe de 17 mm, on observe de faibles étincelles inoffensives pour le collecteur. En marche et à toutes les vitesses, la commutation est excellente et est parfaite en récupération.

Les collecteurs des moteurs se conservent parfaitement, après avoir pris une belle teinte marron et un glaçage irréprochable.

Essais de récupération. — Avec un train de 280 t, l'énergie rendue au réseau est de 400 kw en pente de 17 mm, à la vitesse de 38 kmh.

La tension et l'intensité correspondantes sont : 12 000 volts, 40 ampères. Le cos φ de récupération est donc 0,83 (1).

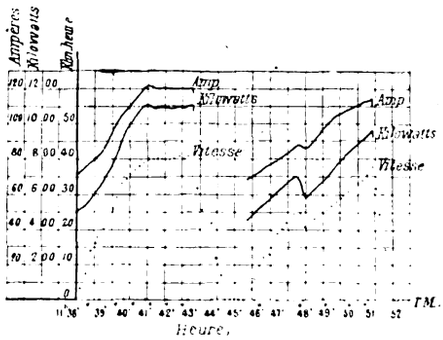


Fig. 10. — Graphique de démarrages d'un train de 280 tonnes en rampe de 17 mm.

La puissance absorbée pour remorquer le même train, sur la même rampe et à la même vitesse, est de :

$$\frac{38}{41} \times 1\,100 = 1\,020 \text{ kw.}$$

Le coefficient de récupération, défini par le rapport de l'énergie rendue à l'énergie absorbée; sur la même rampe et à la même vitesse, est donc de :

$$\frac{400}{1\,020} = 0{,}392.$$

Le fonctionnement en récupération présente une souplesse remarquable; l'établissement de la récupération et les variations de vitesse s'effectuent sans à-coup et très progressivement. Un train de 280 t (locomotive non comprise) lancé à 48 kmh sur une pente de 17 mm a été freiné par récupération jusqu'à la vitesse de 20 kmh avant l'arrivée en gare de Boulternère, où l'arrêt complet a été effectué par les freins pneumatiques.

La locomotive se comporte très bien au point de vue mécanique; les engrenages et les accouplements ont donné entière satisfaction et ne demandent presque pas d'entretien.

La consommation d'huile et de graisse est plus faible que celle des locomotives à bielles mécaniques.

En service régulier, on constatera une économie d'au moins 30 °/₀ d'huile par rapport aux autres locomotives, à service égal.

La locomotive est à l'abri des fausses manœuvres, et peut être conduite par n'importe quel wattman, après quelques heures d'apprentissage.

B. L.

(1) On peut disposer de la valeur du cos φ en récupération, en agissant sur le transformateur de récupération. Toutefois, pour la bonne utilisation des moteurs, il est préférable d'avoir avec un train de 280 t, un cos φ en récupération, voisin de 0,8; avec un train de 100 t, le cos φ sera voisin de l'unité et le courant sera légèrement décalé en avant.

Digitized by Google

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

LES MACHINES-OUTILS MODERNES POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX [1]

(*Suite et fin.*)

FRAISEUSES UNIVERSELLES (*Suite*).

Le mécanisme de la fraiseuse universelle à broche unique, système Philibert, Gambin et Cie, est des plus ingénieux (fig. 37). La tête est formée d'un bloc cylindrique en deux parties, assemblées par embrèvements, que maintiennent des vis à têtes noyées.

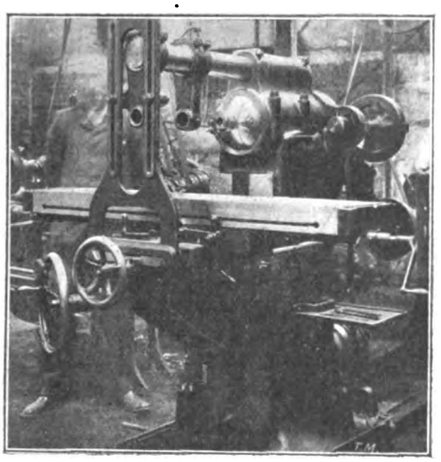


FIG. 37. — Fraiseuse universelle à broche unique (système Philibert, Gambin et Cie).

Le nez porte-fraise sort sur l'extrémité hémisphérique du bloc qui peut coulisser longitudinalement et tourner sur lui-même autour de son axe dans une portée supérieure alésée, coupée horizontalement pour former chapeau de serrage et faisant partie du bâti de la machine. La broche dont l'axe est transversal par rapport à celui du bloc cylindrique, peut pivoter : 1° dans le plan transversal perpendiculaire, au moyen d'un plan circulaire à double coulisse encastré dans le bloc ; 2° autour de l'intersection de son axe avec celui du bloc ; cette broche peut donc être orientée suivant un diamètre quelconque d'une sphère ayant pour centre l'intersection des trois axes : du bloc cylindrique (horizontal), du plateau circulaire (perpendiculaire), de la broche (transversal au dernier).

On obtient, pour chaque travail, l'orientation voulue de ces trois axes au moyen : 1° de boulons situés au bout du bloc, dans les rainures à T des deux coulisses du plateau circulaire ; 2° d'écrous sur les goujons du chapeau de la partie supérieure alésée du bâti ; on peut, de plus, augmenter ou diminuer la saillie du bloc sur le devant du bâti, en le faisant glisser plus ou moins dans l'alésage

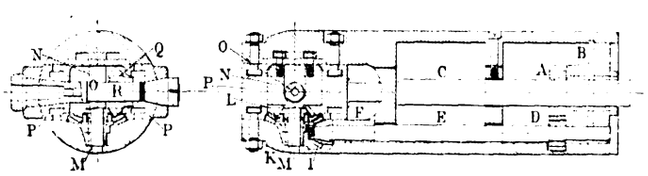


FIG. 38. — Détails du mécanisme de la tête coulissante de la fraiseuse universelle (système Philibert, Gambin et Cie).

précité, ce qui permet à la broche de former un angle aigu avec l'axe du bloc, la fraise étant alors inclinée et rapprochée du bâti.

La transmission du mouvement a lieu comme suit : l'engrenage A (fig. 38), solidaire du fond B par sa bague-moyeu, peut coulisser, par rainure et clavette, sur l'arbre C qui reçoit la courroie de commande sur des cônes, en arrière du bâti. Cet engrenage A reste toujours en prise avec le pignon D, claveté sur l'arbre E, supporté, d'un côté par le fond B et de l'autre par le coussinet F rapporté dans le demi-bloc inférieur. Cet arbre commandé par le pignon I, la roue d'angle K goujonnée sur le moyeu de l'engrenage L, fou sur l'axe de rotation M d'une fourche N fixée par deux vis au plateau circulaire P, et la roue L, actionne le pignon Q qui entraîne la broche R. Quelle que soit la position du plateau circulaire, de la broche ou du bloc autour de l'intersection de leurs axes O, occupée par l'un ou par deux quelconques de ces trois organes, par rapport à l'autre ou aux deux autres ; quelle que soit d'autre part la saillie du bloc en avant du bâti de la fraiseuse, tous les engrenages, celui qui coulisse sur l'arbre C, ou ceux qui engrènent entre eux transmettront toujours le mouvement de l'arbre C à la broche R.

La caractéristique intéressante de ce type de fraiseuse universelle, est que tous les organes de sa tête mobile sont compris dans la masse compacte formant le bloc et qui est évidée seulement aux endroits où cela est nécessaire pour leur passage. Ce mode de construction robuste évite les vibrations si nuisibles à la perfection du travail ainsi qu'à l'entretien de la machine et de son outillage, et rachète le peu d'apparence que semble présenter le bloc par rapport à la masse plus volumineuse de la tête mobile de la fraiseuse universelle système Huré et Cie.

Comme pour cette dernière machine, tous les organes de commande de la broche fonctionnent dans des carters, à l'abri de la poussière et des chocs extérieurs, abondamment lubrifiés d'huile ou enduits de graisse.

Lorsqu'on a déterminé une inclinaison quelconque de la broche, le coulissage, en avant ou en arrière, du bloc sur le bâti permet de reporter cette inclinaison à des distances variables du devant du bâti, ce qui est avantageux pour certains usinages par fraisages parallèles.

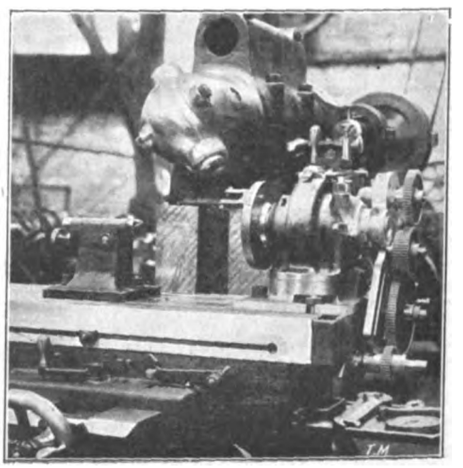


FIG. 39. — Vue du diviseur de la fraiseuse universelle (système Philibert, Gambin et Cie).

Des broches de repérage permettent aussi d'obtenir immédiatement les positions normales de la broche, horizontale ou verticale, ainsi que toute autre position principale de travail employée fréquemment dans un atelier.

Cette machine donne aussi la facilité de fraiser une pièce, sous n'importe quel angle, et dans n'importe quel sens au moyen d'une fraise cylindrique, avec un seul montage ; grâce à cette particularité qui offre un très grand avantage pratique, on peut monter la pièce sur la table par la face présentant la meilleure assise, et l'attaquer ainsi par de fortes passes assurant le débit maximum.

Les fraiseuses universelles Huré et Cie et Philibert, Gambin et Cie peuvent recevoir les appareils diviseurs et tous les autres

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 11 (1er juin, 1912), p. 409 ; t. V, n° 2 (15 juillet 1912), p. 61 ; n° 4 (15 août 1912), p. 124 ; n° 7 (1er octobre 1912), p. 228.

Digitized by Google

dispositifs accessoires décrits pour les autres types de fraiseuses horizontales et verticales en vue d'exécuter certains travaux spéciaux, tels que la taille des engrenages (droits, coniques, hélicoïdaux), le mortaisage, etc.

Le diviseur universel qui se monte sur les fraiseuses Philibert, Gambin et Cie présente quelques particularités intéressantes : il peut pivoter complètement autour d'un axe vertical (fig. 39) ce qui permet de fraiser en l'air sous tous les angles, la broche étant placée verticalement. On peut démonter facilement la réglette d'alignement de la contre-pointe qui possède des coulisses de serrage permettant de l'aligner parfaitement avec la poupée, pour les fraisages en pointes sous un angle variable.

Les plateaux de division perforés sont placés à la partie supérieure, ce qui permet d'adapter l'appareil sur des fraiseuses avec commande du train d'engrenages à droite ou à gauche ; sur cette même machine, dans le cas de la taille droite, il peut être placé indifféremment à droite ou à gauche.

En supprimant la gêne qui résulte de la présence des deux flasques, toujours assez rapprochées d'appareils avec pivotement autour d'un axe horizontal, on se ménage la latitude d'augmenter les dimensions du bâti pour y placer une roue de division beaucoup plus grande et obtenir ainsi plus de précision pour la taille hélicoïdale.

L'appareil présente encore l'avantage de pouvoir être employé normalement, comme diviseur simple à plateaux taillés, en montant à l'arrière, sur la broche, des plateaux taillés, interchangeables et recevant une alidade.

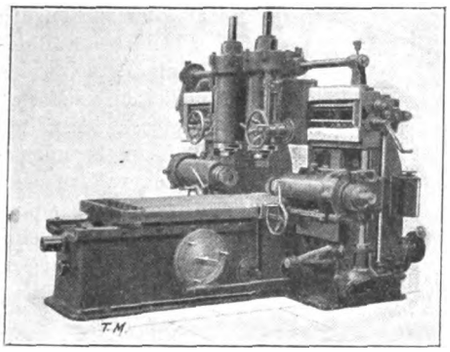


Fig. 40. — Fraiseuse semi-universelle double, de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques.

Grâce à cet agencement, on a la facilité, dans certains travaux de série, de ne pas être limité, pour la division, au petit nombre de combinaisons (généralement 24) que donne le plateau perforé non amovible qui se trouve vers le plateau d'entraînement. On peut aussi ranger parmi les fraiseuses universelles les machines puissantes, en forme de raboteuses et munies de deux porte-fraises, l'un horizontal et l'autre vertical, avec chariots à mouvement d'équerre automatique rectiligne et à mouvement circulaire automatique ou à la main.

Et comme forte semi-universelle double, la machine du type de la Société Alsacienne, figure 40, à quatre broches sur chariots à mouvements d'équerre.

Fraiseuses avec reproducteur. — Les machines à chariot rigide, horizontales ou verticales, portant des fraises cylindriques, coniques, ou d'une forme déterminée, conviennent pour fraiser des surfaces planes ou cylindriques, c'est-à-dire des surfaces à génératrice rectiligne et à directrice droite ou courbe ; mais, pour fraiser des surfaces à génératrices courbes et à directrice courbe ouverte ou fermée, il faut se servir de la reproduction.

Les fraiseuses à reproduire sont caractérisées par l'usage d'un gabarit ou reproducteur, de forme convenable, relié d'une façon invariable à la pièce à fraiser, et sur lequel on promène une touche solidaire de la fraise qui reproduit ainsi tous les mouvements de la touche et façonne la pièce à usiner conformément au gabarit.

La touche est un galet qui roule sur le gabarit, elle est cylindrique ou conique et, dans ce dernier cas, en la déplaçant suivant son axe, on augmente ou on diminue son rayon à son point de contact avec le gabarit. Le roulement a lieu, suivant la forme du galet de touche, sur le chemin plan ou incliné du

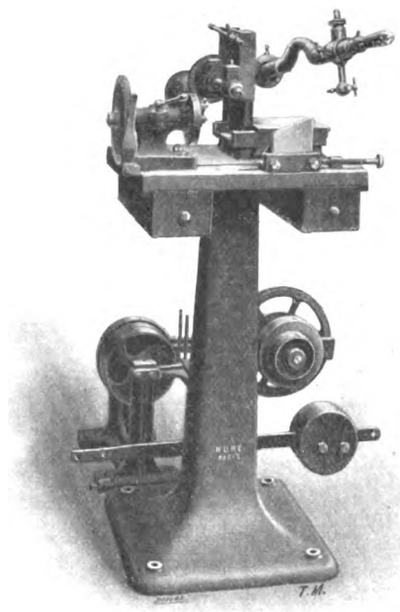


Fig. 41. — Fraiseuse à reproduire avec levier à main (système Huré et Cie).

gabarit, avec une ligne de contact aussi étendue que possible. Ces dispositions ont pour but d'éviter l'usure, car la reproduction s'emploie, surtout pour le fraisage en très grande série, avec gabarits trempés et rectifiés.

Pour tenir compte de l'usure de la fraise et en régler la position sur la pièce brute à usiner, par rapport au profil du gabarit, avec une touche cylindrique, on fait varier la distance de l'axe de la fraise à celui de la touche, en faisant coulisser en hauteur l'axe de cette touche. Dans le cas d'une touche conique, on modifie seulement son rayon variable, ce qui laisse constante la distance de son axe à celui de la fraise.

La figure 41 représente le type le plus simple et, montre le principe du fonctionnement de ce genre de machines à reproduire. On l'emploie en déplaçant à la main le chariot de l'arbre porte-fraise avec un levier (ou sur d'autres machines avec des volants ou des manivelles actionnant un mécanisme remplissant le même but) dont la touche conique suit le profil d'un gabarit de forme déterminée que l'on fixe dans l'étau à vis de rappel latérale figuré sur le devant de la table.

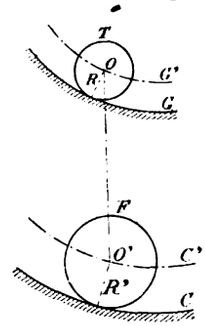


Fig. 42. — Epure montrant l'influence de l'usure d'une fraise sur un contour fraisé à l'aide d'un gabarit.

Pour qu'il puisse suivre en tous sens les déplacements du levier à main, l'arbre porte-fraise est monté sur un chariot à deux coulisses, l'une verticale, l'autre horizontale. On obtient le réglage initial de la fraise, par rapport à la pièce à fraiser et indépendamment du levier, en déplaçant l'ensemble du chariot à double coulisse sur une glissière transversale manœuvrée d'une façon très précise par une vis, pour amener la fraise au-dessus de la pièce à fraiser. De plus, le chariot porte-fraise est formé de deux parties se déplaçant l'une par rapport à l'autre le long d'une coulisse verticale, par la manœuvre d'une vis ; on obtient ainsi le

***

Digitized by Google

réglage exact en hauteur de l'arbre porte-fraise et on augmente la capacité de la machine pour fraiser les pièces de grande dimension. Le levier à main, équilibré par un contrepoids, porte une touche que l'on peut régler à volonté en hauteur pour obtenir que la fraise, préalablement réglée dans le sens transversal, soit en contact avec la pièce à travailler, quand la touche suit le contour du gabarit. Ce gabarit est à peu près trois fois plus grand que la pièce à obtenir.

On reproche aux fraiseuses à reproduire plusieurs inconvénients, notamment: 1° la difficulté de construction du gabarit ; 2° les écarts que l'on constate dans la reproduction des contours et des dimensions de ce gabarit, lorsque, par suite des affûtages, le rayon de la fraise n'est plus celui pour lequel le gabarit a été tracé.

Construction du gabarit. — La construction du reproducteur est évidemment délicate, car un tracé théorique ne peut en donner qu'approximativement la forme; il en est de même du tracé à l'aide d'une pièce type, ou du fraisage du gabarit obtenu, comme d'habitude, en remplaçant sur le levier à main, la touche par une fraise et en faisant suivre à cette touche, montée alors sur le porte-fraise, les contours usinés de la pièce type ; inévitablement, il se produit dans les différents organes de la fraiseuse des flexions qui obligent forcément à de longues et minutieuses retouches à la lime sur le profil du gabarit ainsi déterminé. Il faut faire remarquer toutefois que ces coûteuses retouches peuvent être amorties sur des centaines ou sur des milliers de pièces semblables, ce qui en rend cette dépense insignifiante, en quelque sorte.

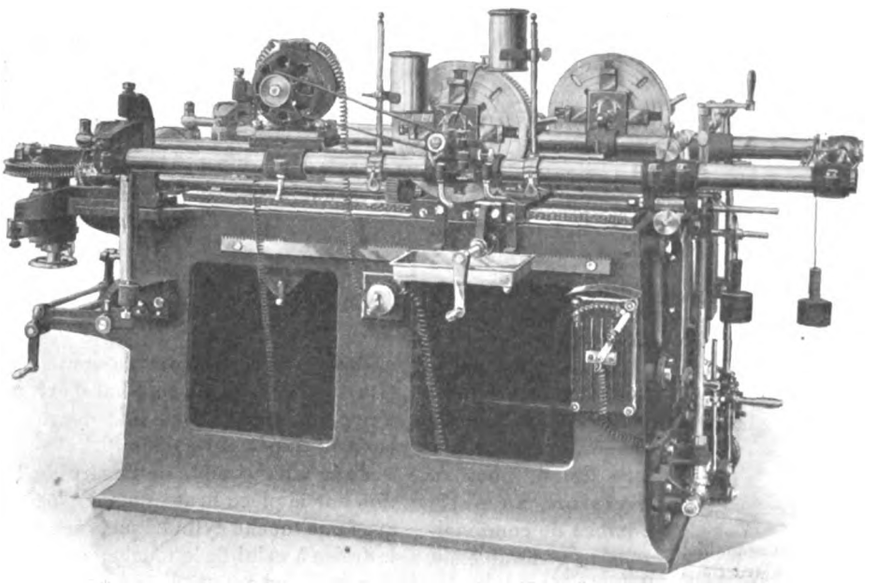


Fig. 43. — Fraiseuse automatique à reproduire, amplifier ou réduire la gravure (système E. Chouanard).

Usure de la fraise. — En ce qui concerne les écarts provenant de la réduction du diamètre de la fraise, on emploie pour la reproduction, des fraises d'un diamètre relativement petit et sur lesquelles l'usure ne dépasse guère une faible limite avant qu'on les mette au rebut; d'ailleurs, la précision absolue du fraisage n'est généralement indispensable que sur quelques parties du contour de la pièce, et les écarts peuvent sans inconvénient être reportés sur les parties voisines. Dans tous les cas, on se rendra compte des erreurs auxquelles on s'expose en chaque point et on examinera si leur importance influe sur les résultats à obtenir, tout en fixant des tolérances sur l'usure des fraises par affûtage.

Soit, figure 42, une section droite transversale d'une pièce en travail C par un plan perpendiculaire à l'axe de la fraise ; le même raisonnement pourra s'appliquer à la section faite en un point quelconque de la génératrice transversale.

Si G est le gabarit, C le contour fraisé, T la touche de rayon R qui suit le reproducteur G, F la fraise de rayon R′, qui, en se déplaçant, engendre le contour C, les lignes G′ et C′, décrites par les centres de la touche et de la fraise sont parallèles aux lignes G et C. Si le rayon R′ de la fraise vient à diminuer, on peut opérer la correction correspondante en faisant varier la longueur de la ligne des centres OO′, si la touche est cylindrique ; mais si cette touche est conique, on ne corrigera pas la distance OO′ et on fera varier le rayon R du point de contact sur le gabarit.

Quel que soit donc le mode de réglage employé, sur une machine de disposition quelconque, il est nécessaire et suffisant, pour reproduire toujours le même profil, que les lignes telles que celles C′, décrites par le centre de la fraise F, soient toujours parallèles entre elles et que leurs rayons de courbure diffèrent selon les variations du rayon de la fraise.

En pratique, avec les fraiseuses à reproduire, la forme obtenue ne dépend pas de l'usure de la fraise, si l'on emploie le tracé d'épures semblable à celui de la figure 42 ; on remarque que si l'on s'écarte de ces figures types, la forme et les dimensions des parties fraisées varient plus ou moins d'après l'usure des fraises, si bien que la précision ne peut être garantie qu'en quelques points. D'autre part, on observe aussi que certaines formes types conviennent plus spécialement à un genre de machines plutôt qu'à un autre.

Grâce au tracé d'épures et à une surveillance attentive, il est toujours possible de se rendre compte de l'importance des légères malfaçons auxquelles on s'expose; on limitera, en conséquence, les tolérances à adopter sur l'usure des fraises, et on déterminera, selon les dimensions et la forme des pièces, les points sur lesquels un réglage devra être effectué ainsi que l'importance à donner à chacun de ces réglages. En mettant ainsi d'accord les indications de l'épure théorique, de l'observation et de l'expérience, on solutionne parfaitement chaque cas particulier ; on comprend les importants avantages du fraisage d'après gabarit, si en faveur aux Etats-Unis et si peu employé en France, en dehors des manufactures d'armes ou de machines à coudre.

Divers types de fraiseuses. — On a construit des fraiseuses à reproduire, avec double porte-fraise permettant de faire deux passes : l'une de finissage, comme sur les machines à simple broche, et la seconde de calibrage, opérée par une fraise à très fine denture. Cette double reproduction assure un travail très précis et donne la possibilité d'éliminer complètement les inconvénients provenant de l'usure des fraises. Les deux broches de ces machines travaillent verticalement (Pratt et Whitney) et sont employées pour la construction de moteurs, d'automobiles, d'armes, de machines à coudre, de pièces d'outillage, etc. ; les deux broches travaillent horizontalement sur un bâti avec banc comme celui des tours (Webster et Bennett) quand il s'agit de fraiser l'intérieur et l'extérieur de cames, de leviers profilés, de pièces pour métiers de filature, d'épaulements carrés ou polygonaux d'extrémités de robinets, d'arbres et de rouleaux, etc.

On peut aussi faire de la reproduction sur les machines à fraiser horizontales, verticales ou universelles, en installant, sur leur table, des montages spécialement appropriés à divers fraisages (Bariquand et Marre) ou à la fabrication des cames cylindriques et de côté (Brown et Sharpe), et établis sur le même prin-

Digitized by Google

cipe que les fraiseuses à reproduire : à savoir la conduite de la fraise par un organe dont la touche suit les sinuosités d'un gabarit de profil plus ou moins amplifié.

On construit aussi des fraiseuses automatiques destinées à fouiller, amplifier ou réduire la gravure (Prétot, Ledru, Chouanard), dont la figure 43 montre un des types les plus perfectionnés. Cette machine peut aussi bien graver sur des surfaces planes que sur des blocs d'acier d'une forme quelconque, c'est-à-dire faire, avec une très grande précision, tout le travail d'un graveur. Selon la forme des pièces, on opère en faisant tourner en même temps la pièce et le gabarit à suivre, ou bien en les animant d'un mouvement rectiligne alternatif; la pièce à fraiser peut être de mêmes dimensions que le gabarit, ou être amplifiée ou réduite jusqu'à huit fois.

De plus, on peut obtenir une gravure en creux avec un gabarit en relief ou inversement, ou avec un gabarit de même sens ou un gabarit de sens opposé; un gabarit à droite ou à gauche peut, par conséquent, donner indistinctement des pièces à droite ou à gauche.

Au moyen d'un dispositif spécial, la profondeur de gravure peut être augmentée ou diminuée de 20 °/₀ au maximum par rapport à celle du gabarit; les copeaux peuvent être fouillés jusqu'à la profondeur de 25 mm, avec de petites fraises pointues, ordinairement en forme de pyramide à 4 pans.

E. Gay.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DES COMPOSÉS PEROXYGÉNÉS : PEROXYDES ET PERSELS

L'industrie des peroxydes, surtout celle des persels, étant assez récente, on trouve encore peu d'indications techniques à son sujet dans les traités de chimie; il peut donc être intéressant d'étudier succinctement le mode de préparation et l'emploi de ces divers composés.

Constituant en somme, pour ainsi dire, de l'eau oxygénée à l'état solide ou latent, ils en dérivent tous ou peuvent y être ramenés. Cette conception est justifiée, car pratiquement, leur action s'explique par la formation d'eau oxygénée, qui, à l'état naissant, abandonne facilement son oxygène :

$$H^2O^2 = H^2O + O.$$

L'eau oxygénée est donc l'oxydant idéal qui ne laisse aucun résidu nuisible et grâce à son pouvoir oxydant énergique, l'oxygène à l'état naissant peut servir à la désinfection, à la destruction et à la transformation des matières impures ou colorées; d'où l'emploi croissant de l'eau oxygénée et de ses dérivés solides : peroxydes et persels, dans la médecine et dans les industries du blanchiment.

Nous diviserons notre étude en deux parties : la première traitera des peroxydes; la seconde, des persels.

I. — Peroxydes.

L'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène (H^2O^2) fut découvert en 1818 par Thénard, qui étudiait l'action des acides sur le bioxyde de baryum. A l'état anhydre, c'est un liquide incolore, sirupeux, d'une densité d'environ 1,45, qui s'évapore déjà d'une façon très sensible à température ordinaire. Il distille à 69°,2, sous une pression de 26 mm.

Parmi les composés oxygénés, c'est celui qui contient le maximum d'oxygène disponible, soit environ 47 °/₀. Toutefois, à l'état anhydre, c'est plutôt un produit de laboratoire qu'un produit industriel. L'industrie, qui se sert en grandes quantités de l'eau oxygénée pour le blanchiment des fibres végétales et animales, des pailles, des plumes, de l'ivoire, etc., l'emploie généralement en solution à 3 °/₀ (soit de 10 à 12 volumes); pour les usages médicinaux, on prépare souvent des liqueurs plus concentrées (à 30 volumes environ). On trouve aussi dans le commerce, depuis peu de temps, des eaux oxygénées très riches, titrant de 20 à 30 °/₀.

On prépare l'eau oxygénée en décomposant des peroxydes par les acides; selon le cas, on donnera la préférence au peroxyde de baryum ou au peroxyde de sodium. Le premier a l'avantage de fournir une eau oxygénée à peu près exempte de sels minéraux; dans le second cas, le sel sodique formé reste en dissolution, ce qui, pour bien des emplois, ne présente aucun inconvénient. Le peroxyde de baryum s'obtient en faisant passer de l'air (ou de l'oxygène) sur de l'oxyde de baryum, à 450° C; le produit industriel, titrant environ 90 °/₀ de BaO^2, contient 9,5 °/₀ d'oxygène disponible. La production mondiale de peroxyde de baryum est estimée à environ 10 000 t par an; on en transforme certainement la plus grande partie en eau oxygénée à 3 °/₀ (10-12 volumes, environ 50 000 t).

Le peroxyde de sodium est produit industriellement depuis 1891 par le procédé Castner (Brevet anglais, n° 20 003, 1891), en faisant agir de l'air, vers 400° C, sur du sodium contenu dans des récipients en aluminium. On obtient ainsi le composé Na^2O^2. L'air employé doit être exempt d'humidité et d'acide carbonique; on fait avancer peu à peu les récipients en aluminium dans le four horizontal, de façon à les mettre en contact avec de l'air de plus en plus riche en oxygène; on évite ainsi une oxydation trop rapide qui, par suite de l'élévation de température, pourrait produire une fusion de l'aluminium avec formation d'aluminate. On peut employer pour cette oxydation, soit le dispositif primitif imaginé par Castner, soit un appareil chauffé électriquement qu'ont fait breveter la Société d'Electrochimie, à Paris, et M. Paul Hulin, à Grenoble (brevet français, n° 391 931). Le peroxyde ainsi produit titre environ 95 °/₀ et contient 20 °/₀ d'oxygène disponible; il est donc plus avantageux pour la production de l'eau oxygénée que le bioxyde de baryum.

En ce qui concerne la fabrication de l'eau oxygénée, basée sur l'emploi du bioxyde de baryum, il faut signaler d'abord un procédé fort commode, qui consiste à le décomposer à froid par de l'acide sulfurique à 15 °/₀ environ, additionné d'une faible quantité d'acide chlorhydrique. On introduit une pâte composée de bioxyde et d'eau (il se forme dans ces conditions un hydrate) dans le mélange d'acides, à une température ne dépassant pas 20° C, afin d'éviter une décomposition de l'eau oxygénée formée. Si cela est nécessaire, on refroidit le mélange par une addition de glace, surtout quand il s'agit de fortes quantités.

La réaction est la suivante. Le bioxyde est attaqué par l'acide chlorhydrique, d'après l'équation :

$$BaO^2 + 2HCl = H^2O^2 + BaCl^2,$$

puis, l'acide sulfurique précipite la baryte à l'état de sulfate; l'acide chlorhydrique libéré peut servir à nouveau :

$$BaCl^2 + H^2SO^4 = BaSO^4 + 2HCl.$$

Théoriquement, une quantité minime d'acide chlorhydrique

Digitized by Google

pourrait suffire ; toutefois, pour que la réaction ne soit pas trop lente, on fera bien d'en ajouter environ 1,5 % du poids de l'acide sulfurique employé (à 15 %).

On obtient ainsi une eau oxygénée ne contenant, en définitive, que l'acide chlorhydrique primitivement ajouté, et suffisamment pure pour l'industrie du blanchiment. Nombre d'usines préparent ainsi leur eau oxygénée sur place, pour éviter les frais de transport assez considérables qu'occasionne la faible concentration du produit commercial à 3 % (soit 97 % d'eau à transporter). Si le produit n'est pas employé de suite, on fera bien de le stabiliser en y introduisant 10 gr de phosphate de soude et 10 cm³ d'alcool par litre ; il se conservera alors facilement pendant des mois sans altération notable, à condition de l'emmagasiner dans un endroit frais et obscur.

On peut aussi opérer la décomposition du peroxyde de baryum par d'autres acides, notamment quand il s'agit de la préparation du peroxyde d'hydrogène destiné aux usages médicinaux. Ainsi, on pourra prendre l'acide carbonique (Brevet français, n° 367 199), l'acide fluorhydrique, l'acide phosphorique ou l'acide nitrique (Poulenc, Brevet français, n° 359 523, et brevet additionnel 7 380). Il faut, dans ce dernier cas, neutraliser l'excès d'acide par de la baryte, précipiter les impuretés par du phosphate de soude ou par du phosphate de baryum et distiller ensuite l'eau oxygénée dans le vide. L'emploi de l'acide carbonique est intéressant, en ce sens qu'il permet de faire rentrer dans la fabrication le carbonate de baryum formé ; il suffit de le transformer en oxyde de baryum, qui est oxydé en peroxyde, et qui sert à nouveau pour la fabrication de l'eau oxygénée. Dans le procédé à l'acide sulfurique, le sulfate de baryte a, quand il est tout à fait blanc, une certaine valeur marchande. Dans quelques cas très rares, on peut du reste employer directement le peroxyde de baryum comme agent blanchissant ; c'est ce qui a lieu dans le blanchissage des soies tussor par le procédé Tessié du Mottay.

Actuellement, il semble plus indiqué d'employer, quand cela est faisable, comme matière première pour la préparation de l'eau oxygénée le peroxyde de sodium. En le décomposant par un acide, on a :

$$Na^2O^2 + H^2SO^4 = Na^2SO^4 + H^2O^2.$$

L'acide sulfurique étant l'acide le meilleur marché, ce procédé est tout indiqué quand la présence du sulfate de soude ne constitue pas une gêne, ce qui est généralement le cas dans les industries textiles. Beaucoup d'usines préparent donc l'eau oxygénée nécessaire au blanchiment de la laine, par exemple, en faisant dissoudre du peroxyde de sodium dans de l'acide sulfurique étendu à froid. Cette dissolution occasionne des pertes assez considérables en oxygène, si elle n'est pas faite avec certaines précautions. Nous croyons donc intéressant de signaler l'appareil de la Société Hydorion (Zurich), qui semble assez pratique pour opérer la dissolution (Brevet français, n° 432 235). Cet appareil se compose d'un cylindre vertical, avec revêtement intérieur en plomb, destiné à recevoir l'acide sulfurique étendu, et muni d'un agitateur. Le cylindre, entouré d'une chemise réfrigérante à circulation d'eau froide, est surmonté d'un récipient contenant la quantité nécessaire de peroxyde. Ce produit est débité par un moulin qui le broie très finement avant qu'il tombe dans l'acide. Le moulin et l'agitateur sont mus par une transmission. On évite avec cet appareil tout échauffement local, lors de l'action de l'acide sur le peroxyde, et les pertes d'oxygène sont à peu près nulles.

La décomposition du peroxyde de sodium par un acide n'est pas absolument nécessaire, lorsqu'il s'agit d'employer pour le blanchiment l'eau oxygénée formée lors de la dissolution du peroxyde dans l'eau. Il suffit dans ce cas de neutraliser l'alcali caustique simultanément produit. On emploie souvent, à cet effet, du sulfate de magnésium qui, par double décomposition, donne du sulfate de soude et de l'hydroxyde de magnésium, qui n'exerce aucune action nocive sur les fibres. L'action de l'eau oxygénée sur l'hydroxyde de magnésium donne lieu en même temps, à la formation d'un hydrate de peroxyde de magnésium, qui, en abandonnant facilement son oxygène, agit d'une façon efficace lors du blanchiment. On prendra environ trois parties de sulfate de magnésium pour une partie de bioxyde de sodium.

S'il s'agit de préparer de l'eau oxygénée exempte de sels minéraux, il faudra recourir, par exemple, au procédé Hulin, qui consiste à décomposer le peroxyde de sodium par l'acide fluorhydrique à froid, puis à précipiter le fluorure de sodium formé par le fluorure d'aluminium qui forme de la cryolithe insoluble ($AlFl^6.3NaFl$). On obtient alors, par filtration, une solution, à peu près pure, d'eau oxygénée. Pour les usages médicinaux, il vaut mieux toutefois distiller directement dans le vide une solution de peroxyde dans l'acide sulfurique. C'est ainsi que procède Merck, de Darmstadt (Brevet allemand, n° 152 173), qui semble préparer de cette façon son eau oxygénée concentrée, mise en vente sous le nom de perhydrol (le perhydrol est une solution d'eau oxygénée à 30 %). On signalera aussi le procédé récent de M. Dony-Hénaut (Brevet français, n° 413 295), qui consiste à faire agir le peroxyde sur de l'acide sulfurique additionné d'une faible proportion d'alcool. Ce corps empêche la décomposition de l'eau oxygénée formée ; on provoque ensuite la séparation et la cristallisation du sulfate de soude par un refroidissement énergique.

On a aussi obtenu de l'eau oxygénée, soit par décomposition des persels, tels que le percarbonate de baryum, $BaCO^4$, ou les perborates, soit par décomposition de l'acide persulfurique $H^2S^2O^8$ (voir Brevets français, n°s 358 806, 371 043) ou de l'acide de Caro (H^2SO^5). Ces acides, produits par voie électrolytique, sont ensuite décomposés ; on sépare l'eau oxygénée formée par distillation ou par extraction, puis on produit par électrolyse une nouvelle quantité d'acide persulfurique qui est décomposé à nouveau. On obtient ainsi un procédé électrolytique pour l'obtention de l'eau oxygénée qui présente de l'intérêt, si l'on dispose d'énergie électrique à bon marché. On trouve actuellement, dans le commerce, une eau oxygénée à 20 % (70 volumes) qui est peut-être préparée par ce procédé et qui ne gèle pas.

Les procédés chimiques de décomposition des peroxydes de baryum ou de sodium par les acides, de même que les procédés électrochimiques par oxydation de l'acide sulfurique et décomposition des acides persulfuriques, ne constituent qu'une synthèse indirecte de l'eau oxygénée.

Il serait excessivement intéressant d'arriver à fixer directement l'oxygène sur les éléments constituants de l'eau, d'après l'équation :

$$H^2O + O = H^2O^2.$$

La formation de l'eau oxygénée en petite quantité, lors de la combustion de l'hydrogène, est connue et on a fait de nombreux essais pour réaliser la synthèse industrielle directe de l'eau oxygénée.

On étale, par exemple, sur une surface d'eau, une flamme d'hydrogène ou bien on dirige un courant de vapeur d'eau et d'air s'écoulant par des tuyères, à une vitesse supérieure à 1 m à la seconde, contre l'arc électrique ou contre une flamme d'hydrogène ; puis on condense la solution d'eau oxygénée formée (Brevet français, n° 382 189). Tout récemment, M. de Hemptinne a provoqué la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène en eau oxygénée par l'effluve électrique (Brevet français, n° 415 361). Il obtient dans des conditions spéciales jusqu'à 3 g d'H^2O^2 par kilowatt-heure (1).

(1) *Annales du Congrès de radiologie et d'électricité*, t. I, p. 254, 1910.

Digitized by Google

Tous ces procédés, ainsi que ceux qui reposent sur l'oxydation de l'eau en présence de certains catalyseurs (amalgame de zinc, par exemple), ne semblent pas donner jusqu'ici de résultats utilisables dans la pratique.

La synthèse industrielle, par fixation de l'oxygène sur les éléments constituants de l'eau, serait naturellement un événement industriel des plus importants, car elle permettrait l'emploi de l'eau oxygénée dans bien des cas où cette application est actuellement impossible, par suite de son prix élevé.

Nous n'insisterons pas sur les produits servant à stabiliser les solutions d'eau oxygénée qui se décomposent facilement. On a proposé d'employer dans ce but un grand nombre de produits : acides sulfurique, phosphorique et acétique, alcool, éther, acide phénique, camphre, naphtaline, glycérine, formaldéhyde, etc.

L'action de quelques-unes de ces substances est indéniable; malgré ces additions, il faudra emmagasiner l'eau oxygénée dans un local frais, obscur et surtout absolument étanche à la lumière. Le transport des solutions étendues se fait dans des récipients de verre; pour les solutions très concentrées, on emploie des vases de paraffine ou bien l'on paraffine les ballons à l'intérieur. On a aussi préparé de l'eau oxygénée solide en gélatinifiant sa solution par une addition de gélatine et de glycérine, ou en la faisant absorber par des sels anhydres, tels que le sulfate de soude calciné (Brevet français, n° 390 250) (1).

On emploie aussi industriellement les peroxydes, de même que l'eau oxygénée. Le plus important est le peroxyde de sodium, dont il a déjà été question plus haut. Nous avons vu que, pour le transformer en eau oxygénée, il fallait le dissoudre dans l'acide étendu en prenant quelques précautions indispensables. On peut aussi faciliter son emploi en l'additionnant à sec d'une certaine quantité de bisulfate de soude, d'acide oxalique ou tartrique, puis en comprimant le mélange. Les préparations ainsi obtenues par M. Jaubert sont stables à l'état sec; elles donnent, par la dissolution aqueuse, une solution faiblement acide qui peut être employée directement. Le peroxyde de sodium, ou le peroxyde mixte de sodium et de potassium, se trouve aussi dans le commerce à l'état aggloméré (*oxylithes*). Ces sels sont vendus sous la forme de cubes d'environ 100 gr, qui fournissent de l'oxygène, sous l'action de l'eau, en présence de traces de sels de nickel ou de cuivre; 1 kg de bioxyde de sodium donne ainsi environ 158 litres d'oxygène (2).

Enfin, on connaît divers hydrates de peroxyde de sodium, obtenus soit en faisant absorber de l'eau par le produit anhydre pur (Jaubert) ou en présence de silice hydratée (Grunau), soit en additionnant une lessive de soude d'eau oxygénée, puis en refroidissant suffisamment (Badische Anilin und Soda Fabrik). Dans ce dernier cas, il se sépare un hydrate de peroxyde de sodium $Na^2O^2 + 8H^2O$, qui contient environ 5 % d'oxygène actif.

Tandis que pour préparer les peroxydes des métaux alcalins on prend, comme point de départ, le métal même, on obtient le peroxyde de baryum en partant de la baryte. Il ne semble pas possible de peroxyder la chaux ni la strontiane par voie sèche, comme cela se fait pour la baryte. Si cela se pouvait, il serait évidemment plus avantageux de se servir du bioxyde de calcium au lieu du composé de baryum. Toutefois, on obtient facilement les hydrates des peroxydes des métaux alcalino-terreux, par voie humide, en faisant agir du peroxyde de sodium sur les solutions salines de ces métaux (Jaubert, brevets américains, n°s 734 713 et 733 047; brevet anglais n° 17 460, 1900). Ce procédé, qui peut être employé de diverses façons, permet d'obtenir aussi les peroxydes de magnésium et de zinc. On peut, du reste, aussi préparer les peroxydes de magnésium et de zinc par voie électrolytique (Brevet français, n° 337 285). Les peroxydes de magnésium et de zinc sont dans le commerce, et il semble qu'on les emploie principalement en médecine. Ainsi, le magnésium-perhydrol Merck, préparé d'après les brevets allemands, n°s 141 821 et 171 372, contient 25 % MgO^2. D'autre part, on produit aussi du peroxyde de magnésium pour le blanchiment, quand on ajoute un sel magnésien à une solution alcaline d'eau oxygénée ou d'un peroxyde alcalin.

Des liqueurs de ce genre, avec addition de savon, ont été employées pour le blanchiment du coton, pur ou mélangé à de la soie. Il n'est pas possible de blanchir des tissus mixtes de coton et de soie d'après les procédés ordinaires (alcalis et chlore); il faut donc avoir recours à un mélange de savon, d'eau oxygénée et d'oxyde de magnésium, dont le principe actif est surtout constitué par un peroxyde de magnésium hydraté (H. Koechlin, M. Prud'homme).

II. — Persels : Persulfates, percarbonates, perborates.

Les premiers persels préparés furent les persulfates. On les obtient par électrolyse des sulfates acides dans certaines conditions (1).

Le persulfate de potassium a été obtenu, par Marshall, en 1891; on prépare le sel d'ammonium par électrolyse d'une solution de sulfate d'ammonium dans de l'acide sulfurique, étendu de 6 à 8 fois son volume d'eau, contenue dans le vase intérieur (pôle positif), tandis que le vase extérieur renferme de l'acide sulfurique étendu; le persulfate se dépose dans le vase poreux sous forme de cristaux monocliniques, solubles dans 58 parties d'eau.

On peut aussi électrolyser une solution acide de sulfate d'ammoniaque sans diaphragme, en employant un courant d'au moins 20 ampères par centimètre carré de la cathode (Brevet allemand, n° 195 811, de la Société électrochimique de Nuremberg). Le persulfate d'ammoniaque est fabriqué depuis bientôt une vingtaine d'années par quelques usines électrochimiques (Vallorbes, par exemple); il sert comme oxydant dans diverses réactions, notamment pour la production de matières colorantes (la résoflavine), pour préparer l'acide persulfurique, etc. Le persulfate de sodium, $Na^2S^2O^8$, peut aussi être obtenu par électrolyse d'une solution de sulfate de sodium; il se forme encore par l'action de la soude caustique sur le persulfate d'ammoniaque en solution concentrée.

Le persulfate de baryum a été obtenu par l'action de l'anhydride sulfurique sur le peroxyde de baryum.

La dissolution du persulfate dans l'acide sulfurique donne lieu à la formation d'un acide persulfurique, H^2SO^5 (acide de Caro), qui se forme aussi par l'action de l'eau oxygénée sur la chlorhydrine sulfurique avec dégagement d'acide chlorhydrique. C'est un oxydant assez souvent employé en chimie organique, quoique encore un peu cher pour la pratique industrielle.

On peut considérer aussi les persulfates comme les sulfates des peroxydes, de même que les *percarbonates* sont les carbonates de ces peroxydes. On obtiendra donc les percarbonates solides par l'action de l'acide carbonique solide ou liquide sur le peroxyde hydraté de sodium (Brevet français, n° 331 937) :

$$Na^2O^2 + 8\ aq. + CO^2 = Na^2CO^4 + 8\,H^2O.$$

En faisant agir un excès d'acide carbonique à basse température, il se forme un percarbonate acide : $4Na^2CO^4 + H^2CO^3$, qui peut servir comme désinfectant, ou pour la préparation de l'eau

(1) Le composé solide d'eau oxygénée et d'urée est fabriqué sous le nom de Hyperol. Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 7 (1er octobre 1912), p. 248.

(2) Jaubert. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, t. CXXXIV, p. 778, 1902.

(1) Pour l'étude scientifique, voir : *Zeitschr. für Elektrochemie*, t. I, p. 417 et 468 (1895); t. II, p. 162 et 247; t. VIII, p. 230 et 427. *Journ. of the Chem. Soc.*, t. LIX, p. 59 et 771; *Journ. of Ann. Chem. Soc.*, t. XXI, p. 934, etc.

Digitized by Google

oxygénée (Brevet allemand, n° 188 569). D'autre part, on obtiendra des percarbonates de sodium par double décomposition entre l'hydrate de peroxyde de baryum et le bicarbonate de sodium (Brevet allemand, n° 213 457) :

$$Ba(OH)^4 + 2\,NaHCO^3 = BaCO^3 + Na^2CO^3 + 3\,H^2O.$$

Ce procédé est certainement plus avantageux que celui qui consiste à faire agir de l'eau oxygénée sur du carbonate de sodium (procédé de Tanatar), car il évite la préparation préalable de l'eau oxygénée.

On a aussi obtenu les percarbonates par l'électrolyse des solutions de carbonates à basse température ; ces composés ne sont pas identiques à ceux que l'on obtient par l'action des peroxydes ou de l'eau oxygénée sur les carbonates (1).

Les percarbonates sont rarement employés dans l'industrie du blanchiment. En chauffant, ou en acidifiant, leur solution, on obtient de l'eau oxygénée dont les emplois ont été exposés plus haut.

Les perborates, enfin, dont nous allons nous occuper maintenant, sont bien plus importants que les percarbonates, et on les emploie de plus en plus fréquemment comme désinfectants, ainsi que dans l'industrie du blanchissage.

Il existe, pour préparer ces composés, de nombreuses formules, qui peuvent être ramenées à deux types : on utilise comme oxydant le peroxyde de sodium ou l'on emploie de l'eau oxygénée (2). M. Jaubert se sert, par exemple, de peroxyde de sodium (Brevet français, n° 336 032). Il mélange à sec 248 parties d'acide borique cristallisé et 78 parties de peroxyde de sodium, puis il verse le tout dans 2 000 parties d'eau froide et il obtient ainsi, d'après l'équation :

$$Na^2O^2 + 4\,H^3BO^3 + 4\,H^2O = Na^2B^4O^8 + 10\,H^2O$$

un « perborax » contenant environ 5 °/₀ d'oxygène actif.

On obtient un produit contenant 10 °/₀ d'oxygène, en diminuant de moitié l'acide borique et en opérant à une température comprise entre 0° et 15°. Il se produit alors la réaction suivante :

$$Na^2O^2 + 2\,H^3BO^3 = NaBO^3 + NaBO^4 + 3\,H^2O$$

et le sel $NaBO^3 + 4H^2O$ se sépare ensuite par cristallisation.

On peut aussi préparer le sel $NaBO^3 + 4H^2O$ en faisant agir, d'après M. Jaubert, le peroxyde de sodium sur l'acide borique en présence d'un acide :

$$2\,B(OH)^3 + 2\,Na^2O^2 + H^2SO^4 + 4\,H^2O = 2\,(NaBO^3 + 4\,H^2O) + Na^2SO^4.$$

Voici comment on peut encore procéder d'après la « Deutsche Gold und Silberscheideanstalt » (Brevet français, n° 348 456). En faisant agir l'acide carbonique à froid, sur du peroxyde de sodium, on obtient, ainsi que nous l'avons vu plus haut, du percarbonate de sodium qui transforme le borate en perborate :

$$Na^2CO^4 + NaBO^2 = NaBO^3 + Na^2CO^3.$$

M. de Girsewald a préconisé l'emploi de l'eau oxygénée, qui fournit des produits très purs (Brevets allemands, n^{os} 204 279 et 229 675).

Il fait agir, à une température ne dépassant pas 10°, de l'eau oxygénée à 3 °/₀ sur une solution de métaborate :

$$NaOH + H^3BO^3 = NaBO^2 + 2\,H^2O$$
$$NaBO^2 + H^2O^2 = NaBO^3 + H^2O.$$

On précipite le perborate ainsi formé par une solution de chlorure de sodium, et on l'obtient sous la forme d'une poudre cristalline contenant environ 10 °/₀ d'oxygène actif.

Le perborate, ainsi préparé, contient environ 45 °/₀ d'eau ; il semble possible de réduire cette teneur, en le déshydratant dans le vide, jusqu'à obtention d'un produit titrant 15 °/₀ d'oxygène actif. Le perborate anhydre contenant environ 20 °/₀ d'oxygène, le produit, ainsi obtenu par dessiccation correspondrait sensiblement à la composition :

$$NaBO^3 + 1^1/_4\,H^2O.$$

Il existe d'autres procédés de préparation analogues, mais ces exemples suffiront pour fixer les idées. Les perborates peuvent enfin s'obtenir aussi par l'électrolyse des borates (Brevet français, n° 411 528) et en dehors des sels alcalins ; on a aussi breveté la préparation des sels zinciques et des sels de magnésium, qui doivent servir surtout en médecine.

On peut considérer les perborates, ainsi que les autres persels, comme de l'eau oxygénée solidifiée. Toutefois, il serait erroné de croire que l'eau oxygénée y est contenue comme telle, et simplement fixée comme l'eau de cristallisation dans un sel hydraté. Au contraire, il semble bien que les perborates correspondent à la formule développée :

$$MeO - O - B\begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix} + aq.$$

alors que les métaborates sont représentés par la formule :

$$Me - O - B\begin{matrix} O \\ | \\ O \end{matrix} + aq.$$

Toutefois, leur solution, légèrement chauffée, fournit de l'eau oxygénée et ils peuvent donc servir au lieu et place de l'eau oxygénée. Notamment en médecine, où une solution du sel à 10 °/₀ agit comme une eau oxygénée à 1 °/₀, et toute une série de produits pharmaceutiques les contiennent comme principe actif, soit seuls, soit associés à de l'acide tartrique, par exemple.

On les emploie aussi dans l'industrie du blanchissage où, malgré leur prix plus élevé, ils tendent à remplacer les hypochlorites, tels que l'eau de Javel et l'eau de Labaraque, qui attaquent toujours plus ou moins les fibres textiles. En effet, le grand avantage de l'eau oxygénée et des perborates qui l'engendrent, est précisément d'être absolument inoffensifs pour la cellulose. On peut faire agir ainsi directement le perborate, à l'état concentré, sur les fibres, sans observer la moindre attaque. Un grand nombre de produits détersifs, mis en vente sous des noms plus ou moins fantaisistes, sont composés de savon, de soude ou de silicate de soude, mélangé à un perborate.

Si, lors du blanchiment au perborate alcalin, on ajoute un sel de magnésium, il se forme un perborate de magnésium ; on peut très bien ajouter à ce bain des huiles solubles (huile pour rouge turc) ou des savons ; on obtient alors un bain blanchisseur qui, surtout à température élevée, a une action blanchissante très prononcée sur les fibres textiles : coton, lin et ramie. Il peut aussi servir sur appareils pour le traitement des cannettes et des bobines croisées (Brevet français, n° 390 154).

Les persels peuvent enfin trouver un emploi dans la teinture des fourrures pour produire des colorations diverses par l'oxydation de certaines bases aromatiques (phénylènediamine, amidodiphénylamine, paraamidophénol, etc.).

E. Grandmougin,
Professeur
à l'École de Chimie de Mulhouse.

(1) Voir Moissan : *Traité de Chimie minérale*, t. III, p. 403.

(2) E. Bosshard et K. Zwicky : *Zeitschr. f. ang. Chem.*, 1912, p. 938, 993.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

Principales causes du bruit des engrenages.

Les exigences sans cesse croissantes de la clientèle automobile, en ce qui concerne le confort des voitures destinées au transport des personnes, ont conduit les constructeurs à étudier toutes les causes de bruit dans le fonctionnement du châssis, et à rechercher les remèdes susceptibles de les atténuer le plus complètement possible.

L'une des principales sources de difficultés, dans cet ordre d'idées, est constituée par le fonctionnement des engrenages. Ceux qui commandent la distribution des moteurs, de même que ceux des changements de vitesse et des essieux AR, tournent à des vitesses atteignant 1.000 et même 1.500 tours; l'établissement de roues suffisamment parfaites pour tourner à des vitesses pareilles, avec un silence relatif, présente donc une difficulté considérable.

En ce qui concerne les engrenages droits, les défauts de construction principaux qui se traduisent immédiatement par la production d'un bruit sont les suivants : 1° défaut de centrage des pignons; 2° inexactitude de la distance des axes des roues; 3° déformation des pignons par les traitements thermiques; 4° mauvais profil de la denture; 5° inexactitude de la division; 6° défaut de parallélisme des arbres portant les pignons.

Pour les engrenages coniques, il convient d'ajouter :

7° Défaut de réglage de la distance des pignons.

1° *Défaut de centrage des pignons.* — Cet inconvénient peut provenir de causes diverses, selon que le pignon est rapporté sur son arbre ou fait corps avec lui. Dans ce premier cas, il convient d'examiner si la portée de l'arbre qui reçoit le pignon a été parfaitement rectifiée, ainsi que la partie correspondante de ce pignon.

Pour ce dernier travail, il faut s'assurer que les centrages du pignon, au moment de la rectification de sa partie cylindrique interne, et au moment du taillage, sont en coïncidence parfaite. Très souvent, en effet, des pignons parfaitement taillés, mal centrés au moment de la rectification, tournent faux rond une fois montés sur leur arbre; or, 1/10 de faux rond produit déjà un bruit désagréable vers 1.500 tours; on voit donc avec quel soin doit être fait le centrage. Dans le cas où on ne pourrait pas obtenir un centrage parfait, il serait préférable de ne pas rectifier les pignons plutôt que de risquer de les décentrer par une rectification mal conduite.

2° *Inexactitude de la distance des axes des roues.* — Ce défaut, très important, se reconnaît de suite en mesurant la distance des axes ou en tâtant le jeu ménagé entre les dentures pour permettre leur fonctionnement. Il faut, pour obtenir une marche silencieuse, qu'il ne subsiste aucun jeu, mais si, d'autre part, les pignons forcent, on obtient alors des gémissements lamentables que la clientèle la plus accommodante ne peut accepter. Il convient donc de se tenir dans une juste limite au point de vue du jeu car en deçà, c'est-à-dire dans le cas où les dentures ont trop de jeu, l'inégalité des efforts transmis par les engrenages produit des chocs sur ceux-ci, et, au delà, il y a arrachage de la matière et destruction prématurée des surfaces de roulement. Il faut donc tenir les roues aussi serrées que le permettent la précision de la construction et l'interchangeabilité des pièces.

3° *Déformation des pignons par les traitements thermiques.* — C'est une cause de difficultés contre laquelle le constructeur est mal armé. Les machines à tailler actuelles permettent d'obtenir des roues très satisfaisantes au point de vue de l'exactitude, mais les opérations de cémentation et de trempe changent la constitution intime des métaux; les dilatations et les contractions irrégulières qui en résultent donnent finalement une pièce dont la forme n'est plus la même qu'avant le traitement thermique. De plus, le défaut d'homogénéité des aciers entraîne fréquemment des déformations lors de la trempe et de la cémentation.

Grâce à un soin méticuleux dans l'exécution de ces deux opérations, et à une surveillance constante exercée sur la fabrication, on peut éviter ces très graves défauts. La seule méthode de travail permettant d'éliminer systématiquement cet inconvénient, consiste à ne pas cémenter les pièces non terminées, mais seulement ébauchées et à les terminer complètement entre la cémentation et la trempe. On remédie ainsi en grande partie aux boursouflures et aux gonflements superficiels produits par la cémentation, et la pièce terminée ne présente que des traces de déformations dues à la trempe, et aux défauts d'homogénéité de la matière.

4° *Mauvais profil de la denture.* — Le mauvais profil de la denture se reconnaît immédiatement par l'examen des dents après quelque temps de roulement. L'usure, au lieu de se produire régulièrement sur une large surface de roulement, se réduit à une bande très étroite. Les dents ne roulant pas l'une sur l'autre, il se produit un choc chaque fois qu'une dent entraîne la dent correspondante de l'autre roue. Ce défaut provient généralement du mauvais profil de la fraise employée lors du taillage, ou bien de ce que la fraise employée n'est pas exactement celle qui correspond au nombre de dents de la roue à tailler.

5° *Inexactitude de la division.* — On désigne ainsi les différences que présente le pas mesuré en différents points de la circonférence du pignon.

Il semblerait qu'avec la perfection des machines actuelles, on ne doive jamais rencontrer de défauts de ce genre. La pratique démontre le contraire et les inégalités sont quelquefois assez importantes pour être visibles à l'œil nu. La méthode de taillage influe beaucoup : on peut dire, en général, que dans les machines à travail discontinu, c'est-à-dire dans celles où la fraise taille successivement les dents l'une après l'autre, en se déplaçant selon une génératrice du pignon, il est rare que l'on obtienne une division parfaite. Les machines à travail continu, où le taillage est exécuté par une vis-mère leur sont incontestablement très supérieures au point de vue de la perfection des résultats. Seules, ces machines donnent un travail parfait et des engrenages silencieux.

6° *Défaut de parallélisme des arbres portant des pignons.* — Ce n'est pas, à proprement parler, un défaut des engrenages, mais un défaut de montage. Nous sommes obligés de le mentionner, car il a une grande influence sur la bonne marche des dentures. On le constate aisément par un examen attentif des pignons après quelque temps de fonctionnement; l'usure, sur les faces de roulement, est distribuée inégalement sur l'avers et sur l'envers des dents; c'est ce que les ouvriers expriment en disant qu'*elles portent de quart en coin.*

7° *Engrenages coniques.* — Toutes ces imperfections déjà indiquées se retrouvent également dans l'établissement des transmissions par engrenages coniques; on y rencontre, en outre, des défauts d'engrènement dus à ce que les pignons ne sont pas montés à la distance prévue par le taillage. Tous les montages de roues coniques bien établis présentent un réglage qui permet de placer les pignons à la distance correcte.

Notons, en outre, qu'ici, les déformations dues à la cémentation

Digitized by Google

et à la trempe prennent une importance prépondérante. Les essieux arrière comportent généralement une couronne à denture conique, évidée en son centre. La faible épaisseur de cette pièce, comparée à son diamètre, fait qu'elle se voile à la trempe et qu'on est obligé de la travailler longuement au balancier pour la redresser. En même temps, elle se déforme dans le sens diamétral et devient elliptique, si bien que les génératrices des dentures ne passent plus par un même centre. Le travail de redressage, lent et difficile, exige des ouvriers spéciaux fort habiles; malgré leur adresse, il arrive que certaines couronnes ne peuvent être redressées convenablement; les constructeurs doivent se résigner à les mettre à la ferraille s'ils ne veulent pas s'exposer à des reproches de la part de leur clientèle.

On a essayé, dans quelques ateliers, de remédier aux défauts des engrenages en les rodant, c'est-à-dire en faisant tourner les pignons à blanc après les avoir enduits de potée d'émeri, de poudre du Levant ou de produits analogues. On ne peut nier que dans certains cas, où les défauts de pignons sont peu prononcés, on ne puisse, par cette méthode, améliorer notablement leur fonctionnement, mais il faut se garder d'en abuser. En effet, d'une part on détruit l'exactitude du profil donné par la fraise que les constructeurs de ces outils ont déjà tant de peine à obtenir; en second lieu, on enlève partiellement la croûte dure produite par la cémentation; la garantie de durée des engrenages ainsi traités se trouve donc très diminuée.

Enfin, les poudres employées ont le défaut de pénétrer dans les roulements à billes auxquels elles donnent un jeu qui, à son tour, entraîne des chocs dans l'engrènement des pignons. Aussi ne doit-on employer ce système que comme un pis aller, pour s'efforcer d'utiliser des pignons qui, autrement, seraient mis à la ferraille.

M. VARINOIS.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'État belge.

L'appareil, porté par un wagon dynamomètre, se compose essentiellement d'un pendule dont la masse oscille dans un plan parallèle au sens de la marche du train (1).

La masse du pendule m (fig. 1) est suspendue au point fixe o; lorsque le wagon est arrêté, ou est animé d'un mouvement uniforme sur une voie en palier, le pendule est vertical; le poids mg et la tension N de la tige du balancier se font équilibre, de sorte que l'on a :

$$N = mg.$$

Lorsque le véhicule subit une accélération horizontale, l'inertie de la masse m lui donne un retard sur le point de suspension o, soumis à l'accélération, et fait prendre au pendule un angle d'inclinaison β (fig. 2); l'équilibre s'établit alors entre la résistance due à l'inertie $-mp$, la pesanteur mg et la tension N; le triangle des forces (fig. 2), donne la résultante N pour les forces mg et $-mp$, d'où :

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{mp}{mg} = \frac{p}{g}.$$

$\frac{1}{g}$ représentant la masse de 1 kg, et p l'accélérationdu train; tg β donne la mesure de cette accélération et indique l'effort nécessaire pour la communiquer à chaque kilogramme du train.

Si le wagon-dynamomètre circule sur une rampe de s millimètres, faisant avec l'horizontale un angle α, on a :

$$\sin\alpha = \frac{s}{1\,000}.$$

En stationnement, ou s'il agit d'un mouvement uniforme,

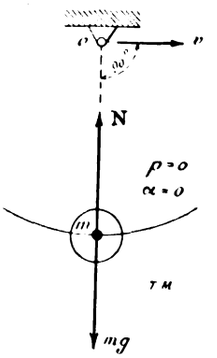


FIG. 1. — Position du pendule pendant le mouvement uniforme du wagon-dynamomètre en palier.

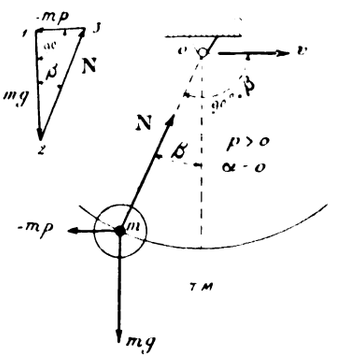


FIG. 2. — Mouvement accéléré en palier.

l'angle du pendule est égal à $\frac{\pi}{2} + \alpha$; en cas d'un mouvement d'accélération p, le pendule, se tenant en arrière de la verticale, formera avec celle-ci, l'angle ε, et avec la vitesse un angle $\frac{\pi}{2} + \beta$ (fig. 3).

L'équilibre s'établit entre mg, N et $-mp$ et l'on a :

$$\frac{mp}{mg} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}$$

ou

$$\frac{p}{g} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}$$

$$\delta = \frac{\pi}{2} - \beta \quad \text{et} \quad \varepsilon = \frac{\pi}{2} + \beta - \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = \beta - \alpha,$$

d'où :

$$\frac{p}{g} = \frac{\sin(\beta-\alpha)}{\cos\beta} = \frac{\sin\beta\cos\alpha - \sin\alpha\cos\beta}{\cos\beta} = \operatorname{tg}\beta\cos\alpha - \sin\alpha$$

$\cos\alpha$ est toujours voisin de 1 puisque, pour une rampe de 10 millimètres par mètre, il est égal à 0,99995, donc :

$$(1)\quad \operatorname{tg}\beta = \frac{p}{g} + \sin\alpha.$$

Dans ce cas, tg β mesure, comme précédemment, l'accélération du train, et, en outre, la force dépensée par kilogramme de son poids pour produire l'accélération et vaincre la résistance provenant de la rampe, laquelle résistance égale sin α kilogrammes.

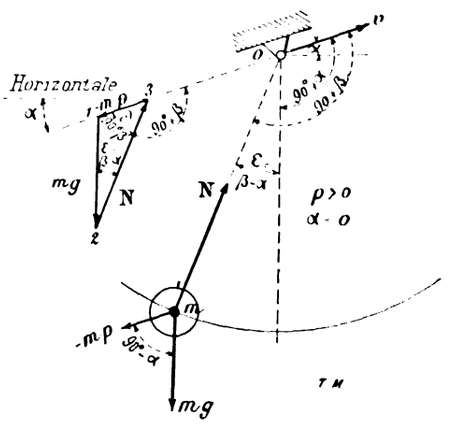


FIG. 3. — Mouvement accéléré en rampe.

L'accélération, ou la force retardatrice $\pm p$ d'un train étant due à la résultante de la force d'impulsion et de la force de résistance agissant sur sa masse M, on peut écrire :

$$Mp = Zi - WG,$$

(1) Nous croyons devoir rappeler à ce sujet les travaux suivants de M. Desdouits, ancien Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État français : Les observations chonométriques appliquées à la résistance des trains et à la puissance des machines (*Revue générale des Chemins de fer*, mars 1884); Études dynamométriques. Appareils et procédés d'expérience. Résistance des trains (*Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1886); Appareil dynamométrique pour la mesure des effets moteurs et résistants dans la marche des trains (*Revue générale des Chemins de fer*, octobre 1883); Mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la marche et dans l'arrêt des trains (*Revue générale des Chemins de fer*, mai-juin 1890).

Digitized by Google

Zi représente l'effort de traction sur le piston et W la somme des résistances du train représentée par l'équation :

$$W = \frac{W_q Q + W_l L}{G} + s + b + k$$

soient :

W_0 = résistance du train en palier; W_q = résistance des véhicules en palier; W_l = résistance de la locomotive et du tender en palier; s = résistance due au profil; b = résistance due aux freins; k = résistance due au passage dans les courbes.

(Ces résistances sont exprimées en kilogrammes par tonne.)

G, le poids total d'un train exprimé en tonnes;

Q, le poids des véhicules exprimé en tonnes;

L, le poids de la locomotive et du tender exprimé en tonnes.

$$W_0 = \frac{W_q Q + W_l L}{G}$$

$$G = Q + L$$

et

$$M = \frac{G}{g} \times 1\,000,$$

d'où l'on tire :

$$1\,000 \frac{p}{g} = \frac{Zi}{G} - (W_0 + s + b + k).$$

ou :

$$1\,000 \frac{p}{g} + s = \frac{Zi}{G} - (W_0 + b + k);$$

mais, comme

$$\sin \alpha = \frac{s}{1\,000},$$

on a :

$$(A) \qquad 1\,000 \left(\frac{p}{g} + \sin \alpha\right) = \frac{Zi}{G} - (W_0 + b + k).$$

Le premier membre donne, d'après l'équation (1), l'indication du pendule, rapportée à une tonne :

$$(2) \qquad 1\,000 \left(\frac{p}{g} + \sin \alpha\right) = 1\,000 \operatorname{tg} \beta$$

ou :

$$(3) \qquad 1\,000 \operatorname{tg} \beta = \frac{Zi}{G} - (W_0 + b + k).$$

Ces calculs montrent que la tangente de l'angle d'inclinaison du pendule mesure toujours la résultante des forces d'impulsion et de résistance, à l'exception de la gravité.

Si donc on connaît l'effort de traction sur le piston du cylindre, on pourra mesurer aisément la résistance du train, et inversement. Par exemple, le régulateur étant fermé ($Zi = 0$), le pendule donnera la résistance du train sur une section en palier et en alignement droit ($s = 0$) et si les freins ne sont pas actionnés ($b = 0$).

Quand l'effort de traction suffit tout juste pour vaincre les résistances, à l'exception de celle qui provient du profil de la ligne, le pendule, d'après les équations 2 et 3, restera perpendiculaire au sens de la marche. En cas de rampe ou de pente, le pendule s'écartera de sa position normale et son inertie fera équilibre à la gravité, de sorte qu'il se placera toujours perpendiculairement au plan de la voie, qu'il y ait accélération ou retard du mouvement, tant que la pesanteur interviendra seule pour faire varier la vitesse.

Ces quelques explications montrent que l'ergomètre belge ne peut être utilisé pour mesurer la résistance totale d'un train : locomotive, tender et véhicules, que si les essais ont lieu à régulateur fermé; certains ingénieurs sont d'avis qu'il est utile, pour arriver à des résultats d'une précision suffisante, de disposer d'un appareil permettant de faire les essais à régulateur ouvert; les ingénieurs de l'Etat belge ne semblent pas s'arrêter à cette considération et pensent que la différence de résistance entre la marche à régulateur ouvert ou à régulateur fermé d'une locomotive est insignifiante.

Un inconvénient plus certain de la méthode belge consiste dans l'impossibilité de faire des essais avec les trains du service régulier qui ne se prêteraient pas à l'obligation de conduire les expériences à régulateur fermé.

M. Strahl, conseiller d'État et des constructions à Berlin, a exposé, dans une note récente, que l'appareil belge est susceptible de donner des résultats très intéressants, surtout si l'on parvient à perfectionner les appareils établis pour mesurer le travail dans le cylindre, sur une section de ligne parcourue sans arrêt, à régulateur ouvert; il suffirait alors de combiner ces appareils nouveaux avec ceux qu'emploie déjà l'Etat belge.

A. Sabourin.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Utilisation industrielle des caséines animale et végétale.

I. Caséine animale. — La caséine ordinaire est la matière albuminoïde principale du lait. On l'extrait du *petit-lait* dont on a séparé la crème. Pour cela, on ajoute à ce dernier une solution concentrée de sulfate de magnésium. Il se précipite des flocons compacts qu'on fait dissoudre à nouveau dans l'eau pure. On filtre ensuite, puis on précipite la caséine par l'acide acétique.

Ainsi obtenue, cette matière est blanchâtre ou jaunâtre, insoluble dans l'eau et dans l'alcool, soluble dans les alcalis et dans les carbonates alcalins. C'est du reste la présence de ceux-ci dans le lait qui permet à la caséine d'y rester en grande partie dissoute.

En raison de ses remarquables propriétés, la caséine convient à de multiples emplois. Aussi est-il nécessaire de pouvoir l'obtenir avec une assez grande pureté. On procède pour cela de la manière suivante :

Après centrifugation, le petit-lait est placé dans de grandes cuves où l'on coagule la caséine, soit avec de la présure, soit avec un acide, soit en laissant la coagulation s'effectuer d'elle-même.

La caséine coagulée avec de la présure est précipitée par l'acide sulfurique; celle qui a été coagulée avec un acide est précipitée par l'acide chlorhydrique; enfin celle qui s'est coagulée elle-même spontanément, par suite de la fermentation lactique, qui fournit une certaine quantité d'acide lactique précipitant, est laissée telle quelle.

Suivant les usages auxquels on la destine ensuite, la caséine subit différents traitements mécaniques et physiques qui ont pour but, soit de la transformer en poudre, soit de la purifier et de la dessécher complètement pour faciliter sa conservation lorsqu'elle ne doit pas être utilisée de suite.

Tout récemment, on a obtenu la caséine par l'électrolyse du lait. L'opération s'effectue comme suit :

Au milieu d'une cuve remplie de lait écrémé et porté à la température de 80°, on place un vase poreux contenant une solution de soude caustique à 5 %; on plonge dans la soude une cathode en fer et dans le lait une tige de charbon servant d'anode; les deux électrodes sont distantes de 10 cm environ.

En faisant traverser l'appareil par un courant d'une densité de 1 ampère par centimètre carré à l'anode, l'acide phosphorique contenu dans le lait est entièrement mis en liberté et la caséine précipite. Avec un courant de 160 ampères sous 11 volts, on peut, en vingt minutes seulement, isoler complètement la caséine de 100 litres de lait écrémé.

On peut remplacer la soude caustique contenue dans le vase poreux par un égal volume de petit-lait provenant d'une opération précédente, en disposant les électrodes de la même façon. Un courant de 160 ampères, sous 18 volts, permet alors de précipiter en dix minutes la caséine de 100 litres de lait écrémé.

Cette méthode, due à M. Gateau, présente trois avantages importants :

1° Le rendement est élevé, le poids de caséine précipitée étant

Digitized by Google

supérieur à celui qu'on obtient par les procédés habituels à l'aide des acides ou de la présure;

2° Le prix de revient est très faible, car la dépense en énergie électrique, moindre que celle d'acide ou de présure, diminue surtout lorsque le courant est produit par un moteur hydro-électrique ou par un moteur éolien actionnant une dynamo, comme cela se pratique de plus en plus dans l'industrie agricole (1);

3° La caséine ainsi fabriquée ne contient aucune impureté, les éléments étrangers ne pouvant pénétrer dans le liquide, puisque la précipitation s'effectue par le seul jeu de l'action électrolytique du courant.

II. Caséine végétale. — La caséine végétale, qui peut recevoir les mêmes applications que la caséine animale, n'a jusqu'ici été extraite en grand que du *soja*, sorte de haricot exotique qu'on cultive surtout en Annam et en Cochinchine.

L'analyse immédiate des graines de soja correspond aux matières suivantes :

Humidité	12,35 %
Poussières et impuretés	7,90
Ecorces sèches	7,85
Caséine sèche	25,55
Tourteaux (résidu)	29,80
Huiles et corps gras	16,42

L'extraction de la caséine s'effectue comme suit :

Les graines de soja (2), d'abord soumises à un lavage méthodique qui élimine les poussières ou les matières étrangères en contact avec l'écorce, sont ensuite séchées légèrement à l'air libre.

On procède alors à la trituration des graines nettoyées, qui a pour but d'en retirer les corps gras qu'elles renferment. Cette opération s'effectue d'abord à l'aide de broyeurs, puis de presses analogues à celles qu'on emploie pour l'extraction de l'huile d'olive.

Ce traitement terminé, la pulpe qui sort des pressoirs est triturée sous des meules avec de l'eau froide ordinaire. On obtient ainsi un liquide laiteux (*lait de soja*), que l'on peut concentrer en répétant plusieurs fois cette opération sur la même pulpe, et que l'on clarifie ensuite au moyen de filtres-presses appropriés.

Pour précipiter la caséine de ce liquide, on le chauffe à l'aide de serpentins en cuivre étamé placés dans des récipients munis d'agitateurs. La coagulation s'effectue dans de très bonnes conditions (Beltzer), en additionnant le liquide de gypse pulvérisé ($SO^4H^2 + 2H^2O$), dans la proportion suivante :

Lait de soja	1 000 litres.
Gypse pulvérisé	1 kg.

Un chauffage à l'ébullition provoque la formation de grumeaux que l'on recueille sur des filtres en toile.

La masse ainsi obtenue est dissoute, après lavage, dans une certaine quantité de soude caustique, calculée de façon à obtenir une réaction très faiblement alcaline. Les opérations sont les suivantes : filtrage, précipitation par l'acide acétique, filtrage, lavage, essorage, dessiccation à température peu élevée.

La caséine, préparée dans ces conditions, très pure, très blanche, insoluble dans l'eau et dans l'acétone, soluble dans les alcalis, présente les mêmes propriétés et les mêmes qualités que la caséine animale extraite du lait.

La fabrication de la caséine végétale est économique, car elle permet d'obtenir ce produit à un prix peu élevé, et elle donne naissance à des sous-produits utilisables dans l'industrie et dans l'agriculture. L'huile extraite de la première trituration se vend environ 0 fr 70 le kg. Les tourteaux résiduels contenant les écorces et les pulpes épuisées constituent un bon aliment pour les bestiaux. On les utilise aussi pour la préparation des fourrages mélassés.

III. Utilisation industrielle de la caséine. — a) *Galalithe*. — L'application actuelle la plus importante de la caséine, est la fabrication de la *galalithe* (pierre de lait) qui sert à imiter l'ivoire, l'écaille, le celluloïd, etc. Elle présente sur ce dernier corps le grand avantage d'être incombustible, et sur l'écaille celui d'être d'un prix de revient moindre. C'est dire l'immense champ d'applications qui lui est ouvert.

La fabrication de la galalithe, entreprise pour la première fois en France, dans les Charentes, vers 1904, a eu des débuts très brillants, grâce à l'établissement de laiteries coopératives qui ont amené la création d'une caséinerie à côté de la beurrerie de Surgères (Charente-Inférieure).

On prépare le plus généralement la galalithe par moulage et par compression de la caséine en présence de vapeurs de formol. Cette méthode a l'inconvénient de ne pas permettre la fabrication de plaques ayant plus de 25 mm d'épaisseur, l'influence du formol ne se manifestant qu'à une profondeur voisine de 12 mm. Si l'on veut obtenir des plaques épaisses, il est donc nécessaire de réunir plusieurs feuilles en les soudant, avec de la colle de poisson, par exemple, sous l'action d'une très forte pression.

La couleur de la galalithe varie selon la pureté des matières entrant dans sa préparation. Le plus généralement transparente ou légèrement translucide, elle peut recevoir les teintes les plus variées et prend l'aspect de l'écaille ou de l'ambre, comme le fait le celluloïd. Elle ne répand aucune mauvaise odeur, ni à l'état brut ni après le frottement; chauffée à haute température, en présence d'une flamme, elle se consume lentement en dégageant des fumées ayant l'odeur de la corne brûlée. Sa densité est comprise entre 1,30 et 1,35. Sa dureté est égale à 2,5.

Rendue malléable, même après fabrication, par chauffage à 150° dans un bain d'huile ou de paraffine, elle se prête très facilement à la confection d'objets moulés qu'on utilise après refroidissement et polissage. On fabrique couramment aujourd'hui avec ce produit une foule d'objets et d'articles de Paris (porte-plumes, cadres, porte-monnaie, disques de phonographes). On polit la galalithe en frottant sa surface, vaselinée au préalable, successivement avec du papier de verre, de la pierre ponce, de la craie et de la chaux ou du tripoli.

Grâce à ses propriétés isolantes, la galalithe peut remplacer le bois, le marbre, l'ardoise, la fibre, dans la confection des interrupteurs, des coupe-circuit ou autres appareils d'isolement. Comprimée, elle travaille aussi facilement que l'ébonite, et elle sert pour la fabrication de plaques, de tiges ou de tubes de toutes dimensions.

Enfin la galalithe est utilisée comme engrais azoté au lieu du sang desséché, de la bourre de laine ou de la laine grillée. On a étudié sa rapidité de nitrification dans le sol par comparaison à ces derniers corps, en disposant, dans quatre vases, une certaine quantité d'engrais, de manière à avoir exactement 1 gr d'azote par vase. Un cinquième vase servait de témoin.

On a obtenu les résultats suivants :

	Durée de l'essai		
	1 mois	3 mois	5 mois
	—	—	—
Sang desséché	0,168	0,345	0,634
Galalithe	0,005	0,217	0,600
Bourre de laine	0,019	0,230	0,373
Laine grillée	0,090	0,309	0,536

Le pouvoir nitrifiable de la galalithe est donc beaucoup plus actif, proportionnellement, au bout de cinq mois, que celui des autres engrais étudiés comparativement.

Le principal réactif de la galalithe est l'acide nitrique fumant :

(1) Jean Escard. *Les applications de l'électricité en agriculture*. Paris, 1912.

(2) Leur prix est de 28 fr. en moyenne, les 100 kg, prises au lieu de production.

Digitized by Google

une trace de galalithe chauffée avec cet acide fournit une poudre bleu jaunâtre, insoluble dans les principaux dissolvants : (eau, éther, alcool, chloroforme).

La caséine est travaillée actuellement, en vue de la fabrication de la galalithe, dans trois usines principales situées : 1° à Levallois-Perret, près Paris (procédés Zirn) ; 2° près de Hambourg (Allemagne) ; 3° à Vienne, en Autriche (procédés de la Vereinigte Gummiwarenfabrik). Les usines où l'on prépare cette substance tendent du reste à se multiplier de jour en jour, en raison du grand succès des premières entreprises et des nombreux débouchés qui lui sont offerts actuellement sur le marché.

En 1910, environ 200 000 kg de caséine ont été ainsi transformés en galalithe, à Surgères, dans les Charentes, existe, comme nous l'avons dit, la principale caséinerie, à laquelle trente-cinq laiteries apportent journellement leur petit-lait à raison d'environ 100 000 l par jour et au prix de 1 fr 50 l'hectolitre. Le résidu, contenant une forte proportion de lactose, est rendu aux laiteries, qui l'emploient, mélangé avec de la farine, pour la nourriture des porcs.

60 l de lait écrémé fournissent 1 kg de galalithe valant de 4 à 6 fr le kg suivant sa pureté, et la forme des objets fabriqués ; son prix qui dépasse, actuellement, un peu celui du celluloïd, ne tardera pas à diminuer, étant donné les avantages incontestables qu'elle présente sur ce dernier produit.

On connaît, et l'on fabrique, plusieurs corps ayant à peu près les mêmes propriétés et la même origine que la galalithe. L'un d'eux, récemment lancé à Vienne, consiste en un mélange de caséine pulvérisée et d'huiles végétales ; additionné de gomme, de résine, et d'autres substances colorantes ou isolantes, il donne des produits analogues à l'ébonite pouvant être utilisés dans l'industrie électrique ; on peut, du reste, le vulcaniser. Le *lactoforme* et la *lactite* sont également des produits du genre de la galalithe et susceptibles des mêmes applications.

b) *Produits alimentaires.* — Les fromages désignés dans la région du Sud-Ouest sous le nom de « caillebottes » ne sont autre chose que de la caséine simplement coagulée. En raison de leur tendance à une fermentation rapide, ils doivent, en général, être consommés le jour même ou le lendemain de leur fabrication. Une usine chinoise, fondée depuis peu aux environs de Paris, aux Vallées, près de Colombes, fabrique également la *caséo-sojaïne* et autres produits alimentaires ayant pour base la caséine végétale extraite du soja.

La caséine est en effet le plus facilement assimilable de tous les protéides. On peut donc l'utiliser pour augmenter, dans la proportion que l'on désire, la valeur nutritive des aliments pauvres en matières albuminoïdes. La caséine, particulièrement pure, employée dans ce but, est préparée par précipitation à l'aide d'acide acétique, puis lavée soigneusement et malaxée mécaniquement avec une solution faible de bicarbonate de soude.

Les *biscuits caséinés* de M. Ligneux, chimiste de la caséinerie d'Etauliers, se composent de farines renfermant jusqu'à 30 % de matières azotées, que l'on peut mélanger aux potages, au vin, ou au café ; elles se conservent facilement et n'ont ni saveur ni odeur bien marquées.

c) *Clarification des boissons.* — Le collage des vins au moyen des matières albuminoïdes a pour but de donner naissance à un précipité tannique susceptible d'entraîner les impuretés minérales et bactériennes de ces liquides.

Toutes les caséines commerciales (lactocolles) ne peuvent se prêter à cette application, en remplacement du blanc d'œuf généralement réservé à cet usage. Les caséines précipitées par la présure sous forme d'un acide, sont insolubles, impures, et ne donnent pas de bons résultats. La caséine, préparée par le procédé Hatmacker et dissoute dans l'eau dans la proportion de 5 à 6 %, donne au contraire d'excellents résultats.

Pour un fort collage, il faut environ 10 à 15 gr de caséine par hectolitre de vin ; 6 à 9 gr suffisent pour un collage moyen, et 4 à 6 gr pour un collage léger. Pour faire la dissolution, il faut éviter de verser l'eau sur la caséine, ce qui provoquerait la formation de grumeaux difficiles à dissoudre ensuite ; on introduit peu à peu la caséine dans de l'eau tiède à 35° environ, de manière à arriver à une concentration de 50 gr par litre.

La liqueur, ainsi préparée, est versée par petites quantités dans le fût de vin, en brassant continuellement le liquide avec une verge. Le prix de revient de ce traitement, qui ne dépasse pas 0 fr 05 par hectolitre de vin, est donc inférieur à celui du collage au blanc d'œufs.

M. Kelhofer, directeur de la section de Chimie de la station de Waedenswil, a étudié également le pouvoir clarifiant de la caséine vis-à-vis des cidres et des poirés. Pour un poiré contenant 5 gr 94 d'albumine et 54 gr de tannin par hectolitre, les résultats des dosages, après traitement par la caséine et par la gélatine, sont indiqués au tableau I.

TABLEAU I. — RÉSULTATS DES DOSAGES APRÈS TRAITEMENT PAR LA CASÉINE ET LA GÉLATINE.

NATURE du clarifiant	POIDS du clarifiant employé	POIDS du précipité formé	POIDS d'albumine après clarification	POIDS de tannin après clarification
	grammes	grammes	grammes	grammes
Caséine.	20	35	6,19	45,7
	35	65	5,31	40,7
	50	84	5,19	33,5
Gélatine	20	50,5	5,13	34,6
	35	67,0	5,38	29,5
	50	85,0	4,88	28,5

Ces chiffres montrent, qu'à quantité égale, la gélatine donne un précipité plus abondant et entraîne plus de tannin que la caséine. Mais comme la clarification du poiré est atteinte avec 20 gr de gélatine alors qu'elle exige 50 gr de caséine, ces deux rapports sont en réalité renversés.

La caséine, qui est un excellent clarifiant pour les vins rouges, est un peu moins bonne pour les vins blancs, mais ne convient pas pour les vins de fruits. Elle présente cependant, sur la gélatine et sur la colle de poisson, l'avantage d'enlever moins de tannin aux boissons et de moins les décolorer. La clarification est moins coûteuse avec la caséine, mais ce produit introduit dans les vins une certaine quantité d'eau, son emploi ne pouvant s'effectuer qu'en solution étendue.

d) *Encollages.* — La caséine, dissoute dans une solution concentrée de borax, forme une masse agglutinante employée comme lui. On obtient la *colle à la caséine* en mélangeant du tannate de chaux, séché et pulvérisé (1), a de la caséine, dans les proportions suivantes :

Caséine	90 parties.
Tannate de chaux.	10 —

En additionnant cette poudre d'eau au moment de l'utiliser, on obtient une pâte collante qui, après dessiccation, est très dure et complètement insoluble dans l'eau, dans l'huile et dans le pétrole.

Le *couchage du papier* consiste en un dépôt superficiel ou profond de colloïdes minéraux, en vue de le rendre propre à l'impression de simili-gravures ; cette opération s'effectue aujourd'hui fréquemment à l'aide de la caséine animale.

On obtient au moyen de cette substance (2) les *apprêts pour*

(1) Le tannate de chaux se prépare en mélangeant une solution de tannin, ou une décoction de noix de galle, avec un lait de chaux très clair jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipitation et jusqu'à ce que le liquide surnageant bleuisse le papier de tournesol rouge : le précipité qui en résulte est du tannate de chaux.

(2) Pour l'impression des tissus au moyen de la caséine, voir *La Revue industrielle*, 21 septembre 1912, p. 522.

Digitized by Google

tissus, sous forme d'encollages résistant parfaitement à l'eau, surtout lorsqu'ils sont soumis, pendant le séchage, à l'action de vapeurs de formol qui insolubilisent la caséine.

On prépare également, à l'aide de la caséine, des produits divers, tels que soies et textiles artificiels, cuirs, pellicules, matières plastiques, etc., d'excellente qualité.

Il faut enfin signaler l'*imperméabilisation* des tissus et de la paille qui, d'après Chevalott, peut s'effectuer de la manière suivante :

On mélange environ 40 parties de caséine à 200 parties d'eau et, à cette masse, on ajoute un lait de chaux (à 1 °/₀ de chaux), puis 20 parties de savon et 240 parties d'eau. Après imprégnation par immersion dans ce liquide, le tissu est essoré puis passé dans un bain d'acétate d'alumine. On lave avec de l'eau à 90°, puis on sèche.

La caséine végétale de soja, en solution ammoniacale, permet également d'imperméabiliser la paille.

L'impression du calicot s'effectue en utilisant une solution de caséine végétale et de borax; elle est généralement aussi durable que le tissu lui-même.

Voici, d'après M. Magrini, les prix de revient comparés entre l'impression à l'albumine et l'impression à la caséine (prix moyen) :

IMPRESSION	A L'ALBUMINE	A LA CASÉINE
Jaune (jaune de chrome) sur noir . . .	4,20	0,70
Bleu (bleu laqué) sur noir	3,60	0,60
Rose clair (rose laqué noir) sur noir .	1,50	0,25
Rose foncé (rose laqué foncé) sur noir.	1,50	0,00
Rouge (rouge laqué) sur noir.	11,25	1,88
Jaune (rouge jaune de chrome) sur bleu de cuve.	6,30	1,10

Les tissus de coton imprimés à la caséine paraissent de nuance plus brillante que ceux imprimés à l'albumine. En outre, ils ont une apparence plus soyeuse.

Jean ESCARD.

HYDRAULIQUE

Installations hydrauliques de la centrale électrique de la Brillanne.

Depuis 1907, l'eau de la Durance est utilisée pour actionner les turbines de l'usine de la Brillanne, l'une des principales centrales hydro-électriques alimentant le réseau de l'Energie électrique du Littoral méditerranéen; elle actionne cinq turbines de 3 500 ch faisant 250 tours à la minute, et trois turbines de 350 ch, servant en partie pour l'excitation, et en partie pour l'alimentation d'un petit réseau à courant triphasé. Les premières sont des turbines spirales jumelles, dont la roue motrice a 1 300 mm de diamètre. L'eau de la Durance charriant beaucoup de sable, il a été tenu compte de cette particularité dans la construction des turbines.

Les roues motrices sont en fonte de première qualité, avec aubes mobiles en tôle d'acier, et aubes directrices en acier coulé. Deux arbres manivelle A, reliés par leviers et tirants E, aux deux arbres de réglage B, transmettent les mouvements du servomoteur D à des anneaux de réglage (fig. 1), qui actionnent le vannage au moyen de petites bielles. Les anneaux de réglage, les manivelles à bras spéciaux et les bielles, sont noyés. Les joints des arbres, les manivelles, qui traversent la bâche, sont rendus étanches au moyen de presse-étoupe.

La construction de tous les appareils a été étudiée avec le plus grand soin et exécutée avec des matériaux de premier choix. Malgré ces précautions, les pièces mobiles du vannage, et les roues motrices ont accusé après quelques années de service, une très forte usure. Pour éviter le remplacement de pièces

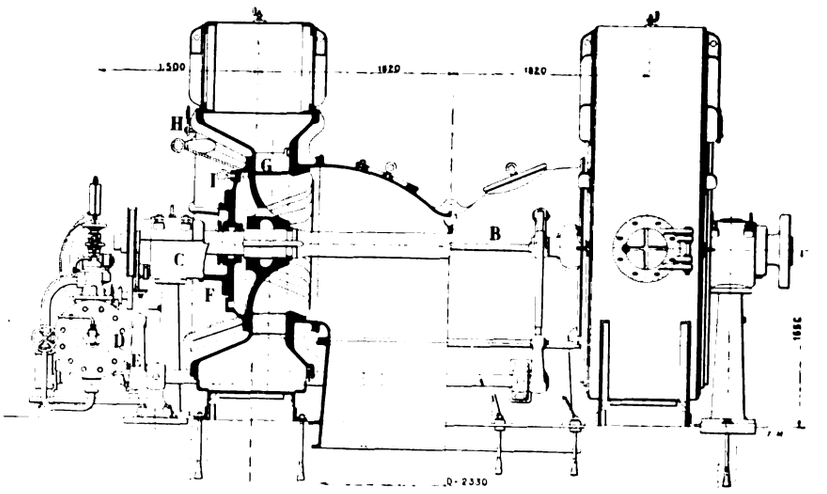


FIG. 1. — Coupe longitudinale de deux turbines spirales jumelles de 3 500 chevaux munies du réglage *intérieur*.

entières, comme par exemple des aubes directrices, on fut obligé de les munir de bagues G. La nécessité de prévoir de telles mesures, pour des machines neuves, complique notablement la construction, et augmente le prix de revient, mais il est encore beaucoup plus compliqué et plus cher d'adopter, après coup, de pareils dispositifs à une machine en service.

Depuis plusieurs années, la maison Escher-Wyss et Cie s'est tout spécialement attachée à l'étude du réglage dit *extérieur*. Elle présenta à « l'Energie électrique du Littoral méditerranéen », des propositions pour le perfectionnement de l'installation des turbines existantes. Après une étude approfondie, on décida la transformation d'une turbine génératrice, en ne modifiant d'abord que les couvercles intérieurs des roues directrices.

Le réglage dit *intérieur* encore en service, permettait

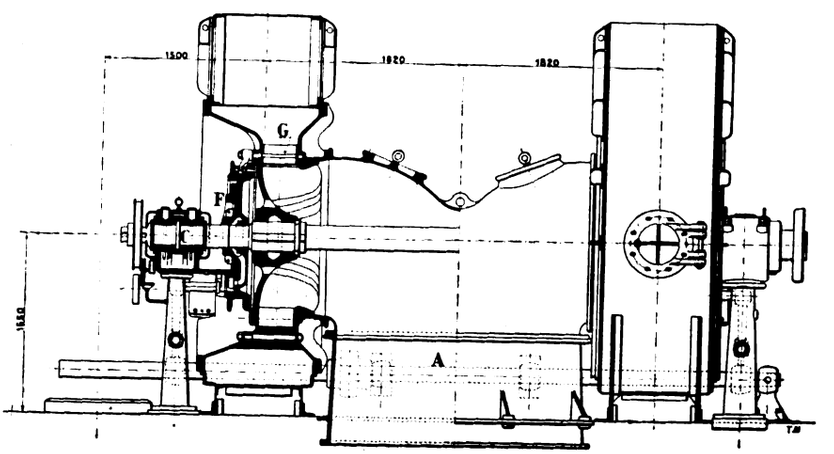


FIG. 2. — Coupe longitudinale de deux turbines spirales jumelles de 3 500 chevaux munies du réglage *extérieur*.

d'employer les boulons formant tourillons pour le vannage; en même temps, on les utilisait comme bielles, réunissant les couvercles de part et d'autre du vannage. L'adaptation du réglage dit *extérieur* entraînait, toutefois, la nécessité de prévoir des entretoises entre lesdits couvercles, en dehors de l'emplacement occupé par le vannage lui-même. Lorsqu'il s'agit de turbines neuves, on prévoit généralement un double anneau F maintenu par

Digitized by Google

de fortes entretoises ; l'ensemble, en fonte ou en acier coulé, est emboîté dans la volute, de façon à permettre le mouvement du vannage, en reliant le coude d'écoulement au couvercle antérieur. Les entretoises affectent la forme spiraloïde, afin de nuire le moins possible au libre écoulement du fluide. Lors du changement en question, il était nécessaire d'avoir recours à un dispositif tout à fait spécial, étant donné qu'il s'agissait, en vue de l'économie, de réemployer les parois latérales du vannage mobile ; cinq forts boulons H servent à l'entretoisement des deux couvercles (voir fig. 2 et 3). Il a été, en outre, prévu cinq aubes de guidage, venues de fonte avec le couvercle antérieur, afin d'obtenir un bon écoulement du fluide, et d'éviter tout remous provoqué par la présence des boulons.

Les aubes du vannage en acier moulé sont venues de fonte avec leurs tourillons, sur lesquels sont calés les leviers de commande. Ces derniers sont reliés à l'anneau de réglage au moyen de bielles. Le servomoteur agit également, sur l'anneau de réglage, au moyen d'un système de leviers et de bielles. Chaque aube directrice ayant à supporter une poussée axiale, est munie d'un tourillon annulaire portant sur une lentille en bronze. L'étanchéité est garantie au moyen de graisse consistante introduite sous pression.

Etant donné qu'aucune pièce servant au mouvement du vannage ne se trouve dans l'eau, le grand avantage du réglage, dit extérieur, réside principalement dans la forme essentiellement spiraloïde qu'il est possible de donner à l'aube directrice : on garantit ainsi une accélération continue du fluide en évitant tout remous et toute perte exagérée par frottement.

Les entretoises du double anneau dont nous venons de parler, qui se trouvent à l'extérieur du vannage, sont également d'une grande utilité au point de vue de la répartition égale du fluide sur tout le pourtour du vannage. Il est évident que cette adduction favorable du fluide à la roue motrice améliore sensiblement le rendement de la machine. Au point de vue constructif, le réglage, dit extérieur, représente ce qu'on a fait de mieux en ce genre jusqu'à présent.

On évite pour ainsi dire l'usure des pièces qui ne se trouvent plus dans l'eau, et on augmente très sensiblement la sécurité de marche de la turbine ; en outre, tous les tourillons pouvant être lubrifiés normalement, la résistance qu'on éprouve quand on fait

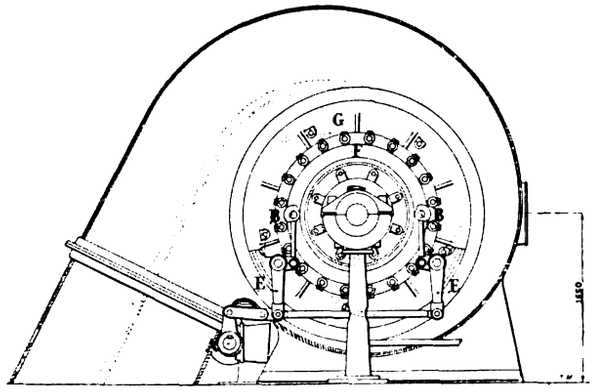


Fig. 3. — Vue de côté d'une turbine munie du réglage extérieur.

fonctionner le vannage devient très faible. Ces différents avantages compensent aisément la légère augmentation de dépense à laquelle donne lieu l'adoption du réglage dit extérieur. Le fait qu'un tel réglage n'est pas influencé par la nature de l'eau, et qu'il supprime les remplacements et les réparations continuels de pièces, en rend l'application pour ainsi dire nécessaire dans toute installation neuve, quand l'eau n'est pas purifiée ou ne peut l'être complètement.

Les presse-étoupe de l'arbre principal comportaient normalement des joints en chanvre ; tant que l'usure de la roue était minime sur son pourtour, ces presse-étoupe ont parfaitement rempli leur office ; lorsque l'usure augmentait les pertes au pourtour de la roue, ainsi que la pression sur la face arrière de la roue, les orifice d'écoulement sur le tuyau d'aspiration devenaient insuffisants ; les pressions augmentant sur la face arrière, les presse-étoupe, qui ne pouvaient plus être serrés suffisamment, commençaient alors à perdre. Le serrage du joint devenant de plus en plus énergique, toutes les impuretés de l'eau étaient retenues, ce qui causait inévitablement une forte usure de l'arbre, à l'endroit du joint. Il eût été, évidemment, possible de se contenter de ces presse-étoupe en ayant soin de réparer les roues usées en temps utile. Toutefois, afin de ne pas démonter la turbine trop souvent, et vu que le sable flottant dans l'eau est un agent destructeur des plus redoutables, on décida de remplacer les presse-étoupe à joint en chanvre.

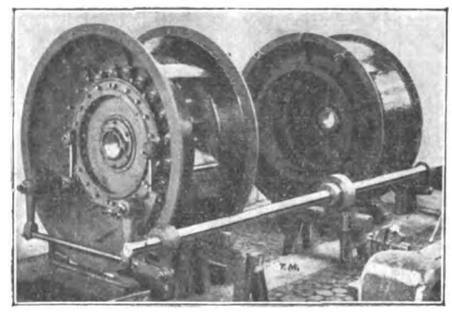


Fig. 4. — Vue d'ensemble des deux vannages de deux turbines spirales jumelles de 3 500 chevaux à réglage extérieur, en cours de montage.

La maison Escher Wyss et Cie proposa de munir les turbines de presse-étoupe à bagues de carbone qui, jusqu'à présent, ont fonctionné d'une manière tout à fait satisfaisante (Voir détails fig. 2). Ce presse-étoupe, établi d'après le principe du labyrinthe, n'est donc pas complètement étanche. L'eau provenant de cette fuite, très minime, déversée dans le tuyau d'aspiration, et forme un joint hermétique qui empêche toute rentrée d'air dans le tuyau, ce qui est essentiel. Le faible débit de la fuite permet de n'avoir aucun joint fortement serré sur l'arbre, de sorte qu'aucune usure n'est à craindre. La disposition du presse-étoupe est représentée figure 2. La fuite très minime, le long de l'arbre, vu le peu de différence de diamètre de l'arbre et de la boîte qui l'entoure, passe dans le tuyau d'évacuation à l'aspiration. La bague en carbone, en trois segments, maintenue serrée sur l'arbre par un ressort empêche les rentrées d'air. Ce presse-étoupe n'exige aucun graissage et la bague en carbone ne s'use pour ainsi dire pas.

La figure 4 représente les deux vannages avec les boulons de retenue des deux carters, ainsi que les entretoises.

R. C.

MÉTALLURGIE

Progrès réalisés dans la métallurgie du zinc dans la Haute-Silésie, depuis 1900.

Les conditions dans lesquelles fonctionnent les usines à zinc de la Haute-Silésie ont continué à se modifier dans les dix dernières années, par suite de la proportion de plus en plus forte de blende que l'on introduit dans les charges. En 1901, on traitait dans la région 220 000 t de calamine, 250 000 t de blende et 6 500 t de résidus zincifères : en 1909, la proportion de calamine n'était plus que de 175 000 t contre 313 000 t de blende et 6 500 t de résidus zincifères. Bien que la plus grande partie des minerais traités proviennent encore des mines de la Haute-Silésie, on en importe des quantités de plus en plus considérables.

Les principaux gisements de minerais de zinc silésiens sont situés entre Beuthen et Tarnowitz d'un côté, et la frontière russo-allemande de l'autre. Comme on le sait, au fur et à mesure que l'exploitation descend dans le gîte, la calamine est remplacée peu à peu par de la blende et finit par disparaître.

Digitized by Google

Les particules ferrugineuses, rendues magnétiques par un faible grillage, sont presque complètement séparées grâce à l'emploi de puissants électro-aimants (1).

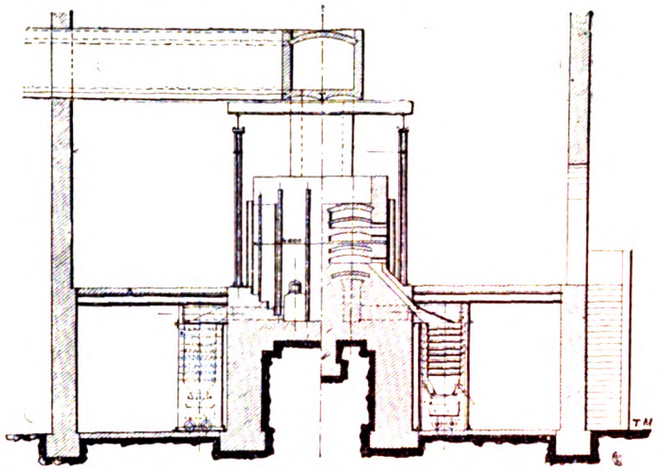
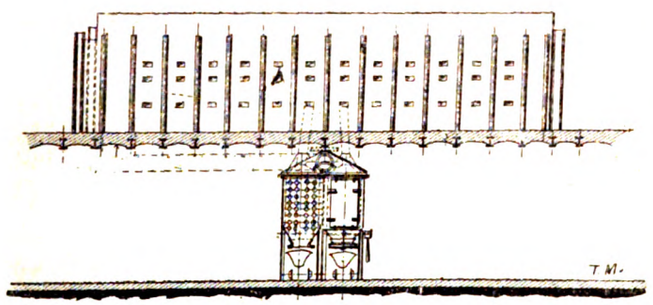


FIG 1. — Appareils de refroidissement de la blende grillée (Zavelberg).

Le nombre des fours de grillage en fonctionnement dans le district dépasse aujourd'hui 200. Des convoyeurs aériens et des chaînes transporteuses servent à amener mécaniquement la blende jusqu'aux portes des fours que l'on commence à chauffer au moyen de gazogènes. Au lieu d'être comme autrefois répandue sur le sol de l'atelier, la blende grillée est versée dans des trémies, d'où on la retire après refroidissement. Les figures 1, 2, 3 représentent l'appareil de Zavelberg; il consiste en un réservoir de tôle, placé à l'extérieur du massif du four pour servir de collecteur. Cet appareil présente de grands avantages hygiéniques et permet de charger directement la blende grillée dans les wagonnets; on évite ainsi les frais de rechargement, tout en diminuant les pertes qu'occasionnent les poussières. En 1909, on grillait 400 000 t de blende crue produisant 313 000 t de blende grillée.

FIG. 2.



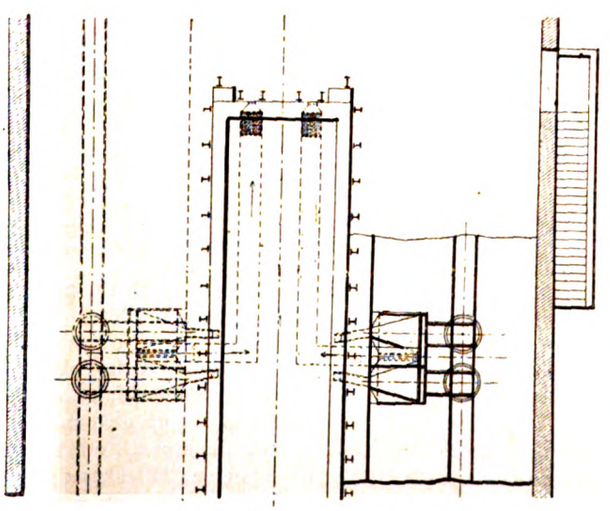


FIG. 3.

FIG. 2 et 3. — Appareils de refroidissement de la blende grillée (système Zavelberg).

Les blendes soumises au triage magnétique sont grillées au préalable dans des fours rotatifs auxquels on reproche généralement leur consommation de charbon trop élevée. L'augmentation du nombre des fours de grillage a nécessité la construction de nouvelles fabriques d'acide sulfurique qui utilisent toutes le procédé des chambres de plomb, l'emploi des méthodes de contact n'ayant pas donné les résultats espérés. Le nombre des chambres de plomb en service est de 32 (1909), correspondant à un volume total de 139 000 m³. Dans les installations nouvelles, on calcule le volume des chambres de telle sorte que, pour chaque kilogramme de soufre utilisable brûlé par jour, on dispose d'une capacité variant de 0m³,85 à 1 m³, avec des tours Gay-Lussac et des tours Glover de capacité suffisante. La fabrication est régularisée grâce à l'emploi de ventilateurs, et la concentration de l'acide des chambres s'effectue de plus en plus au moyen du système Gaillard. En 1909, la production d'acide sulfurique se décomposait comme suit :

Acide à 50° B	22 000 t
— 60° B	70 000
— 66° B	19 000
Acide fumant	9 000
— sulfureux liquide	1 600

L'emploi des blendes nécessite un parfait mélange des minerais. Dans les installations récentes, les fours à zinc sont chauffés au moyen de gazogènes rotatifs alimentés de combustible par des chargeurs mécaniques. Dans le but d'améliorer les conditions d'hygiène des ouvriers, on donne une extension de plus en plus grande à l'emploi des machines pour toutes les opérations de manutention : chargement et vidage des moufles, enlèvement des résidus de distillation au moyen d'une chaîne transporteuse, etc.

On travaille depuis longtemps en Silésie le problème de l'évacuation des gaz de distillation en dehors du hall des fours, avec récupération du zinc qu'ils contiennent. Les solutions adoptées sont au nombre de deux. Dans la première, les gaz aspirés par des cheminées en tôle placées au-dessus de la façade du four, sont simplement évacués à l'extérieur. Dans la seconde disposition, les gaz sont aspirés complètement, ou en partie, par des cheminées latérales et débarrassés de l'oxyde de zinc qu'ils contiennent de diverses façons, entre autres sous l'action d'une fine pluie d'eau.

Sur la façade des fours sont disposés des écrans en tôle; ceux du haut sont fixes, les autres, mobiles, sont équilibrés par des contrepoids, et on les descend à hauteur du moufle à décrasser, pour éviter autant que possible que les poussières se répandent dans le hall. Parmi les installations les plus récentes, on doit signaler le dispositif imaginé par M. Nonnast, directeur de la Oberschlesische Zinkhütte A. G. (fig. 4). L'aspiration des gaz est réalisée au moyen d'un ventilateur dans lequel on injecte de l'eau, ce qui débarrasse le gaz des dernières traces de poussière de zinc. Tous ces dispositifs permettent de réduire les pertes qui, jusqu'en 1860, atteignaient 30 à 33 °/₀ du zinc contenu dans la charge; en 1880, elles n'étaient plus que de 25 °/₀ et, en 1900, de 15 à 20 °/₀ ; on ne voit plus que rarement les nuages blancs qui couronnaient jadis les cheminées des usines à zinc.

Les résidus recueillis sont formés, partie de poussière de

(1) Voir la description d'une installation de ce genre, page 214 du numéro de mai 1909 du *Zeitschrift des Oberschlesischen Berg und Huttenmännischen Vereins*.

Digitized by Google

zinc, partie d'oxyde. Après tamisage, la poussière, qui contient environ 90 °/₀ de zinc métallique, est vendue comme réducteur pour la teinture en indigo, pour la décoloration des sirops dans la fabrication du sucre, etc. Une partie de la poussière de zinc, principalement celle qui se condense au commencement de la distillation de certains minerais, sert à préparer le cadmium métallique, dont certaines espèces spéciales de calamines contiennent de 0,3 °/₀ à 2 ou à 5 °/₀. Le cadmium étant plus volatil que le zinc, il s'en condense un peu avec ce métal, mais la partie la plus importante se trouve dans les poussières que l'on recueille dans les deux premières heures de la distillation et qui peuvent, d'après Jensch, atteindre une teneur de 8 °/₀ de cadmium. On sépare le cadmium du zinc par des distillations répétées de cette poussière mélangée de charbon, dans des fours ressemblant à de petits fours à zinc. La production de la Silésie en cadmium est passée de 3 521 kg, en 1882, à 37 187 kg en 1909. Le prix moyen du kilogramme est de 6 fr 65.

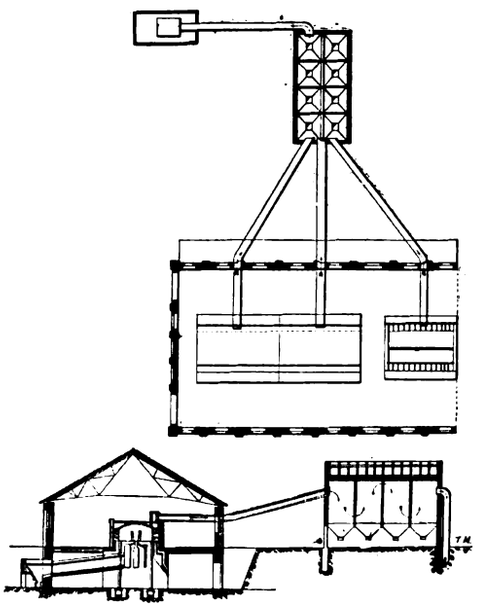


FIG. 4. — Appareils de filtration des fumées. (Four à trois rangs de moufles.)

C'est en 1890 que commença à prendre corps parmi les ingénieurs des usines à zinc de Silésie, l'opinion que les moyens utilisés jusqu'alors étaient insuffisants pour traiter des mélanges

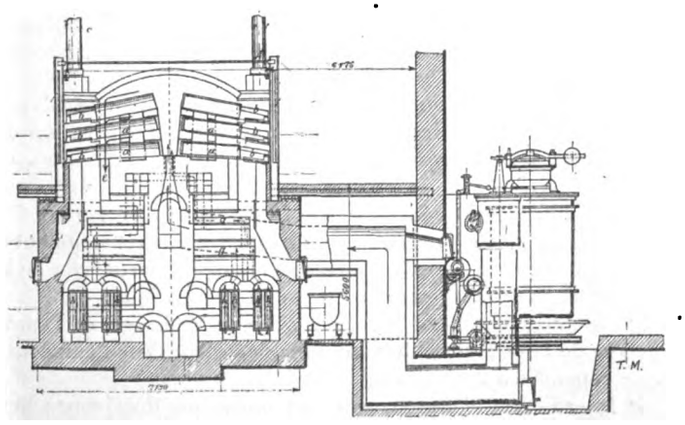


FIG. 5. — Four à zinc (type 1911).

de plus en plus riches. Les fours du type rhénan qui paraissent plus appropriés aux nouveaux minerais, diffèrent des fours silésiens en ce que leurs moufles sont petits, à parois minces, et disposés en deux ou trois rangées superposées. La transformation des moufles ne modifie pas seulement leur nombre, mais encore le mode de chauffage, les allonges et la composition de la charge. On utilise des moyens de chauffage perfectionnés et les gazogènes sont construits à l'extérieur du bâtiment des fours. Les gaz de chauffage, une fois brûlés, sont évacués par de hautes cheminées. La charge ne s'effectue plus au travers du col de l'allonge, mais, l'allonge étant enlevée, le mélange de minerai et de réductif est jeté dans le moufle au moyen d'une cuiller. Les dimensions de l'allonge sont réduites, mais, comme d'autre part la teneur en zinc de la charge augmente, il faut tirer le métal au moins une fois pendant la période de distillation.

Dans la composition des matériaux servant à la fabrication des moufles, on introduit du graphite ou du coke, ce qui augmente très sensiblement leurs qualités réfractaires. La fabrication des petits moufles est réalisée au moyen de presses fabriquées par Mehler, d'Aix-la-Chapelle. Le séchage des pièces sortant des presses se fait dans des appareils spéciaux surveillés très attentivement. On préconise même le glaçage des moufles.

Le mélange des minerais et du charbon de réduction composant la charge ne se fait plus devant le four, mais dans des ateliers séparés munis de dispositifs d'aspiration des poussières.

Les essais d'obtention du zinc au four à cuve sont presque aussi vieux que l'industrie du zinc en Haute-Silésie et, déjà, en 1807, Karsten avait essayé d'en obtenir dans des tubes verticaux, mais tous les essais faits dans cette voie ont échoué. La préparation par voie électrométallurgique n'a pas donné jusqu'ici de meilleurs résultats, car le zinc électrolytique n'est pas vendu plus cher que le zinc distillé, et sa pureté n'est pas supérieure à celle de certains zincs américains.

Les anciens fours à 72 moufles tendent à disparaître, au fur à mesure des réfections, pour être remplacés par des fours quadruples des premiers, comportant 288 moufles. Les gaz, autrefois évacués dans l'atmosphère, sont utilisés pour le chauffage des batteries de chaudières. Les fours perfectionnés réalisent des températures très élevées, nécessitant l'emploi de moufles (fig. 5) très solides et parfaitement secs. Afin d'augmenter le rendement en zinc, on s'est attaché à réduire à 12 ou 15 °/₀ les pertes de temps correspondant aux durées excessives de la charge et du décrassage des moufles. En effet, pendant ces périodes d'arrêt, aujourd'hui réduites à cinq ou six heures, le four se refroidit et les conditions hygiéniques du travail sont beaucoup moins satisfaisantes qu'en pleine marche; les variations de température nuisent à la résistance du four lui-même (3-4 ans), des moufles (25-30 jours), et de leurs supports (2 ans).

Le tableau I (p. 32) donne des renseignements sur les compositions des charges et sur les consommations de combustible et de fournitures diverses correspondant aux fours modernes.

En 1910, le district de la Haute-Silésie comptait 15 usines à zinc produisant 138 035 t, savoir :

Société Giesches Erben.	Paulshütte. Bernardihütt. Wilhelmineshütte.	30 480 t
Oberschlesische Zinkhütte A. G.	Kunigundehütte. Clarahütte. Franzhütte. Rosamundhütte.	14 680 t
Prince Henckel de Donnersmark.	Guidohütte.	8 875 t
Comte Henckel de Donnersmark.	Hugohütte. Lazyhütte. Liebehoffnungshütte.	20 400 t
Schlesische A. G. à Lipine . . .	Thurzohütte. Silesiahütte.	30 300 t
Hohenlohe Werke A. G.	Godulahütte. Hohenlohehütte.	33 300 t
Tonnage total		138 035 t

Le Syndicat de vente du zinc organisé par les usines de la Haute-Silésie a disposé, en 1910, d'un tonnage de 138 035 t représentant 17,2 °/₀ de la production mondiale du métal.

Le tableau suivant donne une moyenne des résultats d'exploitation. Le nombre de fours à une rangée était de 281 en 1909, avec 11 096 moufles, contre 175 fours à plusieurs rangées comportant 19 294 moufles.

Digitized by Google

TABLEAU I. — COMPOSITION DES CHARGES; CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLE ET DE FOURNITURES DIVERSES, CORRESPONDANT AUX FOURS MODERNES.

TYPES de fours		COMPOSITION DES CHARGES (poids de la charge : 6 260 kg.)				TENEURS EN ZINC des éléments de la charge.			CONSOMMATIONS		
		Calamine	Blende	Poussier de coke	Résidus zincifères	des Calamines	des Blendes grillées	des Crasses de zinc	de Moufles par tonne de zinc brut (pièces)	de Charbon par jour et par four (tonnes)	de Charbon par tonne de minerai (tonnes)
Fours à 3 rangées de 40 creusets	1.	10 % (626 kg)	53 % (3 318 kg)	37 % (2 316 kg)	»	»	»	»	5	6,25	»
	2.	»	63,2 % (3 956 kg)	36,7 % (2 297 kg)	0,1 % (7 kg)	37,45 %	45,67 %	6,17 %	5	»	0,5 (1)
		»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,7 (2)

(1) Charbon de réduction. (2) Charbon de chauffe.

Consommation par tonne de minerai et de résidus zincifères.

	a	*b*
Charbon de chauffe de toute nature, en tonnes.	1,5	2,25
Charbon de réduction, en tonnes	0,52	0,40
Produits réfractaires, en tonnes.	0,07	0,17
Moufles, la pièce.	0,20	1,33
Salaires, en francs.	16,03	20,41

Consommation par tonne de production.

	a	*b*
Minerais, en tonnes	4,02	3,12
Charbon de chauffe, en tonnes	6,03	7,05
Charbon de réduction, en tonnes	2,10	1,51
Produits réfractaires, en tonnes	0,29	0,54
Moufles, la pièce	1,18	4,14
Salaires, en francs.	64,47	63,76

Le rendement de la charge se divise en :

	a	*b*
	%	%
Zinc brut	23,86	30,35
Poussière	0,58	1,71
Plomb	0,40	0,05
Cadmium	0,013	»
Total	24,853	32,11

En 1910, les frais de production par tonne de zinc brut se montaient à 487 fr 50 et se décomposaient comme suit :

Salaires	45 fr
Minerai	332,40
Combustible	55 »
Moufles et allonges	17,50
Outillage, accessoires, frais généraux, appointements	37,50
Total	487,40

Les huit usines de la Haute-Silésie produisant du zinc laminé (1 000 ouvriers) comportaient, en 1909, une force motrice de 5 000 ch actionnant 11 laminoirs simples et 20 duos avec 23 fours de deuxième fusion et 8 fours à réchauffer. La quantité de zinc brut traité atteignait 48 000 t par an (35 % de la production mondiale) valant environ 26 millions de francs. Le plus considérable de ces laminoirs est celui de la Schlesische A. G., à Lipine, qui traite plus de 20 000 t par an.

Des usines pour la fabrication des superphosphates et du sulfate d'alumine ont été installées afin d'utiliser l'acide sulfurique, dont la vente, de plus en plus difficile, n'était pas suffisamment rémunératrice. En 1908, la production d'acide sulfurique avait atteint 146 300 t.

La population ouvrière totale qu'occupe l'industrie du zinc dans la Haute-Silésie (fonderies, ateliers de grillage, laminoirs, fabriques d'acide sulfureux, d'acide sulfurique, de blanc de zinc) était, en 1909, de 11 780 personnes, dont 1 813 femmes (15,4 %) employées au nettoyage des débris de creusets, à la fabrication des matériaux réfractaires, etc.; les occupations qui peuvent être confiées aux femmes sont définies par une circulaire officielle de 1896. Les premiers fondeurs gagnent aujourd'hui de 4 fr 55 par jour à 6 fr 66; les chauffeurs, de 4 fr à 6 fr 10, et les grilleurs de blende, de 5 fr 35 à 6 fr 60.

Les ouvriers des usines à zinc sont exposés à un certain nombre de maladies professionnelles que l'on s'efforce de combattre par de nombreuses mesures préventives concernant l'hygiène et la santé des travailleurs; aussi la mortalité, autrefois très forte parmi eux, a-t-elle aujourd'hui beaucoup diminué. Les maladies dont souffrent plus particulièrement ces ouvriers sont : 1° affections de l'appareil respiratoire, occasionnées par l'aspiration des poussières, de l'oxyde de carbone, et des vapeurs métalliques; 2° rhumatismes, maladies d'intestins et d'estomac; 3° accidents saturnins.

Un décret, très étudié, du 6 février 1900, a réglé d'une manière précise les conditions du travail dans l'industrie du zinc. Nous en rappelons ci-après les principales prescriptions :

1° Construction de halls de fours, larges, élevés, bien aérés, avec sol et murs à surfaces lisses;

2° Installation dans chaque hall de robinets d'eau potable facilement accessibles; arrosages fréquents au moyen d'une conduite d'eau spéciale;

3° Emploi de broyeurs à enveloppes étanches pour le broyage des minerais et d'aspirateurs énergiques pour l'évacuation des poussières, des gaz résiduaires et des vapeurs; humidification des charges;

4° Interdiction de répandre sur le sol des halls les cendres extraites des moufles; création de dispositifs ayant pour but de rassembler ces cendres dans des caniveaux couverts, afin de les évacuer en soulevant le moins de poussière possible;

5° Création d'ateliers spéciaux pour le tamisage et l'empaquetage de la poussière de zinc, avec des dispositifs l'empêchant de se répandre à l'extérieur;

6° Interdiction d'employer des femmes ou des jeunes gens pour la conduite des fours et pour la manutention des cendres extraites des moufles; les femmes ne doivent pas être présentes dans les halls des fours pendant que s'effectue cette opération;

7° Les jeunes ouvriers ne peuvent travailler ni à la manutention des cendres, ni au tamisage, ni à l'empaquetage des poussière de zinc, avant d'avoir atteint l'âge de dix-huit ans révolus. On ne les admet à la conduite des fours qu'après un examen médical très sévère; on élimine les anémiques et ceux que l'état de leurs gencives et de leur dentition exposerait d'une manière certaine à l'intoxication saturnine (bourrelet caractéristique du plomb);

8° Les usines doivent comporter des salles de bains avec

Digitized by Google

lavabos et vestiaires, ainsi que des réfectoires vastes, propres et aérés. Un service médical permanent exerce un contrôle continu sur l'état de santé des ouvriers ; ils ne doivent pas manger dans les ateliers de travail et ils sont tenus de se laver le visage et les mains avant chaque repas ;

9° La distance minimum entre les façades des fours et les murs des halls est réglementée, de même que la hauteur des ateliers, ainsi que leurs conditions de chauffage, d'éclairage et d'aérage.

Toutes les Sociétés s'occupant de la métallurgie du zinc ont organisé des caisses de retraites et d'indemnités de maladies.

La Société Giesches Erben a réalisé, à Roedzin, un appareil servant à charger et à vider mécaniquement les moufles. Les ateliers de la Maschinenfabrik Th. Holtz, à Kattowitz, ont établi ces appareils d'après les brevets de M. le directeur Saeger. Le travail est effectué par deux machines, l'une servant pour charger les moufles, l'autre pour en extraire les cendres ; elles peuvent se déplacer sur des voies parallèles aux façades des fours et prennent le courant électrique nécessaire au moyen de trolleys placés le long du mur du hall. La machine à charger (fig. 6) se compose d'un châssis A, avec plate-forme de manœuvre pour le conducteur, d'un châssis supérieur B, du réservoir C contenant la charge, des gouttières de chargement D. Le châssis supérieur B est mobile sur le châssis inférieur A, dans le sens perpendiculaire au déplacement de l'appareil, de telle sorte que les rigoles D, avec les vis d'Archimède qui se meuvent à l'intérieur, peuvent être introduites simultanément dans les moufles correspondants. On opère de la façon suivante : on introduit dans le moufle les rigoles D remplies de charge provenant du réservoir C et l'on met en mouvement les vis d'Archimède : elles se meuvent de l'avant vers l'arrière et chargent ainsi la moitié inférieure du moufle. Quand la rigole de charge est parvenue à l'extrémité postérieure du moufle (fig. 6), le mouvement change. Par ce mouvement rétrograde, les vis qui tendent à repousser la charge vers le fond du moufle remplissent la partie supérieure qui était restée vide ; la charge est aussi compacte qu'avec le chargement à la main. Aussitôt que les rigoles sont sorties du moufle, la charge est terminée et la machine est déplacée pour le chargement des moufles voisins. Sur une machine, il y a toujours plusieurs rigoles, ce qui permet de remplir simultanément de six à huit moufles et le remplissage de tous les moufles, d'un four exige relativement peu de temps.

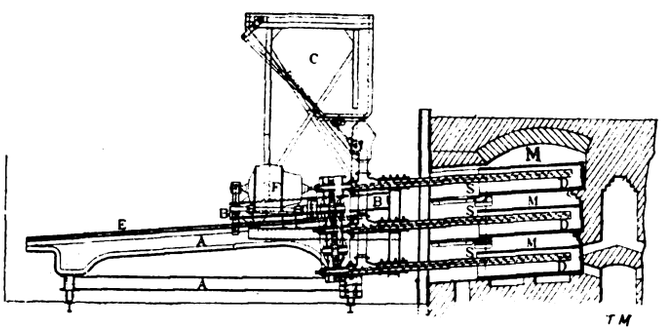


FIG. 6. — Chargeuse engagée.

La machine servant à extraire les cendres est construite de façon semblable. La figure 7 la représente au début du travail, quand elle se rend d'un four à l'autre. On extrait les résidus au moyen de vis construites pour résister à de hautes températures, que le machiniste introduit dans les moufles. Ces vis, amovibles à leur extrémité antérieure, peuvent être refroidies par une pulvérisation d'eau.

Une machine, en service ininterrompu pendant plusieurs mois sur un four de 240 moufles, et ne travaillant que sur une face, c'est-à-dire sur 120 moufles, les vide en trente minutes et les remplit en vingt : il faut donc quinze secondes pour vider un moufle et 10 secondes pour le remplir. Les travaux auxiliaires (tirer le zinc, enlever et replacer les allonges, changer les moufles avariés) augmentent naturellement cette durée et nécessitent le maintien d'une partie du personnel habituel. Cependant ce personnel peut être réduit de moitié, et l'on peut faire en cinq heures le travail qui, antérieurement, exigeait de huit à neuf heures.

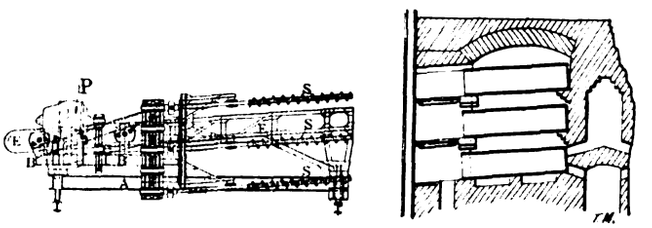


FIG. 7. — Défourneuse dégagée.

L'économie de main-d'œuvre, comparée aux dépenses résultant de l'entretien, de l'amortissement, des intérêts, de la force motrice pour la machine, est sensible. L'usure ne doit pas être plus grande que celle des outils de four utilisés pour le travail manuel. Les avantages principaux du chargement et du déchargement mécanique des moufles sont en résumé : 1° travail plus hygiénique ; 2° salaires moindres ; 3° diminution du temps de refroidissement préjudiciable aux fours ; 4° augmentation de la durée de distillation et amélioration du rendement en zinc ; 5° diminution des charges sociales proportionnelle à celle du personnel ; 6° surveillance plus facile.

La majorité des ouvriers a de vingt à vingt-cinq ans ; la proportion de malades la plus forte est fournie par les ouvriers de trente-cinq à quarante ans. En 1910, l'industrie du zinc proprement dite, en Haute-Silésie, occupait 5169 ouvriers, dont 1345 (25,7 °/₀) avaient dépassé la quarantaine, et 308 (5,6 °/₀) la cinquantaine.

CH. LORDIER,
Ingénieur civil des mines.

TEXTILE (INDUSTRIE)

Apprêts textiles imperméables.

Les propriétés générales du tissu, notamment l'entrelacement régulier des fils perpendiculaires de chaîne et de trame, sont si remarquables que, depuis des siècles, rien n'a été changé en principe à la texture des étoffes. Les Northrops du dernier modèle, d'un automatisme si perfectionné qu'un seul tisserand peut conduire quinze ou vingt métiers, diffèrent sans doute beaucoup du métier rustique de l'artisan arabe ou hindou : la contexture de l'étoffe produite est cependant analogue. Tel tissu retrouvé à Antinoë offre les mêmes variétés d'armures que la dernière création de l'industrie roubaisienne. Le tissu possède en effet les propriétés les plus remarquables : ténacité considérable, égale dans chaque sens à la résistance de tous les fils constituants ; plasticité, l'étoffe pouvant être pliée, allongée ; solidité au frottement et au lavage, enfin pouvoir isolant réglable à volonté selon le genre de fabrication. Mais il lui manque une qualité parfois indispensable : l'imperméabilité. Pendant longtemps le tissu n'a toujours remplacé qu'imparfaitement la peau de bête, seule employée avant son invention. Aussi, dès la naissance de l'industrie textile moderne, s'efforça-t-on de donner aux tissus, au moyen d'un apprêt convenable, cette imperméabilité si utile pour certaines applications.

On n'applique en réalité que quelques-uns des nombreux procédés modernes d'imperméabilisation des étoffes, plus ou moins brevetés ou décrits par les divers auteurs. La technique de cette industrie n'a pris que récemment une grande extension, car les véritables apprêts imperméabilisants sont surtout employés pour les tissus rentrant dans la fabrication des bandages pneu-

Digitized by Google

matiques, des aérostats et des aéroplanes. La nouveauté de ces usages fait que les procédés modernes d'imperméabilisation sont fort peu connus; aussi étant donné l'importance et l'intérêt de ces applications, le moment nous a-t-il semblé opportun de leur consacrer cette courte monographie.

Les apprêts textiles imperméables peuvent être classés rationnellement en deux groupes. Le tissu peut être rendu impénétrable aux liquides seuls, la perméabilité à l'air et au gaz étant conservée. Les apprêts *hydrofuges* donnent aux tissus ces propriétés, précieuses au point de vue hygiénique quand il s'agit de vêtements : l'aération est alors assurée et le pouvoir isolant thermique intégralement conservé. Par contre, l'hydrofugation n'est jamais absolue et les tissus ainsi apprêtés finissent par se laisser pénétrer par une longue pluie ou sous une pression un peu forte. Au contraire, l'étoffe véritablement *imperméable* ne se laisse pénétrer ni par le gaz ni par les liquides; ceci n'est pas non plus absolu en ce qui concerne certains gaz qui traversent toujours un peu. Les pèlerines caoutchoutées, les suroits goudronnés des marins, les étoffes vernies pour engins aériens sont des types de tissus imperméables.

Apprêts hydrofuges. — Tout le monde a pu constater que certains corps ne se laissaient pas mouiller : quoiqu'on fasse, leur surface paraît exercer vis-à-vis des liquides une sorte de répulsion, en sorte qu'il n'y a pas contact. Le fait est aisé à constater avec les ustensiles de verre des laboratoires, par exemple, qui se laissent très bien mouiller quand ils sont propres, en sorte qu'un tube rempli d'eau provoque la formation d'un ménisque concave. Au contraire, si le tube est sali à l'usage par un mince enduit de matière grasse, le ménisque devient convexe, comme s'il s'agissait de mercure et non d'eau. Ce phénomène se produit quand la laine du mouton ou les plumes du canard arrivent au contact de l'eau : elles ne se laissent pas mouiller. La préservation est d'ailleurs relative et, dans certaines circonstances, l'eau pénètre finalement; l'exemple du canard se noyant, parce que ses plumes sont mouillées, est classique.

C'est pourquoi on n'emploie guère les graisses pour rendre les tissus hydrofuges; d'ailleurs, elles adhéreraient mal aux fibres et produiraient des taches grasses à la longue. Cependant, on a préconisé l'emploi de la paraffine, en raison de la consistance de cette matière qui, appliquée sous forme de dissolution dans l'essence de pétrole, pénètre la masse du tissu et se fixe assez solidement aux fibres par évaporation. Ce procédé n'est plus employé par suite du toucher « gras » des tissus ainsi apprêtés, et de la forte quantité de paraffine nécessaire à une hydrofugation efficace.

Une méthode permettant d'obtenir beaucoup plus élégamment une action hydrofuge de même genre, consiste à fixer des matières grasses à l'état insoluble sous forme de composés ne tachant pas, ne donnant pas le toucher gras aux tissus, et jouant en outre un rôle antiseptique souvent avantageux : ces substances sont les savons métalliques.

Apprêts hydrofuges aux savons métalliques. — On a proposé l'emploi d'un grand nombre de ces savons; mais en fait, on utilise presque exclusivement les savons alumineux et cupriques. Les premiers sont bon marché, les seconds, plus chers, colorent les tissus en vert et les rendent imputrescibles. Le savon d'alumine est toujours formé sur la fibre même, plongée d'abord dans un bain d'alun, de sulfate ou d'acétate d'alumine, puis dans un bain de savon de Marseille ou de savon de colophane. Pour le traitement des effets, les teinturiers emploient l'alun; industriellement, on prépare le sulfate d'alumine, en solution aqueuse à 10 %, dont l'acidité libre aura été neutralisée. Les pièces à apprêter sont déroulées à plat dans des jiggers (fig. 1); il est bon de les passer d'abord en acide acétique faible pour faciliter l'imprégnation; on entre ensuite à chaud (50°C) dans le liquide alumineux, puis on essore entre des cylindres et on traite par le bain savonneux. Si l'étoffe est teinte en nuance foncée, on peut employer les savons de colophane du commerce; pour les tissus blancs ou de teintes claires, on prépare le savon par ébullition de poids égaux de colophane blonde et de carbonate sodique cristallisé (dans cinq fois leur poids d'eau). Les bains sont employés à concentration de 3 à 5 kgr. par hectolitre. On renouvelle deux ou trois fois le cycle des traitements. Après ce dernier essorage, on sèche à air libre ou dans des hot-flues peu chauffés : l'emploi des machines à cylindres chauffés à la vapeur provoquerait une décomposition du savon avec dépôts irréguliers d'alumine.

Les savons de cuivre servent à l'apprêt des toiles vertes à bâches et à tentes, très employées dans les campagnes et par les forains. Le tissu à apprêter est passé au bain de savon concentré (20 %), essoré entre des rouleaux, immergé dans une solution de sulfate cuprique à 5-8 %, après quoi on essore et on sèche. La quantité de cuivre ainsi fixée varie, pour les étoffes usuelles, de 30 à 50 gr. par mètre carré. Souvent, on ajoute au bain de savon un peu de cire ou de matières grasses, qui donnent de la souplesse et aident à l'hydrofugation. Parfois, on combine à l'action du cuivre celle de l'alumine, en foulardant par exemple dans un bain d'acétate d'alumine à 6° B, auquel on ajoute 5 à 10 gr de sulfate cuprique par litre, puis on continue comme dans le procédé habituel aux savons d'alumine.

Il n'est pas indispensable de précipiter les composés alumineux à l'état de savons pour leur donner le pouvoir d'ôter aux masses fibreuses textiles leur affinité pour l'eau. Plusieurs

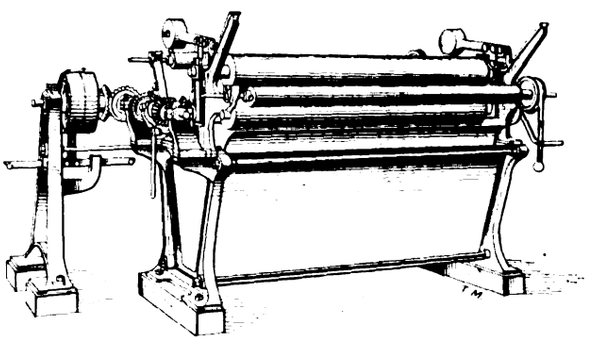


Fig. 1. — Jigger pour l'imprégnation des pièces de tissu.

sels solubles d'alumine exercent cette action hydrofuge assez souvent mise à profit industriellement.

Hydrofugation par l'acétate et le tannate d'alumine. — De tous les procédés d'apprêt hydrofuge, celui à l'acétate alumineux est le plus simple et le plus commode à appliquer : il suffit de plonger l'étoffe, voire le vêtement confectionné, dans un bain d'acétate à 8° B étendu de vingt fois son volume d'eau, d'essorer légèrement et de laisser sécher. L'apprêt, qui n'est pas si solidement fixé que par une précipitation sous forme de savon, résiste pratiquement assez bien et peut même être lavé plusieurs fois sans perdre ses propriétés. Il subit d'ailleurs une modification moléculaire, la dessiccation provoquant la transformation de l'acétate en sous-acétate.

Après nombreux essais comparatifs, l'intendance militaire française a adopté ce procédé, sur la proposition de M. Balland, pour l'apprêt de toiles de tente et de capotes de drap employées à titre d'essai dans quelques compagnies, où elles ont donné de fort bons résultats. Jacquelain a montré qu'un drap apprêté à l'acétate d'alumine, puis exposé à la pluie, ne fixait qu'environ le quart du poids d'eau absorbé, dans les mêmes conditions, par le même tissu non hydrofugé.

Au lieu d'employer l'acétate du commerce, on peut préparer le composé par double décomposition avec de l'alun et de l'acétate de plomb. Le procédé Thieux-Balard-Alcan, très employé autrefois, consistait à mélanger des volumes égaux de sulfate d'alumine à 2,5 % et d'acétate de plomb à 5 %, en ajoutant un peu de colle de Flandre, pour faciliter l'imprégnation et l'adhérence. On obtient industriellement de forts bons résultats pour

Digitized by Google

l'apprêt des cotonnades, en foulardant à plusieurs reprises dans un bain contenant 80 litres d'eau bouillante, 25 kg d'alun pulvérisé et 18 kg d'acétate de plomb en poudre; on agite, on décante et on ramène à 8° B avec les eaux de lavage du précipité.

Quelle que soit la composition des bains, on doit finalement essorer légèrement les tissus, puis les faire sécher à basse température, de préférence à l'air libre.

Les apprêts au tannate d'alumine, appliqués principalement sur toiles cachous pour campement, se comportent mieux à l'humidité que ceux à l'acétate. On les obtient par des passages répétés au jigger dans un bain de tannin (extrait d'écorces de chêne dilué à 6° B), en évitant tout contact avec des pièces de fer, ce qui produirait des taches pratiquement indélébiles. On sèche en déroulant les pièces dans une chambre chauffée, on les passe dans une solution d'acétate d'alumine à 6° B, et, après essorage, on les soumet à l'action d'un bain adoucissant (4 litres d'eau, 20 kg de savon, avec addition éventuelle d'un peu de gomme, de graisse, etc.)

Bien d'autres procédés peuvent encore servir à l'hydrofugation des tissus : matières grasses consistantes comme la paraffine, oléates, résinates de zinc, savons métalliques, et sels alumineux divers, etc... Il ne faut se faire aucune illusion sur la valeur pratique des multiples brevets concernant toutes ces méthodes : ils ne sont pas appliqués industriellement, soit en raison de l'inefficacité de l'apprêt qu'ils procurent, soit parce que le prix de revient est trop élevé (1).

Apprêts imperméables. — Depuis le vernis employé par Conté pour les tissus à ballons captifs des armées de la Convention, jusqu'à la feuille de caoutchouc de Makintosch, des centaines de procédés ont été préconisés pour imperméabiliser les étoffes, tant pour la fabrication des vêtements imperméables à la pluie que pour les tissus imperméables aux gaz, qui constituent les parois des ballons et garnissent les ailes d'aéroplanes. Les agents principaux d'imperméabilisation sont les matières grasses siccatives et les résines diverses appliquées en solution sous forme de vernis, le caoutchouc laminé ou dissout, la gélatine et la caséine.

Imperméabilisation par les matières grasses et par les vernis. — On imprègne l'étoffe d'huile de lin, mélangée d'un peu de siccatif tel que la litharge ou l'acétate de plomb (25 à 50 gr par kg), on l'essore et on l'expose à l'air; on obtient ainsi une imperméabilisation excellente, l'huile oxydée formant une pellicule impénétrable « armée » par les fils du tissu. Les tissus apprêtés de la sorte sont raides, et on ne les emploie que pour les bâches ou pour les suroits des marins. Pour assouplir l'apprêt, on mélange l'huile de lin avec des matières grasses diverses, du caoutchouc, etc. Les formules de mélanges sont extrêmement nombreuses et comportent assez souvent des pigments colorés et des matières de charge. On est limité dans leur élaboration par la solubilité dans l'huile des divers constituants, et on ajoute souvent aux masses une grande quantité d'un véhicule volatil capable de les dissoudre; sa fluidité facilite l'application et il disparaît finalement par évaporation. En fait, il s'agit ici d'un vernis, mais il existe une infinité d'autres mixtures, le plus souvent à base de sulfure de carbone ou de benzines de pétrole. Un mélange donnant pratiquement d'assez bons résultats se compose de benzine (300 kg), d'huile de lin (200 kg), de caoutchouc (50 kg) et de noir animal (25 kg).

Le caoutchouc, en raison de son impénétrabilité, de son élasticité et de sa souplesse joue le rôle principal comme constituant de ces vernis. Actuellement, après essais, on le préfère à tous les autres produits et les procédés d'imperméabilisation aux huiles siccatives sont très peu employés; au contraire, le gommage à base de caoutchouc est industriellement le plus important de tous les procédés d'obtention des apprêts hydrofuges et imperméables.

Tissus gommés pour bandages pneumatiques. — Les enveloppes des chambres à air destinées à « boire l'obstacle » pour amortir les secousses violentes que subissent les véhicules routiers à grande vitesse, sont renforcées par plusieurs « fortes toiles » noyées dans la masse du caoutchouc. Ces toiles, en coton de première qualité, très retors et tissé peu serré, opposent une grande résistance à la pénétration accidentelle des objets capables de détériorer les bandages. Pour que l'adhérence à la masse de gomme de l'enveloppe soit suffisante, il est indispensable d'apprêter au préalable le tissu avec une dissolution de caoutchouc.

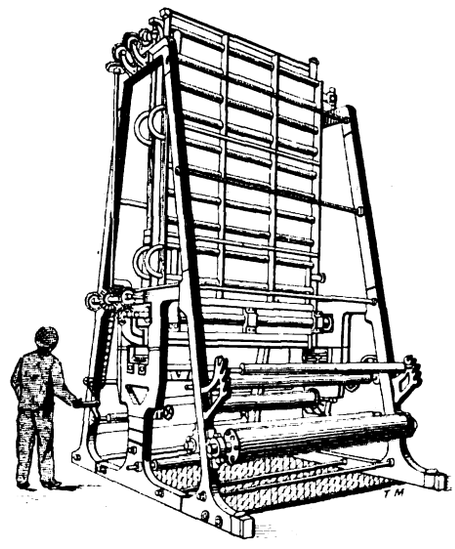


Fig. 2. — Spreader à table verticale pour plaquer les apprêts caoutchoutés.

Cet apprêt consiste à appliquer sur le tissu une masse épaisse de gomme dissoute habituellement dans le benzol, substitué maintenant presque partout au sulfure de carbone employé autrefois. Avec une râcle, on enlève l'excès d'apprêt et on régularise la couche qui doit rester mince pour adhérer fortement; la pièce est ensuite déroulée au-dessus d'une table métallique creuse, chauffée par injection de vapeur : après évaporation du solvant, on peut appliquer une nouvelle couche d'apprêt. Dans les récentes installations de gommage, des dispositifs à aspiration d'air avec réfrigération ultérieure permettent, non seulement d'enlever les vapeurs benzéniques dangereuses à respirer, mais de récupérer une forte proportion de solvant réutilisable. Les *spreaders* ou machines à plaquer l'apprêt, à table chauffante horizontale ou verticale (fig. 2) ont un faible encombrement. En outre, les appareils verticaux permettent d'effectuer simultanément le gommage des deux côtés d'une étoffe. La solution appliquée à l'état de pâte, amenée en mince couche régulière par une râcle, chemine de chaque côté de la table à vapeur du spreader (chauffée vers 75° C.) et vient finalement s'enrouler sur une ensouple inférieure.

Pour préparer les solutions de gommage, on lamine du caoutchouc, déchiqueté et lavé, en une feuille très mince (1 mm d'épaisseur environ), que l'on met dans un malaxeur avec une quantité de benzine de pétrole suffisante pour donner une pâte fluide et des proportions diverses de « factices », de charges, de colorants, de vulcanisants, etc.

Finalement, on vulcanise après avoir pressé le tissu pour assurer sa parfaite imperméabilité, et on le double en appliquant fortement une étoffe. Quand on opère à chaud, le tissu, enroulé sur un cylindre, et saupoudré de talc pour éviter les collages, est chauffé à l'autoclave pendant quelques heures. Pour la vulcanisation à froid, préférée pour le traitement de certains tissus fragiles, on emploie une solution de chlorure de soufre dans le sulfure de carbone (5 °/₀); le bain est contenu dans un bac doublé de plomb; la pièce en se déroulant fait tourner un cylindre : il y a entraînement du liquide qui arrive en quantité suffisante au contact de l'étoffe.

Tissus caoutchoutés par calandrage. — L'imperméabilisation au

(1) Cf. pour le détail d'application des procédés et l'énumération de toutes les méthodes brevetées, notre étude sur « Les apprêts hydrofuges », *Revue Générale de Chimie* (1910).

Digitized by Google

caoutchouc par gommage coûte cher; de plus, la dissolution altère toujours un peu la qualité des gommes. Chaque fois qu'on le peut faire, et que l'imprégnation absolument intime du tissu n'est pas indispensable, on opère, non par gommage, mais par calandrage, en laminant simplement une feuille de caoutchouc avec l'étoffe à imperméabiliser (procédé Besson, 1793).

On lamine en feuille très mince un « mélange » convenable à base de gomme épurée, de factices régénérées, de pigments et de soufre. Cette feuille est appliquée sur le tissu par l'action de calandres exerçant une forte pression avec rouleaux chauffés à la vapeur. Ramollie par la chaleur, la masse gommeuse pénètre dans l'étoffe à laquelle elle est désormais solidement fixée. Finalement, on vulcanise par un des procédés connus.

Qu'elles soient gommées au spreader ou à la calandre, les étoffes caoutchoutées peuvent être composées de plusieurs couches de tissus et d'imperméabilisants, puis finalement vernies. C'est ainsi que sont faites les étoffes employées à la confection des dirigeables. La différence entre ces divers types provient surtout du sens de superposition des étoffes placées toutes deux soit de même façon (type français), soit diagonalement (type allemand); des essais d'éclatement de ballons faits par M. Surcouf, il résulte que ce dernier dispositif n'améliore pas la résistance à la rupture et donne des déchirures irrégulières, difficilement réparables. Les tissus imperméabilisés au caoutchouc, pour engins aériens, doivent être extérieurement protégés par une couleur absorbant la lumière ultra-violette, qui altère rapidement la gomme; on les apprête, selon les cas, tantôt au spreader, tantôt à la calandre.

Imperméabilisation par la gélatine, l'albumine et la caséine. — Ces matières, insolubilisées par simple coagulation, ou par modification moléculaire, deviennent élastiques et impénétrables à l'eau, et peuvent servir à l'imperméabilisation des tissus. Notons toutefois que ces procédés sont fort peu employés en raison de leur efficacité incomplète. Un bain de gélatine, puis un bain de bichromate de potasse ou d'alun de chrome, agissant successivement sur une étoffe, l'imperméabilisent assez bien. On apprête ainsi à la gélatine certaines soieries. Parmi les matières azotées animales, on emploie surtout la caséine pour imperméabiliser les étoffes. La caséine alcalinisée par la chaux, l'ammoniaque, le borax, est dissoute dans l'eau; on en imprègne les étoffes, puis on fixe dans un bain de tannin ou d'acide acétique. Les apprêts obtenus de la sorte sont, d'ailleurs, à vrai dire, plutôt hydrofuges qu'imperméables.

A. CHAPLET.

TRANSPORTS (INDUSTRIE DES)

Automotrices à accumulateurs avec moteurs sur chaque roue.

Ce type de véhicule résulte d'une modification apportée aux lourdes voitures de la Compagnie de construction de véhicules industriels de Philadelphie. Chaque roue est actionnée individuellement par un moteur indépendant des trois autres.

Les avantages principaux de ce système sont les suivants :

1° Réduction de la consommation d'énergie par suite de la réduction des efforts à vaincre, dans les courbes notamment;

2° Moindre importance des effets dus aux courbes et inégalités de la voie, et, par conséquent, amoindrissement de l'usure des rails et des roues;

3° Possibilité de coupler en série les quatre moteurs au démarrage, d'où réduction des pertes sur les résistances extérieures.

Les moteurs fonctionnent sous 100 volts et absorbent 22 ampères; ils sont enfermés dans une cuirasse hermétique; le pignon, monté sur l'axe, engrène par un engrenage triple avec le moyeu; les engrenages tournent dans un bain d'huile; le pignon central porte une tige passant dans l'axe creux du moyeu et se termine par une portée carrée (fig. 1).

Dans le moyeu est monté un palier à billes; sur la face opposée à celle contenant ce palier vient se fixer l'écrou s'adaptant sur la portée carrée; le changement d'une roue ou d'un moteur peut ainsi se faire très rapidement en dévissant l'écrou du moyeu.

Par suite du peu de place occupée par le mécanisme, et de l'absence de chaînes ou engrenages dans la partie centrale entre les roues, la fixation des caisses renfermant les batteries est chose très facile, et le changement des éléments peut être rapidement fait; avec quelques batteries en réserve, une voiture peut circuler pendant dix-huit heures consécutives.

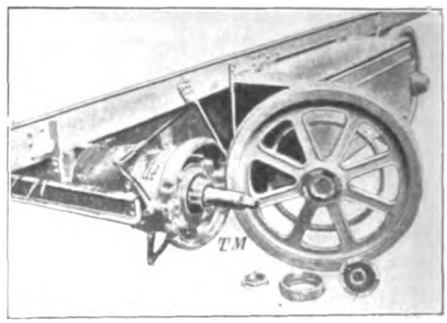


FIG. 1. — Dispositif d'une des roues de l'automotrice.

Enfin, la disposition des accumulateurs sous la caisse, permet d'éviter les éclaboussures d'acide, ou, tout au moins, de limiter leur action aux parois du coffre contenant les éléments; de plus, les voyageurs ne peuvent être incommodés par les émanations gazeuses.

Une voiture contient vingt-huit places; son poids est de 6 t réparties comme suit :

Châssis, moteur, coffre de la batterie et contrôleur	2 265 kg
Caisse de la voiture	1 900
Roues	156
Batterie (50 éléments de 34 kg)	1 700

Les accumulateurs sont du type Gould, d'une capacité de 520 ampères-heures; ils permettent une utilisation de 80 à 112 km par jour avec une consommation de 330 à 400 ampères-heures.

Pour sept journées d'expériences, les résultats obtenus ont été les suivants :

	VOITURES-KIL.	AMP-H	AMP-H par kil	WATT-H par kil
	—	—		
1	82,07	330	4,014	401,4
2	82,07	336	4,101	410,1
3	82,07	360	4,375	437,5
4	82,07	336	4,101	401,1
5	98,16	384	3,915	391,5
6	106,21	390	3,666	366,6
7	107,82	378	3,505	350,5

A. S.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Les murs de quai du Port de Bordeaux.

Les travaux d'extension du port de Bordeaux, projetés ou exécutés depuis vingt-cinq ans (allongement des appontements de Queyries, quais du bassin à flot n° 2, quai de Bourgogne, quais des Chartrons et de Bacalan), ont tous exigé une étude très minutieuse du problème de la fondation des murs de quais dans des terrains présentant une épaisse couche de vase.

Les terrains de fondation, en eux-mêmes, peuvent tous se ramener à un type unique comprenant une épaisse couche d'alluvions argileuses, des sables et des graviers, isolés ou mélangés, purs, argileux ou vaseux, des marnes vertes compactes et, parfois, blanchâtres.

En rivière, la couche supérieure est formée d'alluvions anciennes, assez résistantes par suite de leur compression et de la présence de sables et de graviers, surmontées d'alluvions récentes fluides et sans consistance; l'épaisseur des deux couches est de 9 à 12 m.

Digitized by Google

Dans la région dite des « Marais de Bordeaux », où a été creusé le bassin à flot n° 2, les alluvions fluides disparaissent, et l'on ne rencontre guère que des terrains analogues aux alluvions inférieures de rivière, de 7 à 9 m d'épaisseur, permettant d'asseoir des charges de 0 kg 500 par cm².

Ces constitutions différentes du sol ont eu pour résultat que les murs des quais de Bordeaux ont 20 à 25 m de hauteur, en rivière seulement, et 16 à 17 m de hauteur dans les marais.

Pour les murs en rivière, il a fallu tenir compte, en plus de la résistance propre du sol de fondation, des efforts considérables exercés par les navires sur leurs poteaux d'amarrage, sous l'influence du courant, dont la vitesse par seconde varie de 1m,50 à 4 m. La profondeur au pied des quais doit permettre l'accostage de navires de 8m,50 de tirant d'eau; grâce à la couche de vase fluide les navires trouvant aisément une souille de 1m,50 à 2 m de hauteur, il a suffi, en rivière, de donner une profondeur de (— 7) au pied des quais; dans les bassins, où le plan d'eau est, au minimum à (+ 4 50), une profondeur de (— 5) était suffisante.

En certains points particuliers, notamment aux quais des Chartrons et de Bacalan, aux appontements de Queyries, la cote de (— 7) a pu ou a dû être réduite à (— 6) et à (— 4), en raison de circonstances exceptionnelles.

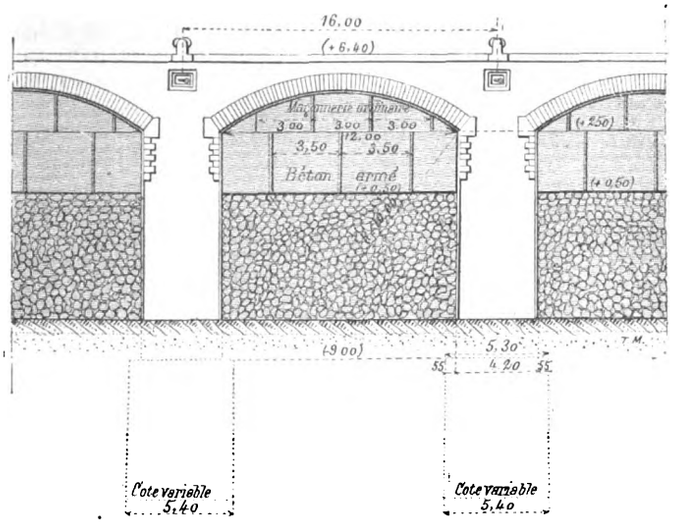


Fig. 1. — Quai de Bourgogne (*Élévation*).

En plan, le tracé des quais a été déterminé par les dispositions que la nature et l'importance du trafic imposaient aux voies ferrées ; sur la rive droite, aux appontements de Queyries, toute la largeur du terre-plein est occupée par les voies ferrées; les terrains voisins desservis par des embranchements particuliers servent pour les dépôts de marchandises, circonstance qui a permis de réduire considérablement les surcharges.

Généralement, en raison de la mauvaise qualité des couches supérieures du terrain, il a fallu établir les quais sur voûtes; la partie supérieure de l'ouvrage qui prend appui sur des supports isolés, avec fondations discontinues, supporte la voie des grues et constitue le poste d'amarrage des navires; les remblais entre supports sont maintenus par des ouvrages secondaires (fig. 1).

Cette disposition en viaduc présentait, par rapport au mur continu, le double avantage d'être plus économique et tout au moins aussi, sinon plus stable, en raison de la réduction des poussées exercées par la masse fluide sur les fondations.

Aux quais de Bacalan, des Chartrons et de Bourgogne, l'ouverture des voûtes est de 12 m avec surbaissement de 1/6; au bassin à flot n° 2, l'ouverture est de 12m,50, et le surbaissement de 1/4 (fig. 2); aux appontements de Queyries, l'ouverture est de 8m,50, et le surbaissement de 1/6.

La largeur des piles aux naissances est de : 4 m pour les quais de rive gauche, 3m,50 au bassin à flot n° 2, et 3m,25 aux appontements de Queyries.

Dans les murs sur voûtes de grande longueur, on a intercalé des piles-culées, distantes de 200 à 270 m sur les quais de la rive gauche, de 100 m au bassin à flot n° 2, et de 50 m aux appontements de Queyries.

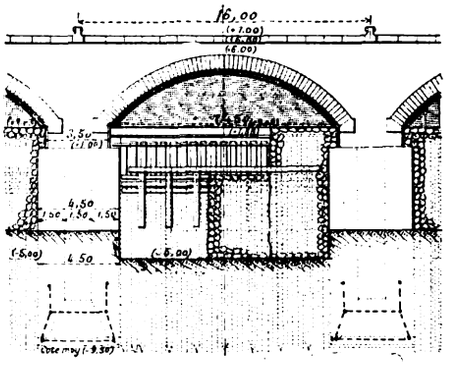


Fig. 2. — Quai du bassin à flot n° 2 (*Élévation*).

Les viaducs des différents quais présentent des caractéristiques distinctes au point de vue de la stabilité transversale et de la résistance à la poussée des terres.

Aux quais des Chartrons et de Bacalan, dont la longueur est 1 512 m, les piles et les culées ont été fondées à l'air comprimé, dans la marne verte; les terres sont maintenues par une digue d'enrochements établie dans une fouille importante.

Le quai de Bourgogne a été construit suivant le même principe, mais on a cependant établi une complète indépendance entre la digue en enrochements, surmontée d'un contre-mur, et le viaduc (cette solution avait d'ailleurs été adoptée en partie pour les quais des Chartrons et de Bacalan). Ce résultat a été obtenu en donnant une stabilité propre à la digue de retenue des terres.

Pour les quais du bassin à flot n° 2, les assises du viaduc comportent, à leur partie inférieure, des rouets métalliques remplis de béton de ciment, au-dessus desquels sont établies les maçonneries constituant la chambre de travail, hourdées au mortier de ciment et renforcées par des ancrages verticaux; la hauteur des puits est généralement de 10m,50; les chambres de travail sont remplies de béton à l'air comprimé.

Le contre-mur de retenue fondé sur pieux battus, a été rendu aussi léger que possible, grâce à l'emploi du béton armé; il est constitué par un masque vertical et par une semelle à peu près horizontale, reliés par des contreforts (fig. 3), noyés dans un massif d'enrochements; le mur de masque est distant de 0m,20 du viaduc.

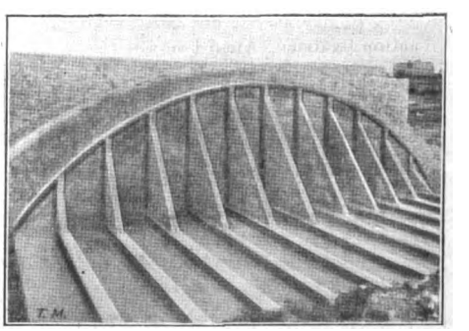


Fig. 3. — Mur de masque en béton armé du bassin à flot n° 2.

Aux appontements de Queyries, les fondations ont été établies sur pieux; pour éviter les mauvais résultats qu'avait donnés ce mode de fondation sur la Garonne, on a séparé par un intervalle de plusieurs mètres et rendu nettement indépendants le viaduc et la chaussée d'arrière, limitée par un mur de soutènement; un plancher recouvre l'intervalle.

D'une manière générale, on voit que tous les quais de Bordeaux, construits depuis vingt-cinq ans, ont été édifiés sur des fondations discontinues, avec indépendance entre les viaducs de bordure et les ouvrages de retenue des terres ; lorsqu'on a dû faire usage des fondations sur pieux, pour éviter l'effet des poussées horizontales sur le viaduc, on a rendu cette indépendance complète.

A. S.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AGRONOMIE

Etude agrologique du manganèse. — Depuis les recherches bien connues de M. Gabriel Bertrand, l'emploi du manganèse comme engrais a été l'objet de nombreux essais culturaux; mais l'étude agrologique de cet élément paraît ne pas avoir été abordée d'une façon systématique. C'est cette étude que l'auteur s'est proposé de faire, en recherchant ce que devient le manganèse introduit dans le sol à l'état de sels manganeux.

En suivant la méthode employée par Brüstlein pour les sels ammoniacaux, on constate facilement le pouvoir absorbant du sol vis-à-vis des sels de manganèse. On a obtenu les résultats suivants :

	Mn^3O^4 fixé par 50 gr de terre	
	A	B
	gr	gr
Terre de jardin contenant 85 °/₀₀ CaO . . .	0,161	0,163
Terre de prairie — 19 — . . .	0,153	0,159
Terre en friche — 5 — . . .	0,097	0,103

Les divers éléments constituants du sol n'ont pas la même influence sur ce pouvoir absorbant :

I. Le sable siliceux n'a aucune action.

II. Le calcaire est fortement attaqué à froid par les solutions de sulfate ou de chlorure manganeux : l'acide reste intégralement en solution et le calcium dissous remplace le manganèse insolubilisé dans le rapport des poids atomiques.

Par exemple, 1 gr de carbonate de chaux pur est mis pendant 9 jours au contact de 100 cm³ d'une solution à 1 °/₀ environ de $MnCl^2$.

	Mn^3O^4	CaO	HCl
	gr	gr	gr
Liquide témoin	0,590	0,000	0,559
Liquide filtré après contact. .	0,089	0,370	0,559

Le calcaire a précipité 0 gr 501 Mn^3O^4 et le rapport $\frac{\text{Mn précipité}}{\text{Ca dissous}}$ = 1,37; la théorie indique 1,375.

III. L'humus ne joue aucun rôle dans la fixation du manganèse. La tourbe et le terreau naturels peuvent, il est vrai, le précipiter grâce au calcaire qu'ils renferment. Mais en opérant sur ces substances débarrassées de calcaire par un acide, on ne constate plus d'action fixatrice. Ainsi l'on a :

	Liquide filtré		Mn^3O^4 fixé	Rapport $\frac{\text{Mn précipité}}{\text{Ca dissous}}$
	Mn^3O^4	CaO		
	gr	gr	gr	
Avant contact	0,476	0,000	»	»
Après contact (terreau natur.	0,276	0,116	0,200	1,7
Après contact (terreau lavé .	0,476	0,000	0,000	»

IV. Une argile naturelle, prise à l'état de terre glaise, a nettement réagi sur la solution de SO^4Mn :

	Mn^3O^4	CaO	SO^4H^2
	gr	gr	gr
Liquide filtré (avant contact	0,282	0,000	0,302
Liquide filtré (après contact	0,150	0,026	0,296

Ces chiffres donnent pour le rapport $\frac{\text{Mn précipité}}{\text{Ca dissous}}$ la valeur 5,04. L'argile a donc une action propre, indépendante de la présence du calcaire.

La terre jouissant de la faculté de fixer les sels manganeux, on ne doit trouver que de faibles quantités de cet élément en dissolution dans l'eau du sol. En effet, le lavage de 2 kg de terre par 9 l d'eau a donné 17 mg Mn^3O^4, soit 8 mg 5 de Mn^3O^4 soluble par kilogramme; cette terre contenait cependant 1 gr 45 Mn^3O^4 par kilogramme. L'eau légèrement acidulée dissout un peu plus de manganèse : 0 gr 037 à 0 gr 088 Mn^3O^4 par kilogramme, suivant les terres.

Aussi les eaux de drainage ne contiennent-elles que de faibles proportions de manganèse, 0 mgr 25 à 0 mgr 5 Mn^3O^4 par litre. Elles ne sont pas enrichies par l'addition au sol de sulfate de manganèse. En effet, on a recueilli pendant un an deux eaux de drainage sous deux allonges également arrosées, et contenant chacune 10 kg de la même terre. L'une des allonges avait reçu 0 gr 500 SO^4Mn par un arrosage superficiel; dans l'autre allonge, la terre n'avait subi aucune addition. Seul l'acide sulfurique a passé dans l'eau de drainage, mais non le manganèse correspondant.

En résumé, la terre arable insolubilise et retient le manganèse d'une façon analogue à celle dont elle absorbe l'ammoniaque, la potasse et l'acide phosphorique.

(Note de M. *P. Notin*, présentée par M. A. Müntz à l'Académie des Sciences, 2 décembre 1912.)

CHIMIE

Sur l'acétate de cellulose. La découverte de l'acétylation de la cellulose au moyen d'anhydride acétique additionné d'une petite quantité d'acide sulfurique, faite par Franchimont, il y a une trentaine d'années, a été le point de départ de l'industrie actuelle de l'acétate de cellulose.

Tout l'acétate de cellulose fabriqué aujourd'hui est obtenu par des méthodes qui sont fondées sur cette découverte, et qui ne diffèrent que par la nature de la cellulose employée, la nature et la quantité de l'agent de condensation, la durée et la température de la réaction.

Jusqu'à 1905, on ne connaissait l'acétate que sous forme grenue, amorphe, tel qu'on l'obtient par précipitation de la solution acétique. On est parvenu à fabriquer de l'acétate de cellulose conservant la structure primitive de la matière première, en faisant l'acétylation dans un bain ne dissolvant pas l'éther acétique. Le produit obtenu est plus solide que par l'ancien procédé.

La méthode consiste à traiter le coton — nettoyé et blanchi avec soin pour ne pas affaiblir la fibre — par de l'acide acétique, de l'eau et un agent de condensation comme l'acide sulfurique, dans des conditions telles qu'une molécule d'eau se fixe à six molécules de cellulose (en admettant la formule $C^{12}H^{10}O^5$). Après élimination de l'excès de réactifs, on procède à l'acétylation dans un bain contenant de l'anhydride acétique et un modérateur, de la benzine, ordinairement; l'opération est conduite de façon à obtenir un triacétate de solubilité et de viscosité données; l'acétylation exige au moins huit heures et même dix-huit pour avoir de bons résultats. On élimine le mélange de benzine et d'acide acétique, on lave à fond l'acétate de cellulose, et on sèche. 100 parties de cellulose doivent fournir 178 parties de triacétate.

Les dissolvants employés pour les applications de l'acétate de cellulose sont les phénols et les combinaisons chlorées (chloroforme et tétrachloracétylène); les alcools éthylique et méthylique ne sont pas des solvants de l'acétate, mais ils facilitent l'action des dissolvants chlorés; l'alcool méthylique diminue la viscosité de la solution, de sorte qu'il permet d'obtenir des liqueurs concentrées encore fluides. Le phénol est le dissolvant le plus énergique; conviennent également : le crésol, le thymol, le gaïacol, le carvacrol, la résorcine. Le pouvoir dissolvant d'un phénol se mesure à la quantité de benzine qu'on peut ajouter à la solution sans amener la coagulation.

Les autres dissolvants qu'on peut mentionner sont : l'acide formique, l'acide acétique, la pyritine, l'aniline, le lactate et le formiate de méthyle, l'acétylacétate de méthyle et d'éthyle. L'acétone se comporte d'une façon remarquable : si l'acétylation a eu lieu en présence d'une petite quantité de l'agent de condensation (SO^4H^2), l'acétate est généralement faiblement soluble dans l'acétone; pour de plus grandes quantités de SO^4H^2, la solubilité augmente.

Indépendamment de la fabrication des explosifs, on peut employer l'acétate de cellulose pour la fabrication de tous les objets pour lesquels on se sert de nitrocellulose : il présente sur ce dernier l'avantage de brûler plus lentement. Si les films cinématographiques en celluloïd ne sont pas complètement remplacés par des films en acétate de cellulose, il faut surtout en voir la raison dans ce fait que c'est une industrie monopolisée par quelques grosses maisons. Il sert depuis dix ans comme isolateur pour les fils très fins, emploi

Digitized by Google

auquel il convient mieux que la nitrocellulose, à cause de sa plus grande résistance à l'élévation de température.

L'acétate de cellulose convient parfaitement pour la fabrication de la soie artificielle.

(Communication de M. *Harry Mork*, VIIIe Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre.)

ÉLECTRICITÉ

Sur un galvanomètre amorti à aimant mobile. — On peut considérer un galvanomètre comme un moteur de très faible puissance, dont le travail est employé à tordre le fil de suspension. L'unité angulaire de déviation (1 mm sur une échelle à 1 m) sera obtenue avec une dépense d'énergie électrique d'autant plus faible que le torque du fil sera moindre et que le rendement du moteur magnéto-électrique (aimant et bobine) sera lui-même plus élevé. Ce rendement est très élevé dans les galvanomètres à bobine mobile, mais le torque de la suspension est d'autre part toujours assez grand. Dans ces appareils, la sensibilité est limitée par l'amortissement, qui peut prendre une valeur excessive. Dans les galvanomètres à aimant mobile, au contraire, l'amortissement dû aux courants induits par les déplacements des aiguilles est toujours insuffisant et force à recourir à un amortissement auxiliaire.

Si l'on parvenait à augmenter l'amortissement propre du galvanomètre, en l'amenant à sa valeur critique, on augmenterait également la sensibilité ou, en d'autres termes, on diminuerait la dépense électrique nécessaire pour obtenir l'unité de déviation angulaire.

Dans tous les galvanomètres actuels à aimant mobile, le fil de la bobine entoure les deux pôles de l'aimant, de sorte que la spire

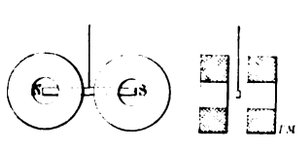


Fig. 1.

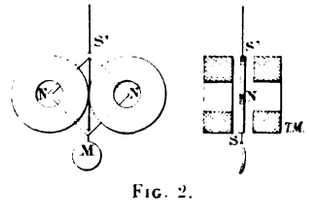


Fig. 2.

Fig. 1. — Schéma d'un galvanomètre amorti à aimant mobile.

Fig. 2. — Schéma d'un galvanomètre à équipage astatique, constitué par la réunion de quatre barreaux identiques réunis deux à deux par leurs pôles de même nom.

intérieure doit avoir au moins comme diamètre la longueur du barreau.

Il n'en est plus de même si l'un des pôles seulement est soumis à l'action de la bobine. Dans ce cas, on comprend facilement que, pour un déplacement donné du pôle, la variation de l'angle solide, sous-tendu par le pourtour du feuillet magnétique, est d'autant plus grand que ce feuillet est de plus petit diamètre. Il en résulte deux avantages immédiats : 1° L'augmentation de la force contre-électromotrice due au déplacement de ce pôle ; 2° La diminution de la résistance de la spire considérée. Ces deux causes font que, mise en court-circuit, la bobine se trouve parcourue, pendant le déplacement de l'aimant, par des courants assez intenses pour produire un amortissement important.

La réalisation de ces conditions peut s'obtenir simplement en plaçant chaque pôle de l'aimant suspendu entre deux parois de bobines plates assez rapprochées pour constituer sensiblement un solénoïde unique (fig. 1).

La figure 2 montre une des formes qu'on peut donner à un équipage astatique ; il est constitué par la réunion de quatre barreaux identiques réunis deux à deux par leurs pôles de même nom.

Un galvanomètre d'essai ainsi monté, donne 1 mm à 1 m pour un courant 8×10^{-10} ampères, la résistance des quatre bobines en série n'est que de 20 ohms. Chaque bobine dont le diamètre extérieur est de 12 mm porte 160 tours de fil de $0^{mm}.5$. La durée de l'oscillation est de 15 secondes. L'emploi d'une cuirasse et d'un fil de quartz permettra sans doute de perfectionner encore l'instrument.

(Note de M. *Ch. Féry*, présentée par M. Villard à l'Académie des Sciences, 18 novembre 1912.)

Électrodynamomètres à sensibilités multiples. — La multiplication des sensibilités, dans les instruments de mesures électriques, a donné lieu à de nombreuses recherches, principalement pour la catégorie d'instruments dits de contrôle, c'est-à-dire destinés aux mesures extérieures des réseaux, par conséquent essentiellement variables au point de vue des ordres de grandeurs. En courant continu, l'obtention de la sensibilité est difficile ; en courant alternatif, elle nécessite l'emploi de transformateurs lourds, encombrants et coûteux.

La méthode consistant à shunter par des bobines de champ en série avec la résistance, ne donne qu'une solution peu satisfaisante ; l'amovibilité propre de cette bobine de champ avait été indiquée comme réalisable par MM. Blondel et Labour depuis longtemps, mais n'avait pas été utilisée jusqu'ici.

L'application de cette amovibilité de la bobine de champ vient d'être réalisée sur une série d'instruments de mesures système Carpentier. Une série de bobines de champ peuvent être placées successivement dans les appareils, en fournissant autant de sensibilités différentes ; un jeu de butoirs garantit l'exactitude de la mise en place de la bobine, laquelle ne peut avoir de variations, d'ailleurs infinies, que dans le plan vertical.

Un électrodynamomètre universel a pu être réalisé sur ce principe, et permet la mesure des ampères, des volts et des watts par la manœuvre d'un commutateur-combinateur à trois positions. Pour la mesure des watts, le courant principal passe dans la bobine de champ ; pour celle des volts, il est détourné dans le shunt et comporte une bobine auxiliaire ; enfin pour la mesure des ampères, le commutateur introduit un transformateur dans le circuit.

(Communication de M. *Joly*, Société internationale des Electriciens, 4 décembre 1912.)

Pseudo-résonance des tubes au néon. — Diverses expériences de mesures de courant effectuées par M. G. Claude sur des tubes pour l'éclairage au néon ont révélé certaines anomalies apparentes. Ainsi, en mettant successivement en circuit 4 tubes en série, on constate une élévation progressive de l'intensité du courant à l'ampèremètre allant, par exemple, de 0,65 à 1 ampère, tandis que le voltage croît lui-même de 4 000 à 4 500 volts.

Ce phénomène présente l'allure d'une résonance produite par la self-induction, mais cette explication n'est pas réelle, car il faudrait admettre pour L la valeur énorme de 25 henrys. Il existe un autre phénomène, la « pseudo-résonance », explicable par l'action du condensateur qu'on charge au maximum de l'intensité.

L'expérience permet, d'autre part, de juger que l'éclat lumineux du tube, loin d'augmenter avec l'intensité accusée à l'ampèremètre, décroît, au contraire, avec l'augmentation des tubes en circuit. Ceci s'explique parce que la luminescence est fonction de l'intensité moyenne du courant, et non de son intensité efficace. Or, c'est cette dernière seule qui est accusée par les instruments de mesure, et tandis que l'intensité efficace augmente, comme nous l'avons dit ci-dessus, l'intensité moyenne, au contraire, décroît naturellement. Le facteur de puissance pour les tubes au néon, comme pour ceux de Moore, est voisin de 0,8.

(Communication de M. *Georges Claude*, Société internationale des Electriciens, 4 décembre 1912.)

Captation des ondes hertziennes par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol et, par extension, utilisation des fils télégraphiques et téléphoniques d'abonnés. — Séjournant à Saint-Brieuc, l'auteur s'est proposé de faire quelques essais de réception d'ondes, et spécialement des ondes de la Tour Eiffel, avec un récepteur horaire simplifié, en le reliant à une antenne purement horizontale et tendue parallèlement au sol, à peine à hauteur d'homme.

Sur un terrain long de 100 m et légèrement incliné $\left(\frac{3}{100}\right)$, on a tendu un fil de 80 m de long ; on n'obtient alors aucune réception des signaux horaires. Avec deux fils, dont l'écart était de $0^{m}.30$, la réception devient de suite très bonne, au point d'être suffisante pour déceler même les signaux météorologiques de 8 h et 15 h émis avec le groupe de puissance réduite de la Tour. Avec trois fils, l'effet restait le même, avec quatre fils également. D'où il résulte nettement l'utilité d'*associer toujours deux fils* pour profiter intégralement du rendement de ces antennes. Ce résultat est à rapprocher des phénomènes présentés par les antennes verticales.

Par extension, on a branché le récepteur sur une ligne téléphonique d'abonné en prenant contact sur une borne-ligne de l'appareil, l'autre pôle de l'appareil récepteur étant mis à la terre. Sous cette forme, les signaux de la Tour sont *fortement* décelés, mais au milieu

Digitized by Google

d'une friture intense reproduisant, en les renforçant plutôt, les bruits multiples couramment perçus dans les postes téléphoniques d'abonnés (inductions diverses des télégraphes, etc.).

L'intercalation d'un petit condensateur, entre la borne de l'appareil téléphonique de l'abonné et le récepteur, crée une barrière s'opposant au passage des courants parasites et ne laissant passer que les ondes hertziennes. Grâce à cet artifice, quand le courant est fermé sur le détecteur, les écouteurs restent parfaitement silencieux. (A circuit ouvert, on perçoit encore une friture assez légère.) C'est alors avec la plus grande facilité qu'on perçoit très fortement tous les signaux de la Tour.

Les fils télégraphiques se sont montrés aussi avantageux.

(Note de M. *Paul Jigou*, présentée par M. Lippmann, à l'Académie des Sciences, 21 octobre 1912.)

Télégraphie sans fil (Conférence internationale de l'heure). — La liste ci-après indique les stations qui seront vraisemblablement en état, au 1er juillet 1913, de jouer le rôle de centres d'émissions horaires, et les heures auxquelles devront être faites ces émissions :

	HEURES (temps civil de Greenwich)
Paris	0 (minuit)
San Fernando (Brésil)	2
Arlington (Etats-Unis)	3
Manille	4 (provisoire)
Mogadiscio (Somalie italienne	4
Tombouctou	6
Paris	10
Norddeich-Wilhelmshaven	12 (midi)
San Fernando (Brésil)	16
Arlington (Etats-Unis)	17
Massouah (Erythrée)	18
San Francisco	20
Norddeich-Wilhelmshaven	22

Toute station horaire autre que les précédentes, qui viendrait à être créée, ne pourra faire, en principe, ses émissions qu'à des heures (de Greenwich) rondes, différentes des heures ci-dessus.

Les signaux horaires seront uniformément produits conformément au schéma suivant :

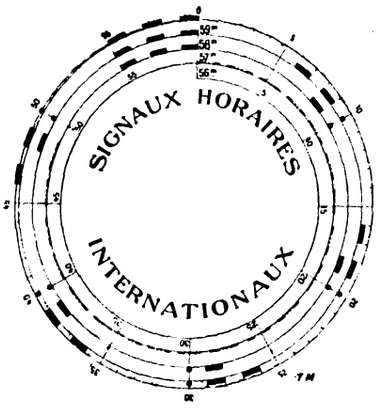


FIG. 1. — Schéma indiquant le genre et la distribution des signaux horaires internationaux :

$57^m 6^s$ à $57^m 50^s$: signaux d'avertissement.

$57^m 55^s$ à $58^m 0^s$: signaux horaires.

$58^m 8^s$ à $59^m 0^s$: signaux horaires.

$59^m 6^s$ à $60^m 0^s$: signaux horaires.

Pour les signaux horaires : *traits* de 1 seconde avec intervalles de 1 seconde et *points* de 1/4 de seconde.

Les centres d'émissions horaires feront usage d'une longueur d'onde uniforme d'environ 2500 m. Lorsqu'ils emploieront des émissions musicales, la tonalité de celles-ci devra être choisie de manière que la réception soit soustraite, autant que possible, aux perturbations de toute nature.

(Note de M. *G. Bigourdan*, Académie des Sciences, 4 novembre 1912.)

MÉTALLURGIE

Influence du soufre sur la fonte. — Cette étude a été faite sur des fontes contenant des quantités variables de silicium, obtenues par fusion d'une fonte très pure, à 3,3 % de carbone combiné, avec des ferrosiliciums purs et à haute teneur en Si. Les éprouvettes étaient obtenues par fusion de ce métal avec de la fonte sulfureuse, et, éventuellement des alliages de manganèse, en s'efforçant de les couler toutes à la même température.

Des prises d'essais, prélevées sur chaque éprouvette, furent soumises à l'action de la chaleur, pour faire apparaître les combinaisons sulfurées, et examinées au microscope. De ces expériences, il résulte que :

1° Le soufre, en l'absence de manganèse, se sépare à l'état de Fe S, avec, ou avant l'eutectique correspondant à la teneur en silicium;

2° L'influence du soufre sur le rapport du carbone combiné au carbone libre est variable avec la teneur en silicium, si la teneur est faible (environ 1 %), la présence de petites quantités de soufre fait que la plus grande partie du carbone est à l'état combiné, si la teneur en silicium est élevée, l'influence du soufre est moins nette;

3° Il semble exister un point critique par rapport à la teneur en soufre, point à partir duquel l'action du soufre change brusquement; ce point critique est variable avec la proportion de silicium;

4° L'influence du soufre sur les propriétés mécaniques est due à son action sur le rapport entre le carbone libre et le carbone combiné, mais aussi en partie à ce qu'il change les caractères du ferrosilicium : la résistance à la rupture, la ténacité et la dureté sont accrues par l'addition de soufre (au moins dans les limites des essais effectués);

5° Des quantités suffisantes de manganèse diminuent l'influence de soufre sur les proportions du carbone libre et combiné, et un excès provoque la désulfuration par l'élimination de sulfure de manganèse du sein de la masse fondue.

Il faut considérer, si l'on veut faire état de ces résultats pour la pratique, qu'ils sont obtenus sur des matières très pures, ne contenant que des traces de phosphore et de manganèse (sauf quand ce dernier était ajouté). Les résultats seraient autres avec des matières commerciales, mais le fondeur ne doit pas oublier que quand la teneur en silicium et en manganèse est peu élevée, le soufre tend à faire de la fonte blanche ou trop dure.

(Communication de M. *H. J. Coe*, British Foundrymen's Association, Cardiff, 6-8 août 1912.)

Alliages du cobalt avec le chrome et les autres métaux. — Quand dans un alliage de cobalt et de chrome, où l'on maintient constante la teneur en chrome, par exemple 15 % du mélange total, on ajoute du tungstène, l'alliage reste encore facilement malléable, jusqu'à 10 % de tungstène.

A 15 % de tungstène, l'alliage peut encore se travailler, mais en prenant certaines précautions; à 20 %, il devient beaucoup plus dur; à 25 %, on peut en faire d'excellents forets; on peut y incorporer jusqu'à 40 % de tungstène : à cette teneur, l'alliage est très dur, et on peut en faire des outils pour travailler les alliages de cobalt et de chrome. Les alliages à 20 et à 40 % travaillent le fer et l'acier mieux que des outils d'acier.

Si à l'alliage de cobalt et de chrome ion contenant 15 % de chrome, on ajoute du molybdène, jusqu'à une teneur de 25 %, on obtient un excellent métal pour outils. A 30 % de molybdène, il devient cassant, et est assez dur pour rayer le verre. Avec 40 % de molybdène, l'alliage devient très dur, et raye facilement le quartz.

Quand on ajoute du tungstène à l'alliage cobalt-chrome à 25 % de chrome, on en augmente la dureté et l'élasticité; si la teneur en tungstène atteint 5-10 %, l'alliage devient beaucoup plus dur et particulièrement propre à faire des outils pour le travail du bois. Dans les mêmes conditions, si l'on remplace le tungstène par le molybdène, la dureté augmente plus rapidement, et, dès que la teneur en molybdène atteint 10 %, le métal ne peut se travailler qu'en prenant des précautions particulières.

Par l'addition de bore, de carbone ou de silicium, on peut obtenir une grande variété d'alliages plus ou moins durs et cassants, dont quelques-uns possèdent des qualités précieuses pour certains emplois particuliers.

(Communication de M. *Elwood Haynes*, VIIIe Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Les projets d'agrandissement et de réorganisation des grands ports français. — Ces projets ont fait l'objet de nombreux rapports à la Ire section du Congrès des Travaux publics, dont le président, M. A. Maury, a également présenté un rapport d'ensemble. Les desiderata et les vœux exprimés feront entrevoir toute l'étendue du vaste programme à réaliser pour assurer le développement de nos ports.

Digitized by Google

Le Havre. Création d'un port d'escale et d'une rade-abri. — La Chambre de Commerce, sur le rapport de M. Laporte, son délégué, demande l'exécution immédiate des dragages pour approfondir le chenal d'entrée, actuellement arasé à la cote (— 6 m) afin de permettre, à toute heure de marée, l'accès des navires de grand et moyen tonnage. Le service du pilotage doit être réorganisé, les taxes abaissées. Ces mesures feraient du Havre un port d'escale, qui pourrait détourner à notre profit, une partie du trafic transatlantique se faisant actuellement par Anvers.

Le rapport de M. Boulle, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, fait ressortir la nécessité d'un endiguement de la petite rade comme complément de travaux en cours. En utilisant les hauts fonds naturels qui limitent la petite rade, on obtiendrait ainsi une rade-abri qui permettrait de recevoir les plus gros navires par tous les temps et pourrait même être utilisée par notre flotte de guerre. L'établissement de cette rade-abri faciliterait le maintien des passes d'entrée en les protégeant contre les courants d'ensablement et faciliterait ainsi les escales.

En ce qui concerne les travaux actuels, la Compagnie Transatlantique réclame par le rapport de son ingénieur-conseil, M. Groslous, qu'ils soient poussés avec activité et qu'on les complète par l'approfondissement des passes d'entrée à la cote (— 12 m), de façon à permettre à toute heure l'accès des nouveaux quais de marée. Il n'est plus admissible d'être obligé d'attendre la marée pour rentrer dans un grand port, et c'est là pour le Havre une grave cause d'infériorité.

Marseille. Extensions des bassins de la Madrague et de la Joliette. — MM. Alby, ingénieur en chef, et Baher, armateur, exposent que les extensions du bassin de la Madrague, côté Rhône, sont subordonnées à l'achèvement des travaux en cours. Ces travaux ne seront achevés que vers 1922. Les extensions au sud ont été étudiées et comportent un bassin au large de la jetée, devant le bassin actuel de la Joliette. Elles peuvent être commencées immédiatement; mais pour les réaliser, il faudrait une administration autonome pouvant recourir à l'initiative et aux capitaux privés, telle que celle qui administre le port de Barcelone. Une solution est urgente, car les installations du port de Marseille deviennent insuffisantes pour l'augmentation de trafic qui s'y manifeste : avant dix ans, chiffre minimum pour l'exécution d'extensions quelconques, le trafic annuel atteindra vraisemblablement 1 000 t par mètre courant de quai, alors que le maximum admis est de 600 à 700 t pour un port commode et parfaitement bien outillé, ce qui n'est pas le cas actuel de Marseille.

Bordeaux. Agrandissements des bassins et quais : création d'un port d'escale au Verdon. — Une communication de M. Guestier, président de la Chambre de Commerce de Bordeaux, expose que devant les difficultés d'établissement d'un projet d'ensemble pour les extensions, on avait organisé un concours public. MM. Hersent et la Société de construction des Batignolles obtinrent les premiers prix, et un programme fut ensuite établi et déclaré d'utilité publique par la loi du 15 juillet 1910. Les principaux points de ce programme sont les suivants :

1° Approfondissement des passes de la Gironde, en aval de Bordeaux, pour y permettre l'accès des navires calant 8m,50 ;

2° Quadruplement de la longueur des quais par la transformation et le prolongement des quais de la rive gauche, l'agrandissement du bassin à flot n° 2 et la construction d'un canal maritime débouchant à Grattequina ;

3° Le rachat des appontements de Pauillac à la Société concessionnaire ;

4° La création au Verdon, à l'embouchure de la Gironde, d'un port d'escale accessible en tous temps aux navires de 12 m de tirant d'eau. De nombreux paquebots pourraient ainsi être amenés à faire escale, le voyage en Gironde étant supprimé.

Le montant total des dépenses prévues est de 136 millions, dont 56 millions à engager ultérieurement pour l'établissement de quatre darses.

Boulogne. Agrandissement du port. — Les travaux d'extension du port de Boulogne sont en cours, mais de nouveaux agrandissements paraissent encore indispensables à la Chambre de Commerce, et son président, M. Farjou, en fait l'exposé : amélioration du service avec l'Angleterre et du service transatlantique.

Pour ce dernier, on prévoit l'agrandissement du port en eau profonde, par la construction au nord de la ville d'une jetée de 2 300 m de longueur. Avec la digue Carnot, cette jetée formerait une rade fermée par une passe de 500 m de longueur.

On espère obtenir ainsi l'escale à Boulogne de nombreux transatlantiques. Mais la dépense du projet est évaluée à 40 millions, et, comme il paraît difficile d'obtenir une nouvelle subvention de l'Etat, la Chambre de Commerce songerait à concéder le port extérieur à une Société qui en assumerait la construction et l'exploitation. Ce serait la première concession de ce genre en France.

(Communications au IVe Congrès national des Travaux publics, Paris, 18-20 novembre 1912.)

Brest peut-il devenir port transatlantique? — MM. Cloarec, député, et Claude Casimir-Périer réclament l'exécution de mesures propres à faire de Brest un grand port de commerce, tête de ligne des services transatlantiques pour New-York.

La distance de New-York à Brest est de 2 954 milles, soit 176 milles de moins que jusqu'au Havre. La rade de Brest se prête très bien à l'établissement d'un grand port de commerce, par suite de son abri parfait, de son étendue considérable et des grands fonds qu'elle présente.

Mais Brest est à 624 km de Paris, tandis que le Havre n'en est qu'à 228 km, de sorte que le temps gagné sur mer serait reperdu sur terre. La voie ferrée Paris-Brest deviendrait insuffisante dans le cas de Brest tête de ligne des services Nord-Amérique, et il faudrait la refaire en supprimant le détour par Chartres et le Mans, qui allonge sensiblement le parcours.

Les adversaires du projet de Brest-Transatlantique font ressortir l'accès dangereux de ce port, par suite de l'étroitesse de ses abords et des brumes fréquentes qui y règnent. De plus, Brest n'est entouré d'aucun hinterland industriel capable de procurer un mouvement suffisant de marchandises, et aucune voie d'eau ne permet de transporter ces marchandises économiquement au cœur du pays. Ce sont là de graves considérations qui pourraient rendre improductives les dépenses d'installation d'un port de commerce.

Il est, d'autre part, bien évident, que ce projet ne peut se réaliser qu'au détriment du port du Havre, et les défenseurs de ce dernier ne manquent pas de faire ressortir le danger qu'il y aurait à morceler l'effort financier qui va être fait ; il vaut mieux, au contraire, le reporter tout entier sur le Havre, qui possède un mouvement commercial bien établi et auquel il suffirait de donner les moyens de se développer.

Dans ces conditions, le Congrès n'a pu qu'émettre ce vœu : Que l'étude de la création d'un port transatlantique soit immédiatement mise à l'étude par la Chambre de Commerce, les droits des autres ports étant réservés.

(Communications au IVe Congrès national des Travaux publics, Paris, 18-20 novembre 1912.)

Projets d'extensions des ports fluviaux de Rouen et de Caen. — La Chambre de commerce de Rouen a soumis aux pouvoirs publics un programme de travaux d'extensions nécessaires pour répondre à l'important trafic qui s'y est développé.

Ces travaux consistent en : construction de bassins et de quais formant une longueur de 6 045 m, avec un mouillage de 9 m en basses eaux; établissement d'une forme de radoub de 150 m × 22 m accessible en tout état de marée aux navires calant 8 m; approfondissement à 8 m de mouillage minimum de la Seine devant Rouen et en aval jusqu'à l'embouchure de la Risle, avec réfection des digues de protection des rives. Enfin, dragages pour obtenir un mouillage minimum de 8 m, du confluent de la Risle jusqu'à la mer, suivant les résultats produits par le prolongement des digues de la Seine et la construction de la digue d'enceinte dont les travaux sont en cours.

Tous ces travaux sont reconnus nécessaires, car le trafic des quais a atteint déjà le chiffre excessif de 800 t par mètre et par an pour un trafic total de 4 690 000 t en 1911. Le programme prévoit une dépense de 121 millions de travaux à exécuter en vingt-cinq ans.

De son côté, le port de Caen prend actuellement un développement rapide, par suite de la mise en exploitation des minerais de fer de la basse Normandie. Le trafic a doublé depuis 1900, et a atteint en 1911 près de un million de tonnes, dont 510 000 provenant de l'importation de houille. Le minerai de fer fournit aux bateaux un fret de retour lourd et abondant. Aussi la Chambre de commerce, dans un rapport de M. Lemarec, demande-t-elle l'amélioration des installations du port, et surtout le doublement de la ligne de Caen à Laval qui dessert le pays minier et qui va rapidement devenir insuffisante.

(Communications au IVe Congrès national des Travaux publics, Paris, 18-20 novembre 1912.)

Digitized by Google

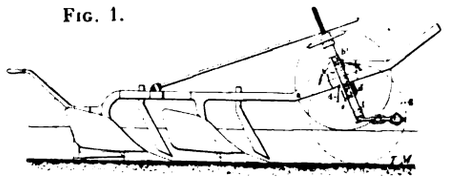
ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AGRONOMIE

Charrues-bascules. — Pour permettre le déplacement du centre de gravité dans ces charrues, le bâti *a* (fig. 1 et 2) est articulé en *b* sur la traverse b^1 de la chaise centrale *c*. Le dispositif comporte dans le même but des butoirs réglables *d* fixés sur le bâti et s'appuyant sur la traverse *e* de la chaise. Ces butoirs permettent le déplacement voulu par rapport à la chaise.

Cette charrue comporte, en outre, un levier de traction *f* articulé sur les traverses b^1 et *e*.

Fig. 1.



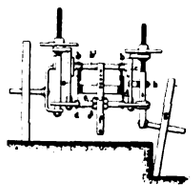


Fig. 2.

Fig. 3.

Ce levier est maintenu sur la traverse *e* par deux colliers e^1 qui permettent son déplacement dans le sens horizontal et par suite son réglage latéral. De plus, le levier *f* est réglable en longueur, de façon à reporter plus ou moins haut le point d'application de la traction qui s'exerce à la partie inférieure de ce levier.

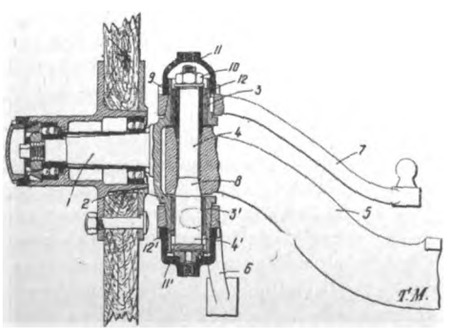
La traction opérée, la partie inférieure de ce levier, comme on vient de le dire, a pour effet de rappeler la traverse *e* et par conséquent les roues vers l'avant jusqu'au contact des butoirs *d*.

Dans le cas de traction directe et quand la charrue n'est pas munie d'une direction, la roue de sillon *g* comporte un dispositif d'orientation constitué par un collier à vis *h* (fig. 3) fixé sur le montant carré *i*. En manœuvrant convenablement les vis *j*, on oriente à volonté le montant carré *i* et par suite la roue *g* qu'il supporte.

(*Bajac*, Oise. Brev. fr., cl. 1, n° 440 030, 12.II.12.)

AUTOMOBILES

Dispositif de montage des fusées des roues avant sur l'essieu des véhicules automobiles. — Ce dispositif de montage comporte essentiellement deux colliers solidaires de la fusée, qui viennent respectivement se placer sur des portées cylindriques prévues sur un axe de pivotement porté par l'essieu et formé de deux pièces à emboîtement permettant le démontage facile de l'ensemble.



La fusée 1 de l'une des roues avant est solidaire d'un bras 2 présentant à ses extrémités des colliers 3 et 3^1 qui entourent l'axe de pivotement 4 porté par l'essieu 5. La partie extérieure de ces colliers 3 et 3^1 est de forme conique, de façon à assurer un blocage parfait du levier 6 de la barre d'accouplement et du levier 7 de braquage des roues, simplement par serrage des chapeaux 11 et 11^1 sur l'extrémité de ces colliers. Cette disposition permet un démontage facile des deux leviers 6 et 7.

L'axe de pivotement 4 est monté de la manière suivante dans l'essieu 5 : Cet axe présente une partie cylindrique extérieure 4^1 entourée par le collier 3^1 ; d'autre part, 4^1 se raccorde à la partie cylindrique 4 intérieure à l'essieu par une partie conique 8 venant se placer dans un logement correspondant à l'essieu.

On place sur la partie supérieure de l'axe 4 une douille 9, se terminant vers le bas par une partie conique qui se place dans un logement correspondant de l'essieu. Après montage, on assure l'assemblage de l'axe 4 et de la douille 9 par serrage de l'écrou 10 se vissant sur l'extrémité de l'axe 4. Les chapeaux 11 et 11^1 présentent des orifices pour le passage de graisseurs. On a disposé à l'intérieur des colliers 3 et 3^1 une garniture 12, 12^1.

(Etablissements *de Dion-Bouton*, Seine. Brev. fr., cl. 10, n° 440 007, 10.II.12.)

Pare-boue pour véhicules automobiles. — Il est caractérisé par une rondelle de caoutchouc de forme annulaire sertie par son bord intérieur dans un cercle métallique. Ce cercle porte dans un coussinet ou guide circulaire muni d'ouvertures pour le passage des poussières et établi sur le bandage en fer de la roue, un jeu convenable pour permettre au rideau protecteur ainsi constitué de tourner, de coulisser, de flotter verticalement, et de se gauchir en vue de favoriser le contact de la rondelle de caoutchouc avec le sol.

(*V. M. A. Huguet*, Seine. Brev. fr., cl. 10, n° 440 120, 13.II.12.)

Transmission à cardan pour automobiles. — Le fourreau qui contient l'arbre de transmission et relie le pont arrière à une traverse du châssis, située près du changement de vitesse, est fixé au pont arrière : il coulisse par son extrémité avant dans un croisillon dont les bras peuvent glisser radialement dans des coulisseaux dont les extrémités sont formées par des surfaces sphériques ; ces coulisseaux sont eux-mêmes repoussés radialement par des ressorts contre la surface interne sphérique d'une douille fixée sur la traverse du châssis. Grâce à cette disposition, le fourreau peut supporter les différents efforts auxquels il est exposé, tout en conservant la liberté de mouvement rendue nécessaire par les déplacements relatifs du pont arrière et de la traverse du châssis.

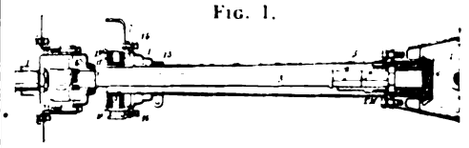
La figure 1 est une coupe longitudinale de la nouvelle transmission à cardan, la figure 2 en est une coupe transversale suivant 2-2, figure 1.

1 désigne l'extrémité du changement de vitesse et 2, le pont arrière de la voiture, qui est relié au changement de vitesse par un arbre de transmission 3. Cet arbre est relié au changement de vitesse par un joint universel ou cardan 4, et il coulisse par son extrémité arrière, de section carrée, dans un manchon 5, lequel entraîne le pignon d'angle 6 qui attaque le différentiel.

Pour s'opposer au couple de renversement, le pont arrière est relié à la traverse 7 du châssis, voisine du changement de vitesse, par un fourreau 8 qui entoure l'arbre 3 et le manchon 5, et est fixé par son extrémité postérieure au pont arrière.

L'extrémité avant de ce fourreau est montée

Fig. 1.



à frottement doux dans une couronne ou croisillon à quatre bras 9. Sur les bras de ce croisillon, glissent des coulisseaux 10 dont les extrémités sont formées par des surfaces sphériques et qui sont repoussés vers l'extérieur par quatre jeux de ressorts doubles 11, 12, de manière à s'appliquer contre la surface interne sphérique d'une douille 13, qui est fixée à demeure sur la traverse 7 par des boulons 14. Un cache-poussière en cuir 15 complète le dispositif.

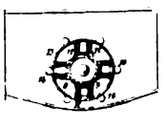


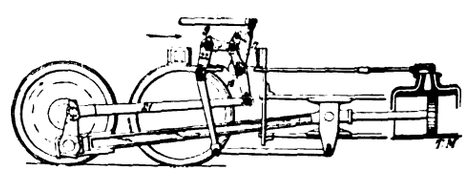
Fig. 2.

Pendant la marche de la voiture, sur route, le fourreau 8 fixé au pont arrière, est soumis à des oscillations et déplacements dans des directions variables par rapport au châssis, en raison du fonctionnement continuel des ressorts de suspension de la voiture. Grâce à la disposition décrite, ces oscillations ou inclinaisons horizontales, verticales ou obliques, de même que les variations de l'écartement entre la traverse 7 et le pont arrière peuvent avoir lieu sans inconvénient, et les efforts qui en résultent, ainsi que les réactions dues au couple de renversement au moment des démarrages, sont supportés efficacement par l'extrémité avant du fourreau, le croisillon, les coulisseaux et leurs ressorts : l'extrémité avant du fourreau 8 pouvant coulisser longitudinalement dans le croisillon 9 en même temps que celui-ci se déplace élastiquement dans les coulisseaux 10 et que ceux-ci se meuvent en restant en contact avec la surface interne sphérique de la douille 13.

(*Société anonyme des Automobiles et cycles Peugeot*, Seine. Brev. fr., cl. 10, n° 439 999, 10.II.12.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Locomotives (Commande de la bielle et du tiroir). — Le mouvement du tiroir est obtenu d'après la commande Walschaert ou Heusinger par un excentrique ou un tenon excentrique et par la tête du piston. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : La tige d'excentrique 21



transmet son mouvement au levier coudé 9, 22, 23 par l'intermédiaire d'une coulisse. Cette dernière est fixée à une pièce 18, comme dans la commande Klug ; cette pièce est solidaire d'une

Digitized by Google

biellette 17 dont le point de suspension 16 peut se déplacer.

(*Abner de Haven Baker*, Swanton, Ohio, Etats-Unis. Brev. all., cl. 14 *d*, n° 252 912, 11.IV.11.)

CHIMIE

Ammoniac (Préparation catalytique). — On obtient l'ammoniac à partir de ses éléments en se servant d'un catalyseur, ce catalyseur est le ruthénium ou ses composés.

(*Centralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen, G. m. b. H*, Neubabelsberg. Brev. all., cl. 12 k, n° 252 997, 1.V.12.)

Ammoniac (Préparation catalytique). — On emploie un catalyseur d'hydrofixation que l'on mélange à des métaux susceptibles de fournir des azotures par action de l'azote, et sur lesquels on fait passer au rouge, un mélange d'azote et d'hydrogène en proportions convenables pour opérer la réaction.

$$Az^2 + 3H^2 = 2AzH^3.$$

Comme catalyseur d'hydrofixation, on emploie le nickel, le fer ou le cobalt.

Comme métaux susceptibles de former des azotures on emploie : le bore, le titane, le calcium, le magnésium, l'aluminium et plus généralement tous les métaux actuellement connus pour pouvoir donner des azotures dans les conditions de l'expérience.

Le mélange des métaux employés est disposé à l'état pulvérulent, à l'intérieur de tubes chauffés au rouge, dans lesquels on fait passer le courant d'azote et d'hydrogène. L'azote à cette température se fixe pour former un azoture stable, qui est décomposé par l'hydrogène naissant fourni par l'hydrure instable de Fe, Ni ou Co avec formation d'ammoniac.

(*Compagnie Bordelaise de Produits Chimiques*, Gironde, Brev. fr., cl. 14, n° 440 217, 27.IV.11.)

Ammoniaque (Son obtention à partir des composés cyanurés extraits des vieilles matières d'épuration du gaz). — On traite les cyanures par la chaux éteinte à la température du rouge. Le poids de chaux employé calculé en CaO est 10 fois le poids de l'azote contenu dans la matière à traiter. La réaction s'effectue dans des cornues analogues aux cornues à gaz.

(*H. Burgevin*, Seine, Brev. fr., cl. 15, n° 440 331, 1.V.11.)

Caoutchouc (Production de substances semblables au). — La polymérisation de l'isoprène et de ses homologues tels que l'α-γ butadiène, l'α méthyl α-γ butadiène, le diméthyl α-γ butadiène, etc., peut être considérablement accélérée, ou encore le rendement en substances semblables au caoutchouc peut être fortement amélioré, si l'on réalise la polymérisation de l'isoprène ou de ses homologues en présence de corps susceptibles de céder de l'oxygène ou de le transporter. On peut citer comme substance de ce genre le vieux caoutchouc oxydé, peu importe qu'il soit d'origine naturelle ou synthétique, vulcanisé ou non, puis l'isoprène ou ses homologues ayant subi un commencement d'oxydation, les peroxydes, tels que le peroxyde de benzoyle et les composés tels que les perborates, ozonides de terpène et de caoutchouc, etc.

Comme transporteur d'oxygène, on peut utiliser par exemple le sulfate cérique, les sels bleus de vanadium, les métaux oxydables tels que le sodium, etc.

(*Société Badische Anilin und Soda Fabrik*, Allemagne. Brev. fr., cl. 14, n° 440 173, 14.II.12.)

Caoutchouc (Procédé de fabrication de corps analogues au). — Des huiles oxydées sont traitées par de la formaldéhyde ou des substances produisant de la formaldéhyde.

(*Chemische Fabrik Flörsheim, H. Noerdlinger*, Flörsheim a. M. Brev. all., cl. 39 *b*, n° 252 705, 6.VII.10.)

Caoutchouc (Produits de substitution du). — On mélange du chlorure de soufre à de l'huile de lin, on fait sortir de mélange sous une forte pression de l'appareil et on le soumet à l'action d'un mélange alcalin de manière à l'obtenir sous forme de flocons.

(*W. F. Keif*, Hanovre (Allemagne). Brev. amér., n° 1 006 274, 17.X.11.)

Dévulcanisation du caoutchouc. — On fait bouillir au préalable le caoutchouc à dévulcaniser dans une solution d'acide chlorhydrique. Après avoir neutralisé par ébullition dans une solution faible de carbonate de soude, on traite en vase clos par une solution concentrée de soude caustique à une température de 155-168°.

(*W. W. Wildmann* et *J. Christy*, Akron Etats-Unis. Brev. amér., n° 993 626, 30.V.11.)

Ébonite. — On vulcanise pendant treize heures en mélangeant 25 % de soufre à 55 % de caoutchouc, avec addition d'une substance telle que le graphite.

On obtient ainsi une ébonite résistant au chlore et aux alcalis.

(*Windermann*, London. Brevet américain, n° 1 022 014, 2.IV.12.)

Ethers de la cellulose. — On hydrolyse la cellulose par un traitement à l'acide sulfurique, on l'éthérifie ensuite en traitant l'hydrocellulose par un nitrate en présence de tétrachlorure de carbone, on sépare ensuite le liquide, on lave le produit et l'on obtient des éthers ayant la même forme physique que la matière première.

(*L. Lederer*, Salzbach, Alsace. Brev. amér., n° 299 236, 1er.VIII.11.)

Fils et pellicules. — La cellulose, après avoir été chauffée avec du glycérol, est traitée par une solution d'acide formique, acide palmitique et alcool. Le produit est ensuite soumis à l'action d'un bain formé d'anhydride acétique, d'un acétate alcalin, d'acide sulfurique et d'acide acétique glacial. On neutralise, on lave, on sèche. Le produit est soluble dans la moitié environ de la quantité du solvant nécessaire pour dissoudre l'acétate ordinaire de la cellulose.

(*H. Peters*, London. Brev. amér., n° 1 008 489, 14.XI.11.)

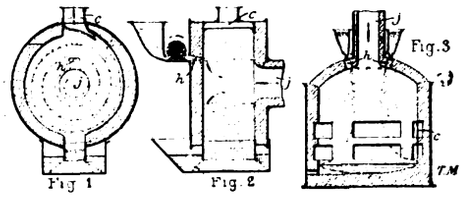
Fixation de l'azote sous forme de composés oxygénés. — On emploie des catalyseurs d'oxydation qui sont, dans l'ordre décroissant de leur efficacité : les oxydes de cobalt, de manganèse, de chrome, de nickel, de baryum, de plomb, de cérium, etc. On fait passer sur ces catalyseurs, à une température supérieure à 500°, un courant d'air atmosphérique ou un mélange d'oxygène et d'azote.

Pour éviter la décomposition des gaz, après leur passage sur les catalyseurs, on les refroidit brusquement en insufflant dans le tube d'échappement de ces gaz, un courant d'air comprimé frais.

(*Compagnie Bordelaise de Produits Chimiques*, Gironde, Brev. fr., cl. 14, n° 440 218, 27.IV.11.)

Fours pour verreries, métallurgie et préparations chimiques.

Cet appareil permet de gazéifier, brûler, oxyder, calciner, fondre, réduire, etc., les substances pulvérulentes. Les figures 1 et 2 sont relatives à des substances qui ne fondent pas. L'air entre tangentiellement dans un cylindre en *c*, les ouvertures pour les gaz se trouvent près de l'axe de cette chambre en *j* et les matières pulvérulentes sont introduites près de cet axe en *h*, la disposition est telle que la direction du trajet de l'air vers les ouvertures *j* est directement opposée à la direction générale des matériaux. Dans une modification (fig. 3) l'axe de la chambre de travail est vertical, les admissions *h* pour les matières



solides sont disposées concentriquement autour de l'ouverture axiale d'échappement des gaz et les admissions d'air se trouvent près du fond de la chambre.

En augmentant la proportion des matières carbonées par rapport à l'air, l'appareil peut servir à la production du gaz.

(*E. Gobbe*, Jumet, Belgique. Br. angl., cl. 51, 55 et 75, n° 15 686, 5.VII.11.)

Huiles pour créosoter. — On se sert d'un hydrocarbure ayant un point d'ébullition inférieur à 100° et on le mélange avec son poids de goudron.

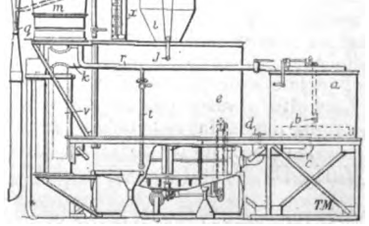
Le résidu formé est séparé du liquide qui renferme l'hydrocarbure, on chasse cet hydrocarbure et au nouveau résidu on ajoute de suite du goudron bouillant de 150 à 200°

(*J. Dehnst*, Halensec (Etats-Unis). Brev. am., n° 999 013, 25.VII.11.)

Hydrogène (Fabrication). — L'hydrogène est fabriqué par l'action d'alliages tels que le siliciure de fer ou de manganèse, sur une solution de sulfate de potasse ou de soude contenant un excès d'alcali, et ayant un point d'ébullition très élevé.

En pratique, la solution caustique est préparée dans un réservoir *a*, muni d'un agitateur *b*, la solution chaude passe à travers un tuyau *c* par une valve *d*, à la partie inférieure d'un générateur de gaz *e*, dans lequel il est mélangé à l'aide d'un agitateur avec de la poudre d'un alliage de silicium introduit dans le générateur par la trémie *h*, au moyen d'un distributeur contrôlé par la manivelle *j*. L'hydrogène chaud libéré, passe à travers un conduit *k*, dont une branche *v*, ferme un siphon hydraulique constituant une valve de sûreté au condenseur *m*, où il est séché et refroidi, et passe ensuite dans les tuyaux d'évacuation *n*.

L'eau de refroidissement réchauffée passe du condenseur *m* à travers les tuyaux *r*, *e* au réservoir *a*, et au générateur *e* ; un manomètre



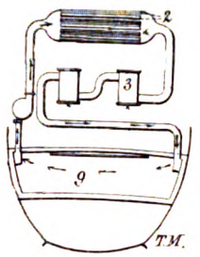
à eau *x*, est relié en deux points du tuyau d'évacuation *n*, l'un étant placé sur une partie étrangère du tuyau 9 pour indiquer la vitesse du gaz.

Le manomètre peut être disposé de façon à régler automatiquement l'arrivée de l'alliage de silicium.

(*G.-F. Jaubert*, Paris. Brev. angl., cl. 1 et 90, n° 17 589, 2.VIII.11.)

Digitized by Google

Ozone. — L'ozone produite dans des appareils électriques ordinaires et particulièrement destinée à la préservation des viandes et à la stérilisation, l'oxydation, la réduction, la ventilation, etc., est purifiée de ses oxydes nitrés et des acides en la faisant passer sur une matière qui transforme ces impuretés sans modifier l'ozone, par exemple sur de la soude caustique ou de la potasse, du calcium.



L'air d'une chambre 9 de réfrigération, par exemple, passe à travers les espaces 2 d'un ozoniseur 1, et ensuite à travers un récipient 3 contenant la substance absorbante; il retourne à la chambre 9.

(*F.-A. Willcox and J.-E. Hall*. Dartford, Angleterre. Brev. angl., n° 17 423, cl. 90, 31.VII.11.)

Préservation du bois. — Les bois sont traités en vase clos par des polysulfures d'ammonium, on les soumet à l'action d'un courant d'air et on sèche à haute température.

On peut aussi employer de petites quantités de sulfure d'arsenic ou de sulfure d'étain.

(*M. Koenman*, Bernardville, Etats-Unis. Brev. amér., n° 1 007 877, 7.XI.11.)

Procédé permettant de préserver de la rouille les métaux et pièces mécaniques en fer, fonte, acier, etc. — On emploie un bain froid de composition suivante :

Sulfate de zinc	12 kg
Chlorure d'ammonium . . .	10 —
Sulfate de soude.	2 —
Acide sulfurique.	1 —
Eau	100 litres.

On procède à un dépôt galvanique au moyen d'un courant électrique traversant ce bain. Pour l'anode, on emploiera naturellement une lame de zinc appropriée.

(*A. A. Lemêtre*, Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 440 137, 25.IV.11.)

Verre. — Un verre est obtenu en grillant pendant vingt-quatre heures à une température de 900° à 1 000° un mélange de galène et de silice avec ou sans addition de chaux, carbonate ou sulfate de calcium. Lorsque la quantité de soufre ne dépasse pas 0,05 %, on fond avec de la potasse, de la soude, de l'acétate de potasse.

(*E. C. Sullivan*, Corning, Etats-Unis. Brev. amér., n° 990 606, 25.IV.11.)

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs (Emploi du bois dans les). — Le bois peut être employé dans les accumulateurs après avoir subi le traitement suivant :

Le bois découpé en feuilles minces est soumis à la vapeur d'eau sous pression pour éliminer l'acide acétique.

On le traite ensuite par le péroxyde d'hydrogène qui oxyde la vasculose. Finalement, on extrait les produits d'oxydations formés.

(*P. Marino*, Londres. Brev. amér., n° 1 023 948, 23.IV.12.)

Câbles électriques (Fabrication). — Ce brevet est relatif à la fabrication des câbles électriques dans lesquels des passages pour l'air *l* sont ménagés dans l'enveloppe isolante *k*, et consiste dans l'alimentation de ces passages en air ou en gaz pendant la fabrication pour empêcher tout affaissement.

Le conducteur *i* est maintenu par un manchon *c* disposé à l'intérieur d'une boîte *a*, dans laquelle la matière isolante est envoyée par des conduits *b*.

Le support *c* est formé d'une chambre *d*, dans laquelle l'air et le gaz sont envoyés par un tuyau *e* et la partie *g* du manchon qui ferme le passage *e*, comporte des ouvertures *h* de communication avec la chambre *d*.

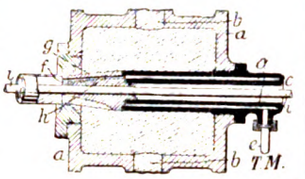
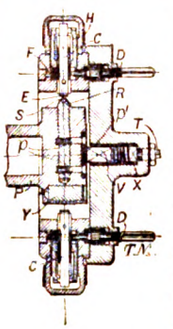


Fig. 1.

Fig. 2.

(*W.-S. Smith*, London. Brev. angl., n° 16 542, cl. 36 et 87, 18.VII.11.)

Distributeur à haute tension pour bougies d'allumage. — Dans un distributeur à haute tension pour bougies d'allumage, les extrémités E, S des contacts entre lesquels le courant passe sont formées de pièces en fil de platine. Une des extrémités E est disposée parallèlement à l'axe du distributeur pendant que l'autre est disposée perpendiculairement à la première.

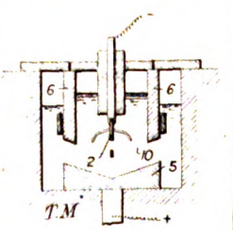


Les pièces en fil de platine peuvent être partiellement maintenues par les pièces de contact; les pièces de contact fixe brossées sont ajustées dans des manchons F, maintenus en position par des écrous; elles sont reliées par des pistons à ressort aux extrémités graduées; la pièce de contact rotative 2 affecte la forme d'un *r* et est reliée par des vis *p*, à la plaque *p'*, qui se trouve elle-même en contact avec un piston à ressort V, connecté avec le fil électrique E; le piston V peut avoir une section carrée pour empêcher toute rotation.

Un poids équilibré Y est disposé sur la pièce tournante *p* à un point diamétralement opposé R.

(*F.-H. Royce and Rolls-Royce Limited*, Derby, Angleterre. Brev. angl., cl. 38, n° 17 204, 27.VII.11.)

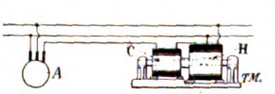
Electrolyse. — Dans un four pour la production de métaux alcalins et de leurs chlorures en partant de leurs composés salins, une électrode 2 est placée juste au-dessus de l'eau, et est contenue dans une chambre formée par deux solides parois, séparant les produits formés, et par un fond isolant 10 perméable à l'électrolyte et incliné de façon à rassembler les produits qui se forment autour de l'électrode inférieure.



Dans le cas des chlorures, le diaphragme peut être fait d'asbeste; le support de la cathode est isolé des métaux alcalins se rassemblant au-dessus de l'électrolyte.

(*Ges. für chemische Industrie*, Bâle, Suisse. Brev. angl., n° 17 047, cl. 39 et 41, 2.VIII.10.)

Démarrage en charge d'un moteur monophasé (Procédé de). — Le démarrage est obtenu au moyen d'une phase auxiliaire produite par un moteur synchrone auxiliaire. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : Le moteur synchrone est accouplé à un générateur auxiliaire qui permet d'obtenir une compensation complète du déphasage et de la chute de tension dans la phase auxiliaire.



(*Compagnie internationnle d'électricité, Société anonyme*. Liége, brev. all., cl. 21 *d*., n° 252 657, 13.VIII.11.)

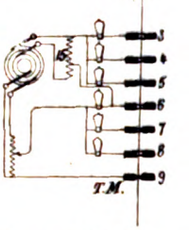
Electrodes pour l'électrolyse des corps organiques. — Ces électrodes sont en plomb avec une faible teneur en cuivre.

(*Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer und Co*, Elberfeld. Brev. all., cl. 120, n° 252 759, 25.VI.11.)

Filament de lampes à incandescence. — On chauffe un filament métallique par le passage du courant, ce fil étant déplacé longitudinalement d'une façon continue par un dispositif approprié.

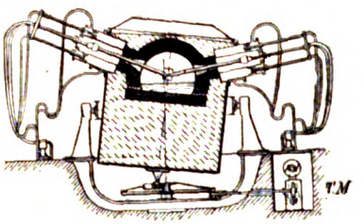
Les différentes sections dans la longueur du fil sont traversées par des courants alternatifs de phases différentes, de façon à égaliser l'allongement et la contraction et empêcher la casse du filament.

La figure 1 montre le dispositif adopté pour un courant biphasé. Le filament sort d'une presse 2, passe à travers des globules de mercure dont la surface est concave, contenue par capillarité dans des trous aménagés dans des plaques 3, 9. Une moitié de ces plaques 3, 4, 5, 6 étant connectée à l'une des faces par l'intermédiaire de lampes et d'un des transformateurs 15, les autres plaques 6, 7, 8, 9, étant reliées d'une façon analogue à l'une des faces, le chauffage des fils peut avoir lieu dans l'air ou dans un gaz non oxydant.



(*W.-G. Houskeeper*, Philadelphia, U. S. A. Brev. angl., n° 17 480, cl. 39, 1.VIII.11.)

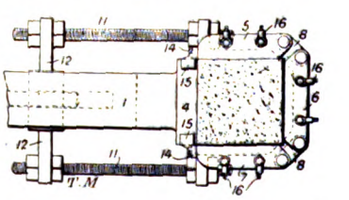
Four électrique oscillant. — Pour agiter la matière en fusion en la faisant tourner, l'axe géométrique du four décrit la surface d'un cône de résolution. Le four ne tourne pas, il oscille seulement : il est suspendu à un bâti



fixe par l'intermédiaire d'une suspension à la cardan; à la partie inférieure de la chambre, se trouve un tenon placé dans le prolongement de l'axe géométrique et excentré par rapport à une roue tournante dont il est solidaire.

(*Ernesto Stassano*, Turin. Brev. all., cl. 31 *h*. n° 252 173, 14.VI.11.)

Fours électriques. — Un support d'électrode consiste en des plaques de contact 5, 6, 7, reliées par des jougs 8 et en un bras 1, portant un bracelet 12, relié aux plaques 5, 7, par des boulons 11; le bras 1 forme à son extrémité la plaque 4; il suffit de serrer les boulons pour maintenir solidement l'électrode par le serrage simultané de 4, 5, 6, 7.

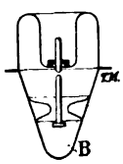


Digitized by Google

Les plaques 5, 7 portent des bracelets 14, munis de supports 15, qui soutiennent les extrémités de 4. Les fils conducteurs sont attachés à chacune des plaques de contact.

Celles-ci peuvent avoir des faces courbes ou être munies de supports, dans le cas d'une électrode circulaire.

(*British Thomson-Houston C°*, London. Brev. angl., 17 060, cl. 38 et 39, 25.VII.11.)

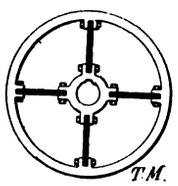


Lampe à arc. — Ainsi que l'indique la figure, on place à l'intérieur de la cloche une paroi auxiliaire, qui la divise en deux parties. Les gaz de combustion peuvent distiller vers la partie inférieure de la cloche B.

(*Siemens Schuckert Werke G. m. b. H*, Berlin. Brev. all., cl. 21 f, n° 253 119, 18.X,10.)

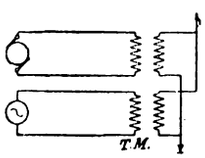
Procédé pour appliquer une couche conductrice de l'électricité sur une surface non conductrice. — On applique sur la surface non conductrice une solution colloïdale d'un conducteur métallique ou autre, dans un liquide qui s'évapore facilement.

(*H. E. Goldberg*, Etats-Unis. Brev. fr., cl. 12, n° 440 119, 13.II.12.)



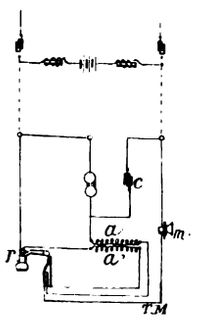
Rotor de machines électriques. — Ce rotor est caractérisé par ce fait que la liaison entre le moyeu et la couronne est une liaison élastique; cela permet d'amortir les chocs et d'obtenir un centrage automatique de la couronne.

(*Aktiengesellschaft Brown-Boveri und C^ie*, Baden, Suisse. Brev. all., cl. 21 d, n° 253 285, 6.XII.10.)



Télégraphie sans fil à son musical et téléphonie sans fil au moyen de générateurs à haute fréquence. — On superpose aux trains d'ondes fondamentales des trains d'ondes non amorties de même période et de même phase.

(*Rudolf Goldschmidt*, Berlin. Brev. all., cl. 21 *a*, n° 253 232, 9.XI.11.)



Téléphone. — Dans un système à batterie centrale, la sous-station est munie d'un électro-aimant *r* en série, avec l'un des enroulements *a'* de la bobine d'induction et le microphone *m*. Le microphone est shunté par l'autre enroulement *a* et le condensateur *c*.

(*British Insulated and Helsby Cables*, Lancashire and *J. B. Redfern*, Liverpool, Angleterre. Br. angl., cl. 40, n° 15 502, 4.VII.11.)

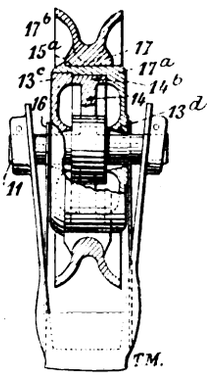
Trolleys électriques. — Une roue de trolley à auto-lubrification tourne dans des tourillons consistant en un certain nombre de rais 14 fixés sur un axe 11, chaque rai supportant une tête 14*b*.

Les roues 17 munies de flasques 13*c* portent des rainures 15*a* qui roulent sans vibrations sur la tête 14*b*.

De l'huile contenue dans l'intérieur de la roue est projetée par une force centrifuge sur la surface des tourillons à travers les espaces aménagés entre deux des têtes 14*b*. Pour empêcher toute perte d'huile, les ouvertures 13*d* à travers lesquelles passe l'axe 11, ont une forme conique intérieurement et leur diamètre est tel, que seulement la quantité d'huile nécessaire à la lubrification des balais 16 peut y passer.

La partie extérieure 17*b* de la roue peut être séparée de la partie inférieure 17 *a*, ou bien ses deux parties peuvent être fondues d'une même pièce. L'huile est introduite dans la roue par un trou percé dans l'axe de l'arbre 11.

(*S. L. Mac Adams Cleveland. U.S.A.* Brev. angl., n° 16 591, cl. 12-104, 19.VII 11.)

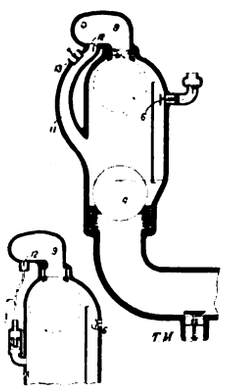


Vide dans les lampes à incandescence et autres récipients de verre (Procédé de production du). — Pendant le chauffage, la pression est maintenue approximativement égale à l'extérieur et à l'intérieur, et la température est poussée presque jusqu'à celle de ramollissement du verre.

(*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, Berlin. Brev. all., cl, 21 *f*, n° 254 237, 22.X.11.)

HYDRAULIQUE

Elévation des liquides (Appareil d'). — Cet appareil dans lequel le liquide à élever est actionné par la force motrice développée dans une chambre de combustion par la détente d'un mélange combustible en ignition, est muni d'une valve flottante 4. L'air est introduit dans le by-pass 11 par la soupape 13 pendant la dernière partie de la course correspondant à l'explosion, et occupe la partie inférieure de la chambre 1. Au même moment, le liquide combustible est injecté dans la chambre 9, où il se vaporise. Au moment du mouvement de retour de la colonne d'eau, les produits brûlés sont expulsés à travers la valve 6 jusqu'à ce que cette valve soit fermée par l'action de l'eau, après quoi, l'air relativement pur qui remplissait le haut de la chambre 1 entre de force dans la chambre 9, mais sans se mélanger. Le flotteur 4 ferme finalement la communication entre la chambre 1 et la chambre 9 et le soudain accroissement de pression dans la chambre 1 force l'air du by-pass à s'injecter en 9 à travers la valve 12, qui provoque le mélange des divers éléments de la chambre 9.



(*Siemens Bros Dynamo Works*, Westminster, and *Vernon*, Stafford, Angleterre. Br. angl., cl. 102, n° 15 468, 3.VII.11.)

Turbines Pelton (Réglage de vitesse des). — Cette invention consiste en un dispositif de réglage automatique de vitesse pour turbine Pelton avec aiguille et déflecteur, ce déflecteur permettant de distraire brusquement une partie du débit en dirigeant le jet dans le canal de fuite. Elle est caractérisée par ce fait que le régulateur commande l'aiguille directement et le déflecteur par l'intermédiaire d'un dash-pot, la vitesse de fermeture de l'aiguille étant une fraction de la vitesse de fermeture du déflecteur et la vitesse d'ouverture du régulateur étant plus grande que sa vitesse de fermeture.

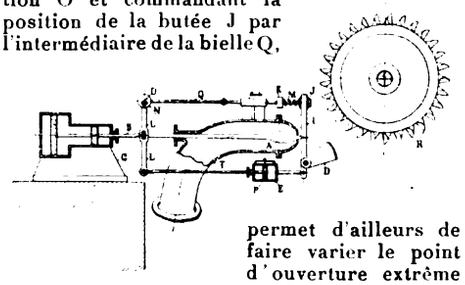
R est la roue d'une turbine Pelton; T, la tubulure d'amenée; A, l'aiguille de réglage du débit; D, le déflecteur déviant le jet; G, le régulateur automatique de vitesse qui peut être d'un type quelconque, mais tel toutefois que la vitesse d'ouverture soit notablement plus grande que la vitesse de fermeture.

La tige B du régulateur attaque directement l'aiguille. Elle attaque la commande du déflecteur par l'intermédiaire d'un levier LL articulé autour d'un point fixe O.

Le levier LL est relié au déflecteur par l'intermédiaire d'un dash-pot E dans lequel se meut un piston P. D'autre part, un levier I est calé sur l'axe du déflecteur.

Un ressort M prenant appui sur un siège K tend à ramener constamment le levier I au contact de la butée J.

Un excentrique N monté sur l'axe d'articulation O et commandant la position de la butée J par l'intermédiaire de la bielle Q,



permet d'ailleurs de faire varier le point d'ouverture extrême du déflecteur en fonction de la position de l'aiguille.

Les caractéristiques du mouvement d'excentrique sont déterminées de façon que, pour une ouverture donnée de l'aiguille, l'ouverture extrême du déflecteur corresponde à la position pour laquelle celui-ci se trouve exactement au bord du jet.

D'autre part, les leviers commandant le déflecteur sont construits de telle façon que, pour une fraction de la course du régulateur, la course du déflecteur soit totale.

Enfin la vitesse de manœuvre du régulateur est déterminée de façon que les ouvertures et fermetures de l'aiguille ne provoquent pas de coups de bélier dangereux. La vitesse d'ouverture est d'ailleurs plus rapide que celle de fermeture, ce qui est possible, car les coups de bélier d'ouverture sont moins dangereux que ceux de fermeture.

Ceci posé, voici quel est le fonctionnement du système. Supposons l'aiguille dans une position moyenne et le déflecteur au bord du jet. Si une décharge se produit, le régulateur ferme l'aiguille à laquelle il est directement attelé, et le déflecteur auquel il est relié par l'intermédiaire du dash-pot E. Le dash-pot forme alors liaison rigide (il est réglé à cet effet) et, en raison du rapport des leviers commandant le déflecteur, la fermeture de celui-ci se fait en un temps très court.

Pendant cette fermeture le ressort M se comprime au moment où la vitesse est ramenée à sa valeur normale; on se trouve donc à une ouverture de l'aiguille un peu plus faible qu'avant la décharge, et le déflecteur coupe une partie du jet.

Mais le ressort M étant bandé exerce un effort sur le piston du dash-pot, et par suite l'huile est sollicitée à passer à travers la cataracte de celui-ci. Le déflecteur s'ouvre donc à nouveau de lui-même mais très lentement, et, au fur et à mesure, l'aiguille se referme sous l'action du régulateur, la liaison du dash-pot n'existant pas pour ces petits mouvements.

Le système se retrouve à nouveau en équilibre lorsque le levier I est arrêté dans son mouvement par la butée J. A ce moment le déflecteur se trouve à nouveau au bord du jet.

Si alors une surcharge se produit, le régulateur ouvre l'aiguille et, en même temps, par

Digitized by Google

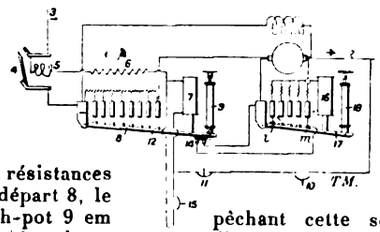
l'action de l'excentrique N, le déflecteur. Tout se passe donc à l'ouverture comme si celui-ci n'existait pas.

(*Société Neyret-Brenier et Cie*, Grenoble, Brev. fr., cl. 5, n° 440 396, 13.II.12.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Ascenseurs électriques. — L'invention est relative au système par lequel l'ascenseur est mis en marche quand on presse sur un bouton. Quand le bouton de pression 10 est pressé, le courant passe du fil positif 2 à travers le commutateur 11, le solénoïde 7 et la résistance 6, le solénoïde 5 et le fil négatif 3.

Le commutateur 4 est alors fermé et le bras 12 s'élève de façon à mettre hors série



les résistances de départ 8, le dash-pot 9 empêchant cette série d'opérations d'être exécutée trop lentement. Lorsque l'ascenseur arrive près de l'étage où il doit s'arrêter, juste avant la limite de fonctionnement, le commutateur 11 est ouvert, le commutateur 15 est fermé par le mouvement de la cage et le solénoïde 7 est court-circuité; l'arbre 12 tombant, met les résistances de départ dans le circuit de l'armature et réunit en même temps les contacts 14.

Lorsque la cage descend ou monte avec une faible charge, ce dispositif ne diminue pas la vitesse, et la force électromotrice de l'armature actionne le solénoïde 16, qui tire le bras 17, et place les résistances *i*..., *m*..., dans le circuit de l'armature, le dash-pot 18 empêche la mise hors circuit des résistances en actionnant momentanément le solénoïde 16.

(*W.-H. Scott*, Norwich, Angleterre. Brev. angl., n° 16 532, cl. 38 et 78, 18.VII.11.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Chaine à éléments démontables. — Ce système de chaine est particulièrement applicable à l'entraînement ou au transport des matières; il est caractérisé par la combinaison avec des anneaux oblongs, à évidement plus large au milieu, de maillons plats dont les extrémités sont arrondies; ces extrémités portent des doubles tourillons s'engageant respectivement dans des demi-coussinets des anneaux, et disposés à une distance plus grande de ces extrémités que la largeur des maillons plats de façon à ce que, d'une part, l'emmaillonnage soit assuré et, d'autre part, le démaillonnage spontané soit empêché. Ces anneaux ou maillons peuvent porter des pattes permettant de fixer à la chaine un organe quelconque d'entraînement ou de transport.

(*Compagnie des Transporteurs Simplex*, Seine, *Albert Fouchy*, Seine-et-Oise. Brev. fr., cl. 8, n° 440 026, 22.IV.11.)

Dynamomètre d'absorption; paliers de butée. — Des dynamomètres du type frein hydraulique pour mesurer les poussées quand le rotor tourne dans une direction déterminée, sont munis d'un simple rotor A (fig. 1 et 2), dont les parois *a* et *a'* sont inclinées dans des directions opposées. Les parois *b*, *b'* du stator B sont inclinées de manière à coïncider avec les parois *a*, *a'*. Quand le rotor tourne, la résultante axiale de la poussée ou de la tension sur l'arbre D, due à l'absorption de la plus grande partie de la force par l'eau sur un côté du rotor, est équilibrée par la réaction du tourillon E (fig. 6). Ce tourillon porte un anneau fixé au stator du dynamomètre et adapté de manière à résister à la poussée des

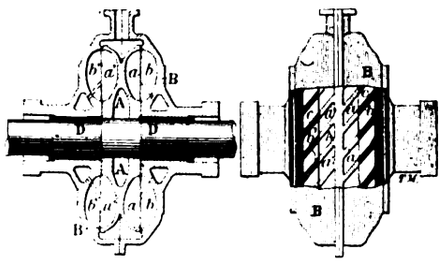
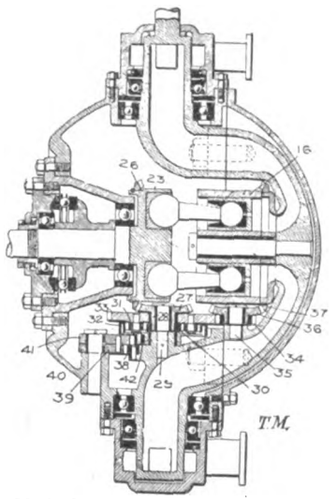


FIG. 1. FIG. 2.

billes de roulement, selon que l'arbre D transmet une poussée ou une tension.

(*Heenan and Froude and F. Harrison*, Manchester. Br. angl., classes 12 et 106, n° 15 695, 6.VII.11.)

Transmission hydraulique. — La pompe et le moteur se trouvent séparés; le disque faisant mouvoir les pistons, peut avoir une inclinaison variable par rapport au barillet des cylindres. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : le barillet des cylindres 16 et le

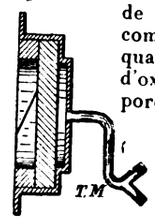


disque 23 de la pompe sont réunis par l'intermédiaire d'un système d'engrenages 26-42, qui les force à tourner à la même vitesse en compensant les mouvements relatifs se produisant par suite des variations de l'angle que font entre elles les pièces 16 et 23.

(*The Universal Speed Control Company*, New-York. Brev. all., cl. 47 *h*, n° 252 316, 9.XII.10.)

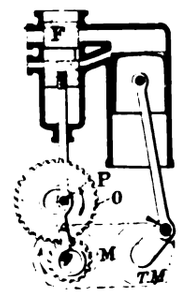
MACHINES THERMIQUES

Combustion sans flamme d'un mélange de gaz explosifs (Procédé de). — Le procédé est caractérisé ainsi qu'il suit : les gaz ou les vapeurs combustibles mélangés à la quantité de comburant nécessaire à leur combustion complète ou à une quantité plus grande d'air ou d'oxygène, traversent un corps poreux réfractaire. On allume le mélange à la sortie de ce corps, et il brûle alors sans flamme sous une faible épaisseur dans la couche superficielle du corps poreux, qu'il amène à l'état incandescent.



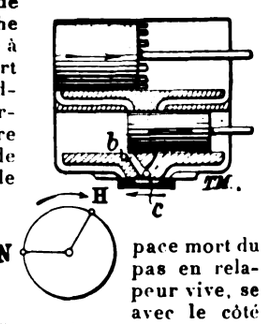
(Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 709). (*William Arthur Bone, James William Wilson*, Leeds, *Cyril Douglas, Mc Court*, London. Brev. all., cl. 4 *g*, n° 252 369, 8.X.10.)

Distribution par tiroir pour moteurs à combustion à quatre temps. — Le mouvement du tiroir est obtenu par l'intermédiaire de deux roues dentées. L'une de ces roues tourne à la même vitesse que l'arbre du moteur, tandis que l'autre tourne à une vitesse inférieure de moitié. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : la roue dentée O commande le tiroir par l'intermédiaire d'une excentrique P, elle tourne sous l'action de la deuxième roue dentée M, excentrée par rapport à l'arbre N commandé par le moteur. Les centres des deux roues dentées sont maintenus à une distance invariable par l'intermédiaire de la tige A.



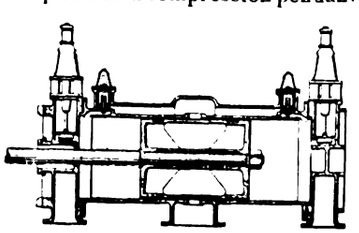
(*G. E. Tiercé*, Nanterre. Brev. all., cl. 46 *b*, n° 252 542, 5.XII.11.)

Machine équicourant compound. — Un canal *b*, en forme de fourche, débouche dans le cylindre à haute pression, il sert d'espace nuisible additionnel; son ouverture et sa fermeture sont commandées de part et d'autre par le piston. Cette commande est réglée de façon que l'espace mort du tiroir *c*, n'étant pas en relation avec la vapeur vive, se trouve en relation avec le côté du cylindre où s'effectue la compression, et ceci au commencement de cette compression; lorsque le piston a découvert l'une des ouvertures *b*, une partie de la vapeur comprimée se dirige du côté du cylindre où s'effectue la détente et passe dans le cylindre à basse pression.



(*Paul Berger*, Charlottenburg. Brev. all., cl. 14 *g*, n° 252 792, 27.VII.11.).

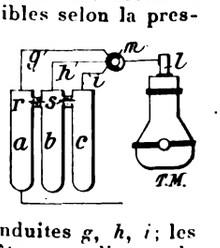
Machine équicourant d'extraction. — Les organes d'échappement auxiliaires de la machine sont commandés de façon à diminuer automatiquement la compression pendant l'aug-



mentation de remplissage, tandis que pendant les remplissages correspondant à la marche normale ces organes restent immobiles.

(*Johann Stumpf*. Berlin. Brev. all., cl. 14 *g*, n° 252 043, 51.VI.10, addition n° 244 686, 25.VII.08.)

Moteurs à combustion interne. — Pour envoyer à différentes pressions l'air destiné à être mélangé aux combustibles selon la pression des moteurs du type Diesel, on envoie de l'air par deux ou trois réservoirs *a*, *b*, *c* à différentes pressions.



Cet air est ensuite admis à la valve de distribution, *e*, par une valve, *m*, ou par trois valves disposées sur les trois conduites *g*, *h*, *i*; les réservoirs *b*, *c*, peuvent être remplis par le

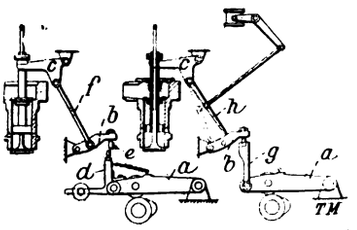
Digitized by Google

réservoir *a*, à travers les valves *r*, *s*, et peuvent encore être chargés par la valve *m*, modifiée. Les tuyaux *h* et *i* étant munis de valves de sécurité.

Quand le moteur est au repos, la valve *m*, peut mettre la valve *l* en communication avec l'atmosphère.

(*B. E. D. Kilburn*, London. Brev. angl., n° 16 775, cl. 7, 21.VII.11.)

Réglage des moteurs à combustion. — Avec un faible changement, ce système peut être monté en réglage quantitatif ou en réglage « par tout ou rien ». Il est caractérisé ainsi qu'il suit : Pour les deux systèmes de réglage, le levier à came *a*, le levier intermédiaire *b* et le levier de soupape *c* restent les mêmes. Pour le réglage « par tout ou rien », le levier à came *a* porte l'organe de fermeture *d*



qui peut agir sur la pièce *e* fixée au levier *b* ; ce levier est solidaire du levier de soupape *c* par l'intermédiaire d'une tige *f*. Pour le réglage quantitatif, l'organe *d* est remplacé par une pièce *g* solidaire du levier *b* et la tige *f* est remplacée par une pièce *h*, dont l'une des extrémités s'appuie sur le levier de soupape *c*, tandis que l'autre extrémité peut, sous l'action du régulateur, se déplacer sur une glissière solidaire du levier *a*.

(*Benz und C^ie, Rheinische Automobil. u. Motoren-Fabrik Akt. Ges.*, Mannheim. Brev. all., cl. 46 b. n° 252 543, 9.II.12.)

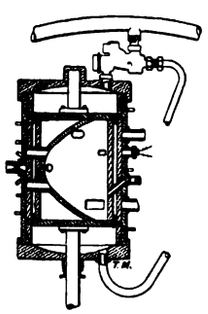


Fig. 1.

Turbine à gaz à chambres d'explosions rotatives (Procédé de démarrage). — Les chambres d'explosion sont reliées à l'arbre de la turbine par l'intermédiaire d'un système d'engrenages. Un débrayage permet de faire tourner à la main les chambres seules indépendamment de l'arbre.

(*Howard Austin Whiteside*, New York City. Brev. all., cl. 46 *d*, n° 251 399, 71.II.11.)

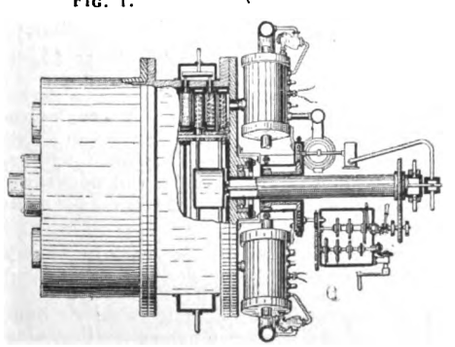


Fig. 2.

Turbine à vapeur ou à gaz avec couronnes d'aubes interrompues à l'endroit du joint de l'enveloppe. — Dans les turbines à vapeur ou à gaz, les couronnes d'aubes portées par l'enveloppe doivent être interrompues à l'endroit du joint horizontal des deux moitiés de l'enveloppe, à la fois pour avoir une obturation horizontale plane et pour tenir les dernières aubes et leurs pièces intercalaires.

Suivant la présente invention, on donne aux pièces de contact qui font obturation à l'endroit du joint, la forme de corps creux ou de corps

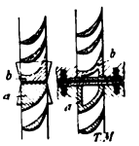


Fig. 1.

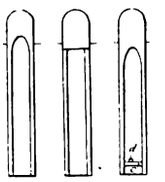


Fig. 2.

à nervures tournant leur ouverture du côté du joint. Les pièces de contact forment ainsi un joint à labyrinthe et exercent une action avantageuse sur le flux de vapeur à l'endroit des joints, en ce sens qu'elles empêchent un échappement entre des surfaces lisses. En outre, des pièces ainsi établies pèsent beaucoup moins que des pièces pleines, de sorte que leur prix de revient est moindre ; enfin l'usinage est diminué par suite de la suppression du dressage des surfaces horizontales. Leur forme permet encore de les fondre mieux, en raison de l'épaisseur uniforme de leurs parois.

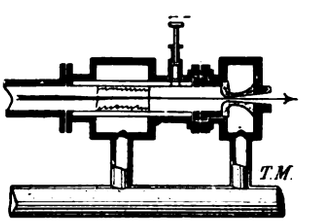
Dans le cas de pièces de contact grandes et longues, il sera parfois bon, pour donner plus de force, de prévoir une ou plusieurs nervures transversales *c*. On ménagera alors, de préférence, des trous de vidange *d* dans la moitié inférieure.

La figure 2 représente schématiquement quelques exemples d'exécution.

La fixation peut être faite soit par un profil extrême en queue d'aronde, soit par une mince plaque vissée, ou de toute autre façon convenable (fig. 1).

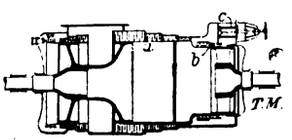
(*Société Brown, Boveri et C^ie*, Suisse. Brev. fr., cl. 5, n° 440 252, 16.II.12.)

Turbine à gaz à combustion. — Le système de combustion employé est la combustion sans flamme dans les corps poreux.



(*Wegner v. Dallwitz*, Neckargemünd. Brev. all., cl. 45 *d*, n° 253 189, 15.XII.11.)

Turbines marines. — Dans une installation de turbines marines comprenant des éléments pour haute et pour basse pressions disposés sur des arbres différents, l'élément basse pression est muni des étages ordinaires *a* et d'étages supplémentaires *b*. Aux faibles puissances, le fluide moteur passe à travers les étages *b*, mais aux fortes puissances le fluide passe directement par les valves *c*, aux étages *a*. De cette façon, la puissance développée sur chaque arbre peut être réglée pour les diverses conditions de travail. Les valves *c* peuvent être commandées automatiquement ou à la main.



(*Akt. Ges. Brown, Boveri et C^ie, Baden*, Suisse. Br. angl., cl. 110, n° 15 562, 4.VII.11.)

MÉTALLURGIE

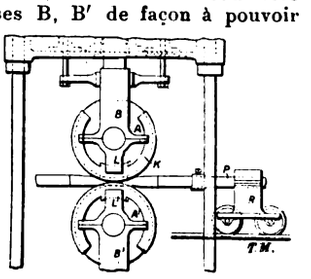
Dépôt électrolytique des métaux sur du fer ou de l'acier. — Le bain galvano-plastique s'obtient en faisant dissoudre dans une solution aqueuse de glycéro-boro-benzoate de sodium ou de potassium, un sel du métal à déposer, ou les sels des métaux constituant l'alliage à déposer.

(*P. Marino* et *A. Marino*, Angleterre, Brev. fr., cl. 12, n° 440 163, 14.II.12.)

Ferromanganèse (Procédé de préparation). — Ce procédé est destiné à obtenir du ferro-manganèse peu phosphoreux au moyen de minerais de manganèse phosphoreux ou au moyen de ferro-manganèse phosphoreux. Le métal phosphoreux porté à une température d'environ 1 200° est soumis à un procédé d'oxydation qui permet de brûler le phosphore sans perte sensible de manganèse.

(*Georg Lang*, Kattowitz, O. S. Brev. all., cl. 18 *b*, n° 252 166, 7.II.11.)

Forge et laminage. — Une machine pour travailler les essieux de tramways, etc., comporte des rouleaux A, A′, montés sur des béliers de fortes presses B, B′ de façon à pouvoir exercer une action de forge ou de laminage. Les rouleaux peuvent être rainurés sur leurs faces K et peuvent être animés d'un mouvement d'oscillation ou d'un mouvement de rotation. Des prolongements LL′ sont ménagés et portent les appareils de forge. La pièce à travailler est portée par P, qui peut tourner autour d'un axe vertical. Le chariot R peut se déplacer transversalement pour différentes passes.



(*P. Mellor*, Sheffield. Brev. angl., cl. 83, n° 15 629, 28.VII.11.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Composition d'imperméabilisation. — On dissout 10 parties d'hydrate de sodium dans 50 parties d'eau, on agite avec 100 parties d'huile de poisson, on ajoute 40 parties d'alun dissous dans 150 parties d'eau et enfin une quantité convenable de chaux en poudre et on sèche.

(*G.-P. Dietkmann*, Masson City (Iowa), Etats-Unis. Brev. amér., n° 1 023 926, 23.IV12.)

Pour donner aux fibres végétales un lustre soyeux. — On traite les fibres sous pression par une solution de carbonate de soude, on les rince, puis on les traite par un bain renfermant de la chaux éteinte, du bisulfite de soude, du sel ammoniac, du peroxyde de sodium et des sels de magnésium.

On les lave, puis on les passe dans une solution acide ; un nouveau rinçage termine l'opération.

(*G. Debourg*, Lyon, France. Brev. am., n° 1 018 650, 23.II.12.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Ciment. — On obtient un ciment au moyen d'un mélange de magnésie, de chlorure de magnésium, caséine, pierre pulvérisée et fibres végétales traitées par un savon.

(*W. K. Freeman*, Oscawana. Etats-Unis. Brev. amér., n° 1 027 118, 21.V.12.)

Ciment imperméable. — On obtient un ciment imperméable en ajoutant à du ciment Portland une graisse et de l'oxyde de plomb de manière à obtenir un sel de plomb d'acide gras et un glycérate de plomb.

(*M. Toch*, New-York. Brev. amér., n° 976 520, 22.XI.10.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL INDUSTRIEL

L'application des lois sur le travail en 1911.

D'après le rapport de la Commission supérieure du travail sur l'application, en France, de la loi du 2 novembre 1892 et des autres lois réglementant le travail dans l'industrie, le nombre des établissements soumis au contrôle des inspecteurs du travail aurait été de 507 557 en 1911. Ce nombre est inférieur à celui des établissements tombant sous le coup des lois, car, comme le fait remarquer M. Ed. Payen dans « L'Economiste français », il faut y ajouter « les mines, minières, carrières et établissements annexes, qui sont surveillés par les ingénieurs et contrôleurs des mines, les établissements de la Guerre et de la Marine, dans lesquels l'intérêt de la défense nationale s'oppose à l'introduction d'agents étrangers au service, et qui sont contrôlés par des agents spéciaux désignés par les ministres de la Guerre et de la Marine, et enfin, les entreprises d'omnibus et de tramways dans lesquelles l'exécution de la loi sur le repos hebdomadaire incombe au préfet ». Au total, M. Payen évalue à 550 000 le nombre des exploitations soumises aux lois sur le travail.

Les 507 557 établissements tombant en 1911 sous le contrôle des inspecteurs, occupaient 4 258 617 personnes. En y ajoutant les autres, on arriverait à un total de 4 700 000. Sur le premier total, on compte 2 721 785 hommes de plus de 18 ans, 914 214 filles et femmes de plus de 18 ans, 286 578 filles et 336 040 garçons de moins de 18 ans.

Jusqu'en 1911, 82,8 °/₀ des établissements indiqués ont été visités par les inspecteurs du travail.

La situation est satisfaisante au point de vue du nombre des visites dans les circonscriptions de Paris, Lille et Nancy; elle laisse à désirer dans celles de Limoges, Marseille, Rouen et surtout dans celle de Bordeaux, où 35,3 °/₀ des établissements n'ont jamais reçu encore la visite des inspecteurs.

Pendant le cours de l'année 1911, 167 483 établissements, soit 32,9 °/₀ seulement du total, ont été visités. La proportion s'élève à 49,8 °/₀ pour les établissements soumis à la loi du 30 mars 1910 relative aux enfants et aux femmes. Sur les 622 618 enfants de moins de 18 ans travaillant dans les établissements soumis aux inspecteurs, ces derniers en ont rencontré 408 711 en 1911, soit 65,6 °/₀. L'insuffisance provient du nombre trop restreint d'inspecteurs du travail (142), auxquels on confie à chaque instant des charges nouvelles.

En 1911, les inspecteurs du travail ont dressé 6 774 procès-verbaux, dont 20 ont été classés par les parquets, 41 par le service et 89 suivis d'acquittement total. En 1910, le nombre des procès-verbaux n'avait été que de 5 525, et de 1901 à 1903 inclus, il n'atteignait pas 3 000. Sur les 6 774 procès-verbaux dressés en 1911, 457 étaient encore en instance quand ont été établies les statistiques, et 61 avaient été classés. Les procès-verbaux suivis de condamnation avaient donné lieu à des amendes s'élevant au total à 91 075 fr. En 1910, le total s'élevait seulement à 78 665 fr. Les officiers de police judiciaire ont, de leur côté, dressé 1 640 procès-verbaux relevant 4 226 infractions aux lois sur le travail. Dans la constatation et la poursuite des infractions aux lois, les inspecteurs sont guidés par les plaintes qu'ils reçoivent. Il n'y a pas de statistique des plaintes orales, mais il y en a une des plaintes écrites: il y a eu, en 1911, 9 288 plaintes, dont 1 727 anonymes, 1 716 émanant d'ouvriers ou employés isolés, 250 d'industriels isolés, 95 d'Associations patronales, 2 082 d'Associations ouvrières et 418 d'autres personnes. Plus de la moitié des plaintes anonymes ont été reconnues sans fondement. C'est parmi les plaintes émanant des Associations ouvrières et patronales que se trouverait la plus forte proportion de plaintes fondées. Les réclamations envoyées par des patrons ou des Associations patronales sont généralement provoquées par la concurrence faite par les commerçants qui violent le repos hebdomadaire.

Un décret du 17 février 1910 a restreint les veillées dans un certain nombre d'établissements à partir du 1er juillet de la même année. Or, dès 1910, on a pu constater que les industries, qui bénéficiaient des veillées avant le 1er juillet, avaient été amenées, dans le second semestre de 1910, à remplacer les heures supplémentaires de nuit, dont elles ne pouvaient plus bénéficier, par des heures supplémentaires de jour au titre de l'article 5 du décret du 15 juillet 1893, où ces industries étaient également inscrites. Le même phénomène s'est produit en 1911. Plusieurs inspecteurs ont fait observer qu'à la différence des veillées qui ne s'appliquent qu'aux femmes et filles de plus de 18 ans, les dérogations à la durée légale du travail, qui peuvent être accordées en vertu de l'article 5 du décret de juillet 1893, s'appliquent aussi bien aux enfants de moins de 18 ans qu'aux femmes et aux hommes adultes, et ils ont exprimé la crainte que les enfants ne fussent, plus que par le passé, astreints à prolonger leur journée de travail. La Commission supérieure du travail a été amenée ainsi à rechercher si, depuis le 1er juillet 1910, le nombre des dérogations, concernant les enfants, avait augmenté dans les industries où les veillées ont été supprimées et elle a constaté, qu'en effet, sauf pour la broderie et la passementerie, le nombre des dérogations accordées, en ce qui concerne les enfants de moins de 18 ans, avait notablement augmenté l'an dernier. « Cette augmentation, lit-on dans le rapport officiel, ne peut s'expliquer que par la mise en application du décret du 17 février 1910. » La Commission supérieure estime que « cette augmentation du nombre des dérogations concernant les enfants de moins de 18 ans va tout à fait à l'encontre des intentions qui ont dicté le décret du 13 février 1910. L'expérience des 18 années, pendant lesquelles les veillées ont été autorisées pour les industries dont il s'agit, prouve que ces dernières peuvent très bien se passer, dans la grande majorité des cas, du concours des enfants de moins de 18 ans pendant les heures supplémentaires. Il appartient aux inspecteurs du travail, lorsqu'ils sont saisis de demandes de dérogations de la part d'établissements qui utilisaient autrefois les veillées, de limiter strictement les prolongations de travail qu'ils autorisent au personnel âgé de plus de 18 ans ». La Commission avoue qu'il y a là un fait qui va « à l'encontre des intentions » du législateur. « Il en a été ainsi pour la loi de 1900 qui a contribué à la ruine de l'apprentissage, dit M. Ed. Payen, et en bien d'autres cas, tant il est vrai qu'en cette matière il est très difficile d'établir des règles générales n'ayant que de bons effets. »

Une loi du 27 décembre 1911 a abrogé la dérogation en vertu de laquelle le travail de nuit était autorisé toute l'année, pour les filles majeures et les femmes dans les quatre industries suivantes : coulage et séchage de l'amidon de maïs, brochage des imprimés, pliage de journaux, allumage des lampes de mines. Une seule condition était mise à cette dérogation de droit, c'est que le travail ne devait pas dépasser 7 heures par 24 heures. L'abrogation de cette exception, dit le rapport officiel, ne paraît pas devoir rencontrer de grandes difficultés. Toutefois il reconnaît que, pour les journaux quotidiens du matin, l'obligation de ne procéder à leur pliage qu'après 5 heures du matin ne serait pas commode; mais il ajoute : « Le problème comporte d'autres solutions : tout d'abord, dans beaucoup d'imprimeries de journaux, les machines livrent les exemplaires tout pliés; dans d'autres, ce sont des hommes adultes qui procèdent au pliage; enfin, dans certains cas, cette opération est faite à la main dans des entreprises ou des locaux spéciaux, de nature purement commerciale, qui échappent à toute règlementation au point de vue de la durée du travail de nuit. L'abrogation, à partir de 1912, de la dérogation dont jouissait jusqu'ici le pliage de journaux, n'en aura pas moins pour effet de réduire dans une large mesure l'emploi des femmes la nuit. La réforme ne pourra être complète que lorsque l'on envisagera le travail de nuit dans le commerce. »

Le rapport, parlant de l'emploi des femmes dans les usines à feu continu, dit : « Le petit nombre des femmes ainsi occupées démontre suffisamment que leur emploi ne correspond à aucune nécessité réelle d'ordre général. »

Congrès international de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle.

Le Congrès technique international de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle (Milan, 27-31 mai 1912) a examiné six questions principales, dont des rapporteurs officiels ont fait connaître les solutions tentées dans leurs pays respectifs. Ce sont :

1° Maniement et montage des courroies dans les différentes conditions qu'on rencontre dans la pratique;

2° Protection des laminoirs à froid pour métaux et des mélangeurs et laminoirs pour caoutchouc et autres matériaux;

3° Ventilation, élimination des poussières et humidification dans les filatures de coton;

4° Procédés d'élimination des buées et d'amélioration de l'atmosphère des ateliers, envisageant spécialement les teintureries et les locaux du dévidage des cocons;

5° Construction et conditions aptes à garantir la sûreté du fonctionnement des hydro-extracteurs à force centrifuge;

6° Protections contre les surtensions dangereuses pour la vie humaine qui peuvent se produire dans les circuits électriques à basse tension.

D'autres communications ont été présentées au Congrès sur divers problèmes relatifs à la sécurité du travail et à l'hygiène.

Les congressistes ont fait aussi de nombreuses visites dans des usines textiles, électriques, mécaniques, chimiques, etc.

Le Comité d'organisation du Congrès a été, en séance de clôture, transformé en comité permanent international. Il a été décidé que le prochain Congrès se tiendrait à Paris, en 1915.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (1er Semestre). — Tome VI. — N° 2. 15 JANVIER 1913

La Technique Moderne

INDUSTRIE TEXTILE

LE MÉTIER CONTINU A FILER

APPLICATIONS DE LA COMMANDE ÉLECTRIQUE ET RÉGLAGE PÉRIODIQUE DU NOMBRE DE TOURS

Le métier continu à filer à anneau, d'abord construit en Amérique, y était déjà employé vers 1860. Son existence fut révélée en Europe lors de l'exposition de Paris en 1878 : il y fit sensation dans les milieux intéressés à cause de sa simplicité. Depuis lors, son usage s'est répandu de plus en plus et sa construction a été tellement améliorée que, excepté en Angleterre, on ne file plus guère que sur cette machine les numéros de fils de chaîne de 12 à 50 anglais (correspondant aux numéros 10 à 42 français).

Le continu possède vis-à-vis du *self-acting* de grands avantages : en effet, il file et renvide en même temps, tandis que le self-acting file pendant la sortie du chariot, et ne renvide que pendant sa rentrée. A égalité de production, la concentration des organes sur le métier continu diminue beaucoup l'encombrement par rapport à celui du self-acting. De plus, son service relativement simple et facile permet de préposer à sa surveillance des femmes et des enfants, tandis que le self-acting doit être desservi par des hommes.

Le continu n'a pu se substituer complètement au self-acting, qui donne des fils de qualité supérieure. Bien que les tensions intenses et variables qui sollicitent le fil pendant le cours du filage sur le continu, aient fait préférer jusqu'à présent le self-acting dans la plupart des cas, pour le filage des trames floches et des fils de chaîne de numéros fins, on cherche de plus en plus à filer ces produits sur le continu et il semble qu'on y réussisse de mieux en mieux.

On est arrivé, en ce qui concerne la construction du métier continu et la manière de faire travailler ses différents organes, à une perfection qui élimine tout espoir de progrès nouveaux. Toutefois, on a reconnu depuis longtemps que, malgré sa simplicité, la commande actuelle, à vitesse constante, n'est pas l'idéal; certains organes commandés indirectement ayant une marche irrégulière, on n'utilise pas à beaucoup près toute la capacité de production de la machine. Tout le monde est donc d'avis qu'il faut faire varier le nombre de tours; mais dans quelles conditions doit se faire ce réglage ? Un examen mathématique et graphique du cycle de filage et de renvidage fera connaître la marche à suivre pour les recherches pratiques à effectuer dans cette voie.

Opérations du filage et du renvidage. — Le procédé servant à réaliser le filage et le renvidage est très simple en principe : le fil de préparation, provenant d'une bobine facilement dévidable, est attiré par la paire de cylindres postérieurs AA (fig. 1) et traverse ensuite les autres paires de cylindres animées de vitesses toujours croissantes. Le fil, étiré progressivement, quitte la paire de cylindres antérieurs *cc* à l'état de finesse désiré, mais il est encore peu résistant et composé de filaments parallèles. Attiré ensuite au travers du guide F, placé dans l'axe de la broche, le fil est soumis à la torsion dès sa sortie de C, sous l'influence du curseur L, qui tourne sur l'anneau R concentriquement à la bobine; terminé au sortir du curseur L, il est enroulé régulièrement sur une bobine. La vitesse du curseur entraîné par le fil n'est pas synchrone à celle de la broche, mais subit automatiquement, par rapport à celle-ci, un retard tel qu'à tout instant il puisse renvider la longueur de fil correspondant à celle que déroulent les cylindres alimentaires. Le chariot (plate-bande porte-anneaux) est animé d'un mouvement vertical de va-et-vient, qui a pour but de former la bobine à noyau conique par superposition de couches coniques. La formation du noyau sur tube nu résulte de ce que le chariot a une marche plus lente à la partie inférieure, et de ce que, par conséquent, on renvide plus de fil à ce moment; d'ailleurs, le tube est souvent élargi à sa base. Le chariot, montant progressivement de la hauteur d'une couche, produit petit à petit une bobine consistante qui pourra être employée telle quelle au tissage.

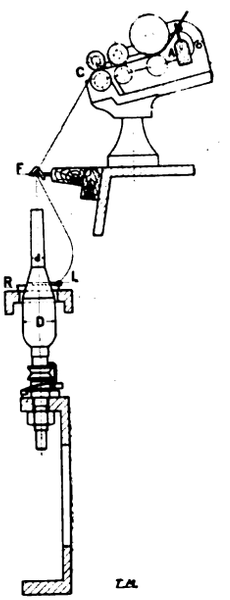


Fig. 1. — Elément d'un métier continu à filer à anneaux (cylindres étireurs guide-fil d'entrée, chariot broche).

Le cycle continu, qui réalise le filage et le renvidage peut être regardé comme une succession ininterrompue d'états d'équilibre à étudier séparément, et dont le rapprochement donne ensuite une idée d'ensemble du procédé.

Cet examen montrera si la façon d'opérer actuelle répond aux exigences les plus importantes du filateur :

1° Tension approximativement constante du fil à la sortie des cylindres, nécessaire pour obtenir une bonne qualité et pour réduire au minimum le nombre de casses;

2° Tension approximativement constante du fil entre le curseur et la bobine, pour obtenir une bobine régulièrement consistante en toutes ses parties;

3° Utilisation vraiment économique de la machine.

Filage a vitesse constante. — Le filage à vitesse constante, le seul en usage jusqu'à présent, doit être tout d'abord examiné. Considérons une machine qui livre par exemple 10 mètres de fil par broche et par minute. Soient :

Digitized by Google

Le nombre de tours de broches = 10 000 par minute;

La circonférence d'enroulement de la bobine pleine = πD = 100 mm;

La circonférence du tube nu = πd = 50 mm;

La vitesse du curseur lors du renvidage sur la bobine pleine sera :

$$n'_L = 10\,000 - \frac{10\,000}{100} = 9\,900 \text{ tours};$$

sur le tube nu, elle sera :

$$n''_L = 10\,000 - \frac{10\,000}{50} = 9\,800 \text{ tours}.$$

La différence entre les nombres de tours extrêmes est donc

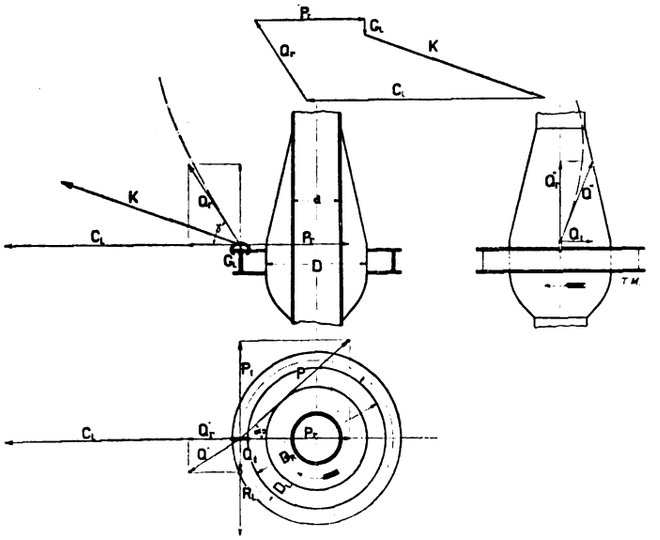


FIG. 2. — Représentation de toutes les forces agissant sur le curseur projetées sur trois plans de projection orthogonaux.

seulement de 1 °/₀ dans cet exemple; en général, cette différence ne dépasse guère 2 °/₀ $\left(\frac{D}{d} = 3{,}0\right)$. Dans les considérations qui vont suivre, le nombre de tours du curseur pourra donc être considéré comme constant. Les inégalités de torsion du fil, sous l'action des petites variations de vitesse du curseur, ne jouent ici aucun rôle.

La figure 2 représente graphiquement les différentes forces agissant sur le curseur en mouvement. Ce sont :

La tension P du fil entre le curseur et la bobine;

La tension Q du fil, tension provenant du ballon (Q', Q'' en projections);

Le poids G_L du curseur;

La force centrifuge C_L du curseur;

Le frottement R_L du curseur contre l'anneau.

Les forces P et Q sont décomposées en leurs composantes radiales P_r et Q_r (Q'_r, Q''_r en projections) et en leurs composantes tangentielles P_t et Q_t. Les forces P_r et Q_r, C_L G_L agissent toutes dans le même plan radial. La résultante K presse le curseur contre l'anneau et détermine ainsi le frottement qui tend à s'opposer au mouvement du curseur, et que nous désignerons par $R_L = MK$. La composante tangentielle Q_t s'oppose également au mouvement du curseur. La composante tangentielle P_t seule, sollicite le curseur à tourner, d'où l'équation d'équilibre :

$$P_t = R_L + Q_t.$$

L'examen mathématique et graphique qui suit, tiré d'un exemple pratique, démontrera que la force centrifuge du curseur est de beaucoup la plus importante des forces en jeu dans le plan radial, de sorte que le frottement du curseur en dépend essentiellement. Pour un poids déterminé du curseur et pour un rayon donné de rotation, la force centrifuge est proportionnelle au carré du nombre de tours du curseur, qui varie dans l'exemple choisi de 9 900 à 9 800 tours (1 °/₀).

La variation de la force centrifuge sera :

$$\left[\left(\frac{9\,900}{9\,800}\right)^2 - 1\right] 100 = 2\,°/_{0}.$$

La force centrifuge est donc à peu près constante, d'où également le frottement du curseur. La composante Q_t varie peu. On peut donc admettre provisoirement, que la somme des forces s'opposant au mouvement du curseur est constante. Il en résulte que la composante tangentielle P_t, nécessaire pour vaincre ces forces, doit être également à peu près constante.

Mais la figure 3 montre que, pour maintenir une composante tangentielle constante, il faut produire des tensions P_D et P_d très différentes, suivant que l'enroulement est produit sur la bobine pleine ou le tube nu. Pour un diamètre D_R (D_L) de l'anneau, la tension du fil tangent varie en raison inverse du diamètre de renvidage, car :

$$P_t = P_D \cdot \sin \alpha_D = P_D \cdot \frac{D}{D_L} = P_d \sin \alpha_d = P_d \frac{d}{D_L}.$$

D'où :

$$P_D \cdot \frac{D}{D_L} = P_d \cdot \frac{d}{D_L}$$

$$P_D \cdot D = P_d \cdot d$$

$$\frac{P_D}{P_d} = \frac{d}{D}.$$

Cette formule n'est qu'approximative, car on n'a pas tenu compte de la composante P_r s'apposant à la force centrifuge C_L. Elle indique cependant très clairement l'existence et la cause des variations qui se produisent dans le cours du renvidage, car les tensions du fil avant le curseur jusqu'aux cylindres étireurs dépendent essentiellement de P. Ces tensions varient donc sensiblement pendant le renvidage d'une couche de fil, sans toutefois que l'amplitude de leurs variations atteigne celles de P.

Si le fil était fixé au curseur, les forces P et Q seraient indé-

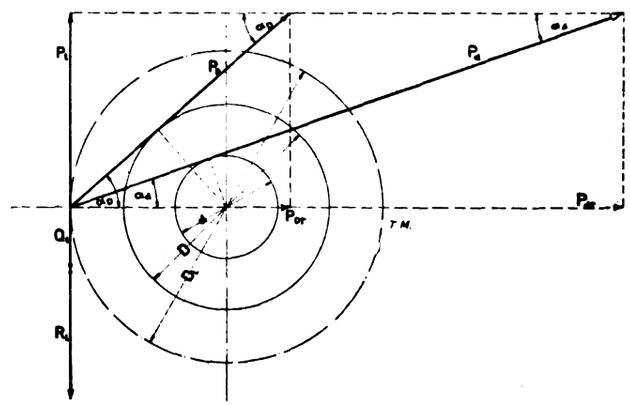


FIG. 3. — Influence du diamètre de renvidage sur la tension dans la partie du fil comprise entre le curseur et la bobine.

pendantes et agiraient indépendamment l'une de l'autre, mais comme le fil est attiré librement au travers de l'anneau, la tension Q, qui prend naissance à l'extérieur du curseur, doit faire équilibre à chaque instant à la tension P, ou doit être du moins dans un certain rapport avec celle-ci, de sorte qu'on a par exemple :

$$P = f.Q.$$

La valeur absolue dont Q est inférieure à P représente le frottement du fil dans le curseur. Ce frottement R_r dépend des ten-

Digitized by Google

sions P et Q, de l'angle formé par les directions de ces deux forces (indirectement des angles α et γ de la figure 2), du numéro du filé, de la qualité de la matière que l'on file, de l'état du curseur, de la

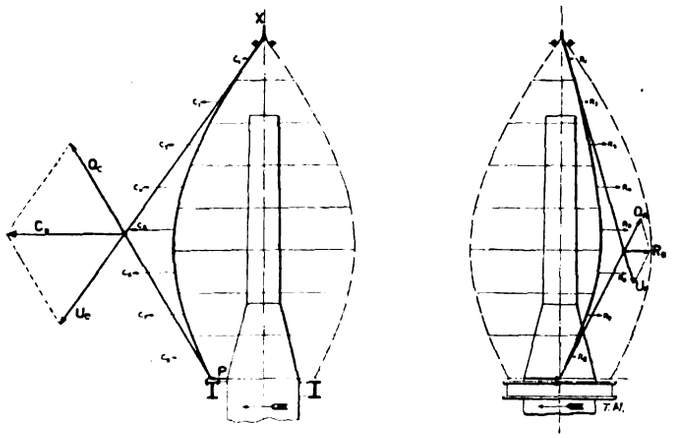


FIG. 4. — Décomposition de la force centrifuge et de la résistance de l'air agissant sur le ballon en leurs composantes tangentielles.

température et de l'état hygrométrique de la salle de filature, mais il est toujours :

$$R_F = P - Q.$$

On a trouvé plus facile, plutôt que de déterminer R_F, de rechercher la valeur du coefficient f et ses variations en procédant à des essais dans des conditions normales. Ces essais faits avec un curseur normal, maintenu au repos pour toutes les valeurs d'angle et de tensions pratiques, ont donné $f = 2$ comme valeur moyenne de f; pour des angles compris entre P et Q cette valeur varie de 1,75 à 2,2.

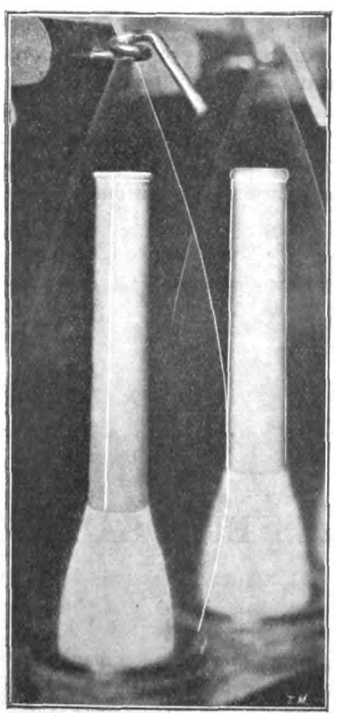


FIG. 5. — Forme du ballon lors du renvidage sur grand diamètre.

La tension Q du fil, avant le curseur, détermine la forme du ballon qui dépend également de la force centrifuge C_B et de la résistance de l'air R_B agissant sur le ballonnement du fil.

La résultante de ces deux dernières forces, décomposée suivant les tangentes au fil, donne la tension Q à l'anneau et la tension U au guide-fil.

Une petite partie de la force U est absorbée par le frottement du fil dans le guide-fil large et poli : mais la plus grande partie de cette force équilibre la tension qui règne entre le guide-fil et les cylindres étireurs. Cette tension X, variable avec P, sollicite d'une façon variable et souvent brise le fil, peu consistant et non encore tordu, sortant du système étireur. On peut mesurer exactement la valeur de cette tension au moyen d'un dynamomètre de précision. Si on poursuit les mesures pendant un certain temps, on arrive à déterminer les variations périodiques de cette tension, sans toutefois pouvoir ni établir une comparaison entre toutes les forces qui entrent en jeu dans le filage et le renvidage, ni se faire une idée de leurs actions simultanées.

La tension P, qu'il vient tout d'abord à l'esprit d'examiner, ne peut pas non plus servir de base à une recherche expérimentale, car on ne peut la mesurer en marche.

De plus, la détermination de la courbe du ballon, en se basant sur les valeurs de P ou de X, serait incertaine et compliquée.

Si, au contraire, on photographie le ballon à chaque phase de l'opération, on peut déterminer d'une façon relativement exacte les tensions Q et U, et en déduire approximativement les valeurs de P et de X.

Dans une recherche générale, il suffit de quelques positions extrêmes pour pouvoir en déduire une certaine continuité.

Les figures 5 et 6 représentent deux instantanés, pris pendant la marche d'une machine normale, pour deux positions successives extrêmes du chariot et qui ont servi à établir l'étude qui suit.

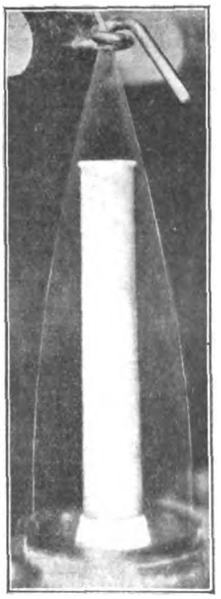


FIG. 6. — Forme du ballon lors du renvidage sur petit diamètre.

CALCUL DES DIFFÉRENTES FORCES AGISSANT ENTRE LES CYLINDRES ÉTIREURS ET LA BOBINE AU COURS DU FILAGE ET DU RENVIDAGE.

Fil considéré : n° 20 anglais (n° 16, 93 français).

Diamètre de l'anneau : $D_R = 1\ 5/8'' = 41{,}4$ mm.

Curseur n° 3.

Tube (nu) : $d = 16$ mm.

Bobine pleine : $D = 36/37$ mm. Diamètre obtenu par photographie $= 32$ mm.

Nombre de tours de la broche : 8 160.

Nombre de tours du curseur : environ 8 000.

Le ballonnement radial pris par le fil entre le guide fil et le curseur, sous l'action de la force centrifuge totale C_B de sa masse M_B, est donné par la ligne délimitant extérieurement le ballon sur la photographie.

Le ballonnement vers l'arrière (c'est-à-dire en sens inverse de la direction du mouvement) produit par la résistance de l'air R_B n'est naturellement pas visible. On ne peut, même avec le meilleur instantané, surprendre le fil lorsqu'il tourne à une vitesse de 8000 tours par minute, soit 133 tours par seconde. Cependant, des essais effectués sur des ballons artificiels de grandes dimensions ont donné des images distinctes et ont permis de juger de l'influence de la résistance de l'air.

Pour la simplification du calcul, on a supposé dans ce qui suit que la ligne délimitant le ballon représente réellement la longueur du fil; aussi obtiendra-t-on pour les forces, des valeurs un peu inférieures à la réalité.

FORCE CENTRIFUGE C_B DU BALLON. — Le contour apparent du ballon (fig. 4) représente le polygone funiculaire des forces centrifuges agissant sur le fil. Divisons cette ligne en X éléments égaux $f_1, f_2, f_3, f_4, \ldots, f_x$ dont les diamètres de rotation sont respectivement : $r_1, r_2, r_3, \ldots, r_x$. La force centrifuge résultante est égale à la somme des forces centrifuges élémentaires et son point d'application est situé à l'intersection des tangentes extrêmes. En décomposant cette force en ses composantes tangentielles, on obtient des tensions partielles Q_c et U_c agissant respectivement sur le curseur et sur le guide-fil.

Soit : G, le poids d'un élément f_x en grammes; r_x, son diamètre en mètres; n le nombre de tours du curseur, la force centrifuge de cet élément est :

$$C_x = \frac{G}{9{,}81} \cdot \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot r_x \text{ (grammes)}.$$

Digitized by Google

La force centrifuge totale est :

$$C_B = \Sigma \frac{G}{9,81} \cdot \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 r_x = \frac{G}{9,81} \cdot \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot (r_1 . r_2 \ldots r_x).$$

La figure 7, tirée de la figure 5, représente, à l'échelle, la forme du ballon lors du renvidage sur bobine pleine. Le contour appa-

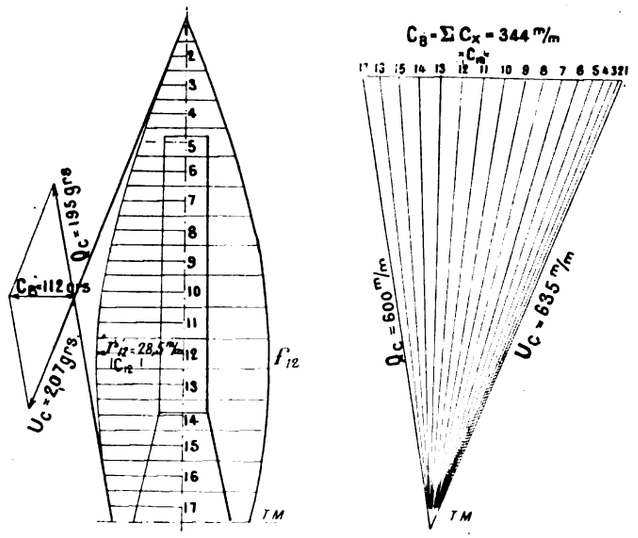


FIG. 7. — Obtention des composantes tangentielles lors du renvidage sur grand diamètre.

rent a été partagé en éléments de fil de 1 cm de longueur, dont les diamètres de rotation pouvaient être mesurés directement. Le poids d'un élément est tiré de la valeur du numéro du fil.

N° 20 anglais (16,93 français) : 16 930 m pèsent 500 gr, 1 cm pèse donc :

$$G = \frac{5_{,1} \times 10^2}{1,693 \times 10^6} = 2,95 \times 10^{-4} \text{ grammes.}$$

Pour l'élément 12, on a :

$$G = 2,95 . 10^{-4}$$

$$r_{12} = 28,5 \text{ mm}$$

$$n = 800$$

$$C_{12} = \frac{2.95 . 10^{-4}}{9,81} \cdot \left(\frac{\pi . 8\,000}{30}\right)^2 28,5 \times 10^{-3} = 0 \text{ gr } 6.$$

Dans la représentation graphique, les diamètres de rotation donnent à une certaine échelle les grandeurs des forces centrifuges ; la somme de ces éléments de force est ensuite décomposée suivant les composantes tangentielles. La figure 7 montre le polygone des forces réduit au quart de sa grandeur. La valeur de C_{12}, rapportée à sa grandeur dans le polygone, indique l'échelle.

La force centrifuge de l'élément 12 est en effet représentée par le rayon $r_{12} = 28,5$ mm.
d'où

$C_{12} = 28,5$ mm correspond à 0 gr 6
$C_B = 344$ mm correspond à 7 gr 25
$Q_c = 600$ mm correspond à 12 gr 6
$V_c = 635$ mm correspond à 13 gr 4

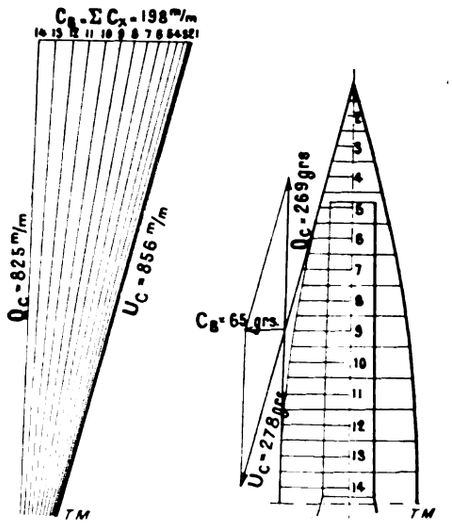


FIG. 8. — Obtention des composantes tangentielles lors du renvidage sur petit diamètre.

La figure 8, déduite de la figure 6, représente la forme du ballon lors du renvidage sur tube nu. Le calcul graphique donne :

198 mm : $C_B = 4$ gr 17
825 mm : $Q_c = 17$ gr 4
856 mm : $V_c = 18$ gr 0

La comparaison des deux cas montre que, pour des ballons faiblement bombés, une force centrifuge extrêmement faible donne lieu à des parallélogrammes de forces très allongés, c'est-à-dire à des tensions au guide-fil et au curseur beaucoup plus grandes qu'avec des ballons très bombés. Le ballon est donc un critérium pour juger des tensions régnant momentanément dans le fil.

(*A suivre.*)

V. SYLVESTRE,
Ingénieur-électricien A. M. et I. E. G.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

EMPLOI DES ROULEMENTS ET DES COULISSEMENTS A BILLES ET A GALETS DANS LES MACHINES-OUTILS

Butée à galets plats.

Dans un précédent article (1) on a étudié l'application aux machines-outils des roulements à billes ou à galets et les raisons de la substitution définitive des galets aux billes due à leur supériorité très nette. On a fait en même temps pressentir que, grâce à des essais s'annonçant comme favorables, cette substitution pourrait être étendue aux butées des arbres de machines-outils, dont les billes donnaient lieu à des incidents par suite de bris. L'introduction de la *butée à galets plats* dans les machines-outils (fig. 1) a donc permis de supprimer l'emploi des billes (1) d'une façon absolue et d'assurer la rotation de tous les arbres à l'aide de dispositifs où les galets sont seuls employés.

La BUTÉE A GALETS PLATS se compose d'une *boîte de roulement* en acier demi dur, au fond de laquelle se trouve une *rondelle* en acier au creuset trempée à l'eau, et revenue au jaune paille. Cette

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 7 (1er octobre 1912), p. 225.

(1) Voir dans l'article précité les nombreux inconvénients que présente l'emploi des billes.

Digitized by Google

rondelle, maintenue par un ergot qui la rend solidaire de la boîte de roulement, empêche ces deux pièces de tourner en même temps que l'arbre de la machine.

Au-dessus de la rondelle fixe se trouvent les *galets plats* maintenus dans une *couronne en bronze*. Cette couronne présente des alvéoles rectangulaires dans lesquelles les galets plats pénètrent sans jeu, mais sans dureté.

Au-dessus de la couronne en bronze se trouve une deuxième rondelle en acier au creuset, trempée à l'eau et revenue au jaune paille; un ergot la maintient et la rend solidaire de l'arbre de la machine par l'intermédiaire d'une *rondelle-écrou*, goupillée sur l'arbre.

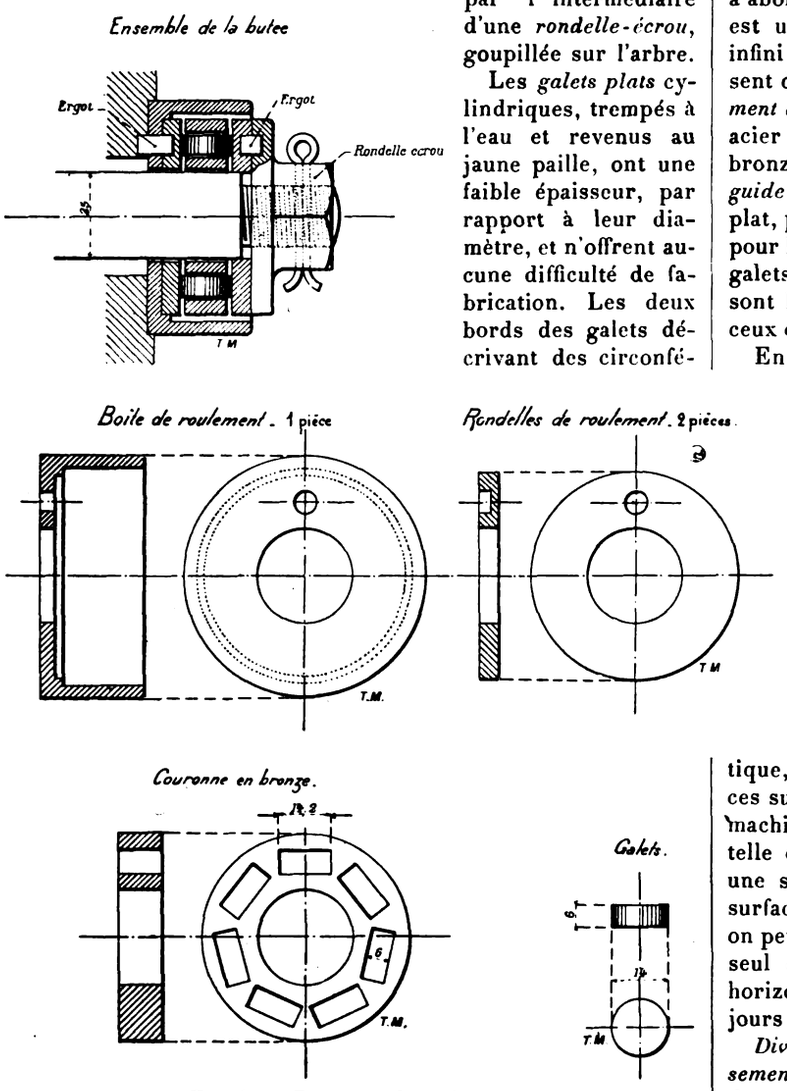


FIG. 1. — Butée à galets plats.

Les *galets plats* cylindriques, trempés à l'eau et revenus au jaune paille, ont une faible épaisseur, par rapport à leur diamètre, et n'offrent aucune difficulté de fabrication. Les deux bords des galets décrivant des circonférences de diamètres différents, il en résulte, sur les chemins de roulement, un certain frottement des galets, négligeable dans la pratique, car l'échauffement est insignifiant, même pour des vitesses de 5 000 tours à la minute.

Le montage du roulement se fait sans aucune difficulté en superposant les pièces dans l'ordre indiqué (fig. 1) et en remplissant de graisse consistante tous les vides existant entre les pièces.

Depuis l'introduction des butées à galets dans les machines-outils, tous les incidents dus au bris de billes, ont disparu : les machines de cartoucherie et autres, munies de roulements et de butées à galets, marchent d'une manière continue et sans entretien.

Application de la butée à galets aux crapaudines. — Une crapaudine est la butée inférieure d'un arbre vertical. Le frottement qui s'exerce dans une crapaudine (et par suite son usure) est directement proportionnel au poids de l'arbre; ces organes demandent un graissage continuel pour éviter les grippements.

En substituant à ces crapaudines une butée à galets plats, on supprime complètement le frottement, l'usure, et, par suite, le déréglage de l'arbre. La surveillance et le graissage deviennent inutiles.

Coulissements à galets.

Après avoir étudié et mis au point les roulements à galets, on a abordé la question des coulissements à galets. Le coulissement est un roulement dans lequel le rayon de courbure devient infini; les divers éléments d'un coulissement à galets se déduisent donc du roulement correspondant par un simple *développement des éléments circulaires* de ce dernier. Les deux bagues en acier deviennent donc deux réglettes (fig. 2) et la couronne en bronze devient *un guide rectangulaire* plat, percé d'alvéoles pour le logement des galets. Les galets sont les mêmes que ceux des roulements.

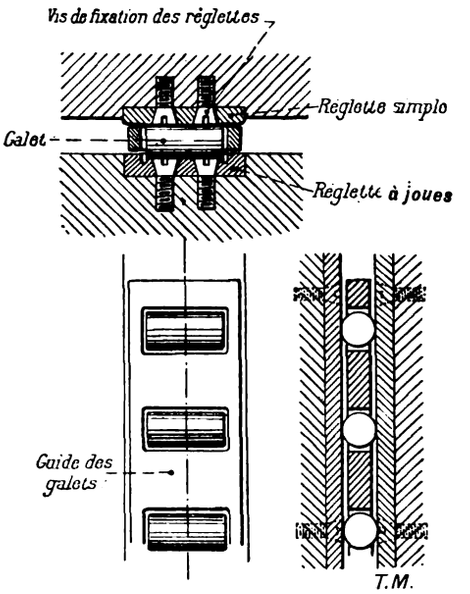


FIG. 2. — Coulissement à galets ouverts.

En principe, on assure le roulement de deux surfaces planes l'une sur l'autre, au moyen de plusieurs coulissements dont le nombre et la distance sont fonctions de la largeur des surfaces portantes.

Dans la pratique, la largeur de ces surfaces dans les machines-outils est telle que deux coulissements suffisent dans tous les cas. Pour une surface verticale ou inclinée, invariablement reliée à une surface horizontale (comme dans une queue d'aronde — fig. 3), on peut même se contenter d'un seul coulissement, la surface horizontale en comportant toujours deux (fig. 4, p. 54).

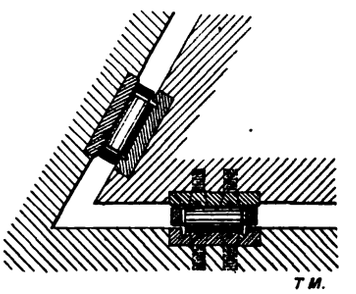


FIG. 3. — Queue d'aronde.

Diverses espèces de coulissements à galets. — Il existe deux sortes de coulissements à galets, comme il existe deux espèces de roulements à galets : un coulissement fermé et un coulissement ouvert. Le premier, peu employé dans les machines-outils, ne permet aucun réglage latéral. Le coulissement ouvert, généralement employé, assure le réglage des chariots et la suppression de tout jeu entre les organes de la machine.

Confection et mise en place d'un coulissement ouvert. — Un coulissement à galets ouvert se compose des pièces suivantes (fig. 2) :

Deux réglettes, en acier au creuset, trempées à l'eau et revenues au jaune paille, l'une simple, l'autre munie de joues longitudinales empêchant les galets de sortir latéralement du coulissement;

Un *guide des galets* en bronze les maintient à une certaine distance les uns des autres;

Digitized by Google

Des *galets*, dont le nombre est fonction de la longueur des deux parties roulant l'une sur l'autre.

Les deux réglettes sont maintenues par des vis de fixation en acier au creuset, avec *tête* trempée à l'eau et revenue comme les réglettes elles-mêmes. Chaque réglette est rectifiée à la meule, après avoir été montée et vissée à son emplacement définitif sur le bâti, ou sur le chariot de la machine.

La longueur des deux réglettes est la même que celle des surfaces sur lesquelles elles sont fixées.

Le guide des galets, au contraire, ayant une longueur plus faible que celle de la partie mobile du coulissement, les galets restent toujours en prise avec les deux réglettes pendant le mouvement. En effet, pendant le mouvement de coulissement, les galets ne se déplacent que de la moitié du chemin parcouru par la partie mobile du coulissement. Si cette partie mobile est appelée à avoir un mouvement alternatif d'une amplitude totale de 100 mm par exemple (1), le guide des galets ne se déplacera que de 50 mm. Les galets resteront toujours maintenus entre les deux réglettes, si le guide a une longueur inférieure de 50 mm à celle de la partie mobile.

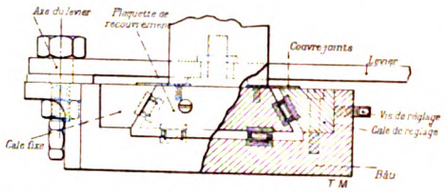


FIG. 4. — Appareil à faire les rainures circulaires (*Vue de profil*).

Application des coulissements à galets. — L'appareil (fig. 4 et 5) se compose d'un chariot à queue d'aronde *mobile* coulissant dans un petit bâti *fixe*.

La surface horizontale d'appui de la queue d'aronde du chariot comporte deux coulissements à galets; les deux surfaces inclinées, invariablement reliées à la surface horizontale, ne comportent chacune qu'un seul roulement, comme il a été dit plus haut. Donc, *quatre coulissements à galets sont suffisants pour tout chariot coulissant dans un bâti*.

La longueur du bâti AB' (fig. 5) entre la butée fixe et la butée

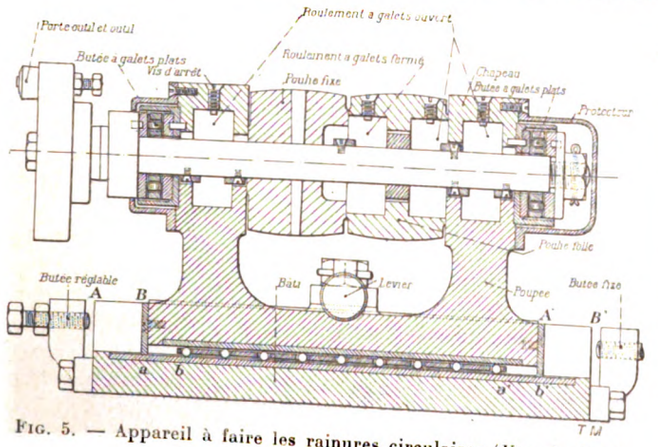


FIG. 5. — Appareil à faire les rainures circulaires (*Vue de face*).

réglable est de 400 mm; la longueur du chariot *ab'* est de 320 mm. Le mouvement alternatif du chariot a donc une amplitude totale A B + A' B', de 80 mm. Les galets restent toujours en prise avec les deux réglettes de chaque coulissement, si le guide des galets a une longueur maximum, de $320 - \frac{80}{2} = 280$ mm. Pratiquement, on lui donne une longueur de 270 mm.

Enfin, pour éviter que des copeaux de métal ne s'introduisent dans les coulissements, pendant le travail de la machine, le chariot mobile est muni de deux couvre-joints et de deux plaquettes de recouvrement, qui servent de protecteurs au coulissement.

Le réglage initial du coulissement se fait, comme celui des chariots ordinaires, à l'aide d'une cale et de plusieurs vis de réglage (fig. 4). Un pareil coulissement, rempli de graisse consistante, ne peut se dérégler que par accident, car les galets y roulent sans aucun frottement et, par suite, sans usure appréciable.

(1) Comme dans certaines machines de cartoucherie.

Emploi combiné des roulements et des coulissements à galets dans les machines-outils.

L'emploi combiné des roulements et des coulissements à galets dans les machines-outils permet d'obtenir les avantages suivants :

1° *Suppression du graissage journalier* des organes d'une machine et de son renvoi. L'économie de graisse très appréciable résultant de ce fait se chiffre par une somme importante dans un atelier renfermant plusieurs centaines de machines-outils;

2° *Suppression d'une partie des outilleurs* employés à la surveillance et à l'entretien des machines dans le cas de fabrication en série (1).

Nous avons vu, en effet, que les machines montées avec roulements, butées et coulissements à galets ne prennent pratiquement aucun jeu puisque les frottements sont supprimés. Le déréglage de pareilles machines ne peut donc être qu'accidentel, et le personnel d'outilleurs doit être réduit dans des proportions sensibles mais variables, suivant le type des machines employées pour les fabrications.

Grande simplification et, par suite, grande économie dans les réparations des machines. — Dans une machine quelconque, l'usure affecte les parties qui frottent les unes sur les autres, en tournant, ou en coulissant. Les frottements étant supprimés, l'usure devient insignifiante.

Quand un roulement a pris du jeu à la longue ou s'est détérioré accidentellement, on le remplace par un roulement de même espèce interchangeable pris en magasin. La réparation peut être faite par un ouvrier ordinaire en très peu de temps.

Si un *coulissement* vient à prendre du jeu ou à se détériorer, il suffit d'en supprimer le jeu à l'aide des vis de réglage, ou de remplacer la réglette ou les galets brisés. Ce travail se réduit à peu de chose, et la machine n'est arrêtée que pendant le minimum de temps. De pareils incidents ne se sont pas encore présentés; ils ne sauraient d'ailleurs se produire que par accident, car le travail absorbé par les coulissements à galets est pour ainsi dire nul

On peut donc réduire le personnel employé à la réparation des machines-outils, tout en maintenant celles-ci dans un parfait état d'entretien.

Diminution des riblons dans les fabrications en série. Pendant le temps qui s'écoule entre le moment où une machine se dérègle et celui où l'outilleur chargé de vérifier les produits s'en aperçoit, la machine produit des pièces de rebut qui forment ce qu'on appelle le *riblon*. Moins une machine se déréglera, moins il y aura de riblons, et plus le prix de revient des pièces fabriquées diminuera.

Diminution du travail consommé par les machines. Les roulements, et surtout les coulissements à galets, donnant lieu à un frottement très faible, il en résulte qu'une machine et sa transmission tournant à vide ne consomment presque aucun travail, contrairement à ce qui se passe dans les machines actuelles. Pour la même raison, le travail consommé quand la machine fonctionne est inférieur à celui des machines ordinaires.

(1) Ateliers de cartoucherie, de décolletage, etc.

Digitized by Google

Application a une machine simple (fig. 4 et 5).

Les figures 4 et 5 représentent la première machine qui ait été construite avec roulements et coulissements à galets combinés. Cette machine, destinée à faire une rainure circulaire dans une grande série de pièces, se compose d'un *bâti* fixe sur lequel coulisse horizontalement une *poupée*. Cette poupée supporte un *arbre porte-outil* tournant à une vitesse de 1000 tours à la minute. L'arbre est muni d'une *poulie fixe* et d'une *poulie folle*. Le mouvement de coulissement de la poupée se fait à la main, par l'intermédiaire d'un *levier* pivotant autour d'un *axe* fixé au bâti.

L'*arbre porte-outil* muni, à chacune de ses extrémités, d'une butée à galets plats, tourne sur deux roulements à galets ouverts logés dans les deux paliers de la poupée. Cet arbre porte, d'une part, une poulie fixe, goupillée sur lui, et, d'autre part, une poulie folle. La rotation de la poulie folle se fait à l'aide de deux roulements, l'un ouvert, l'autre fermé.

Le montage de l'arbre s'opère de la façon suivante : enlever les deux chapeaux de paliers, monter sur l'arbre toutes les pièces qui y sont fixées : butées, roulements, poulies fixe et folle ; mettre en place l'arbre ainsi monté, de façon que les deux roulements viennent prendre leur place dans les paliers, les fraisures des bagues extérieures des roulements en dessus ; replacer et visser les deux chapeaux de paliers ; placer les vis d'arrêt, le téton dans la fraisure des bagues ; supprimer tout jeu longitudinal en serrant plus ou moins la rondelle écrou de la butée postérieure ; goupiller la rondelle-écrou pour empêcher tout déréglage de l'arbre ; mettre en place les deux protecteurs.

Le montage de la poupée sur le bâti se fait de la façon suivante : disposer les galets et les guides des galets, 1° sur les deux réglettes à joues fixées dans le fond de la queue d'aronde du bâti ; 2° sur les deux réglettes à joues des faces inclinées de la queue d'aronde de la poupée ; mettre en place la poupée sur les galets horizontaux, visser à fond la cale fixe ; mettre en place la cale de réglage et supprimer le jeu, comme dans les queues d'aronde ordinaire, à l'aide des trois vis de réglage. Le chariot peut alors se déplacer à la main *sans aucun effort* et sans qu'on perçoive le moindre jeu. Introduire de la graisse consistante en abondance dans tous les coulissements et placer les deux plaquettes de recouvrement, ainsi que les deux couvre-joints.

Application a diverses machines-outils.

Les roulements et coulissements à galets ont déjà été appliqués aux machines-outils suivantes et donnent d'excellents résultats.

Poupées de rodage. — Plusieurs poupées servant au rodage des pièces trempées et tournant à 3000 tours à la minute ont reçu des roulements à galets. Les ouvriers n'ont plus à surveiller continuellement les godets graisseurs qu'il fallait toujours tenir pleins d'huile pour éviter les grippements ; les projections d'huile autour des poupées ont radicalement disparu.

Tours à fileter. — Les poupées fixes de plusieurs tours ont reçu des roulements et des butées à galets. La rotation de l'arbre d'un tour ainsi modifié est très douce ; il n'y a plus de déréglage de l'arbre en hauteur par suite de l'usure des coussinets.

Machines de cartoucherie. — Plusieurs machines de cartoucherie ont été modifiées pour y introduire les butées, roulements et coulissements à galets. Parmi celles-ci une machine tournant à 5000 tours à la minute et munie d'un chariot mobile coulissant 30000 fois par jour, fonctionne sans arrêt depuis plus de neuf mois.

Machines en réparation ou en construction. — Les dessins de toute machine nouvelle en construction ne comportent plus que des roulements, butées et coulissements à galets.

Les machines envoyées en réparation sont modifiées, quand la chose est possible sans dépenses exagérées, de façon à y introduire ces nouveaux éléments.

P. Gorgeu,
Chef d'escadron d'Artillerie.

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

LE TRANSATLANTIQUE " ROCHAMBEAU "

[Planche II.]

Nous avons récemment décrit dans cette revue le paquebot *France* (1), qui réunit le plus grand confort et la plus grande vitesse actuellement réalisables avec les dimensions des ports français. A côté de cette très brillante unité, la Compagnie générale transatlantique a senti le besoin de posséder également des navires modernes, moins rapides et moins luxueux.

La traversée de l'Atlantique en huit jours au lieu de cinq jours et demi, nécessite une vitesse de 17 nœuds au lieu de 23,5, comme sur le paquebot *France*, et, toutes choses égales d'ailleurs, un appareil propulsif de puissance moitié moindre, d'où une diminution encore plus forte de consommation de combustible. Naturellement, le prix des passages s'en ressent.

Les passagers qui fréquentent un tel navire préfèrent rester deux jours de plus en mer, mais avoir à moindres frais autant et plus de confort que sur le paquebot à grande vitesse. En outre, il est assez humain de préférer voyager en première classe sur un navire de second rang plutôt qu'en seconde classe sur un navire de premier rang, car le mot de César est toujours vrai.

Pour réaliser un navire économique, il fallait obtenir un rendement maximum pour les appareils moteur et évaporatoire. La puissance nécessaire de 13000 chevaux pour une vitesse de 17 nœuds ne pouvait être obtenue, comme celle du paquebot *France*, par l'emploi de turbines seules ; d'autre part, cette puissance était trop considérable pour pouvoir être réalisée économiquement par des machines alternatives seules attaquant deux arbres. Un an auparavant, les constructeurs (Société des Chantiers et Ateliers de Saint-Nazaire) avaient déjà proposé à la Compagnie transatlantique d'adopter, pour un paquebot analogue, un appareil moteur mixte, où la vapeur, après avoir travaillé dans des machines alternatives, poursuivait sa détente dans des turbines BP. C'était l'application aux grands navires des dispositions préconisées par M. Rateau et réalisées par lui dans des installations de mines et dans des contre-torpilleurs. La proposition des ingénieurs français n'avait pas alors trouvé, auprès de l'honorable M. Parsons, dont les conseils avaient naturellement été demandés en l'occurence, un appui suffisant pour enlever la décision de l'armateur. En 1909, par contre, le travail de la vapeur était réalisé suivant le principe mixte dans deux navires anglais (*Otaki* et *Laurentic*) ; une turbine placée sur l'arbre central, utilisait la vapeur d'échappement de deux machines

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 10 (15 mai 1912), p. 369 ; n° 12 (15 juin 1912), p. 452.

Digitized by Google

alternatives latérales. Cette disposition était néanmoins défectueuse. En effet, on avait prévu intentionnellement, pour la turbine, un nombre de tours peu élevé, et on s'était efforcé d'adopter, pour l'hélice centrale, un diamètre aussi grand que possible; cette dernière était cependant masquée par le navire lui-même, et si le rendement de la vapeur était vraisemblablement excellent, celui

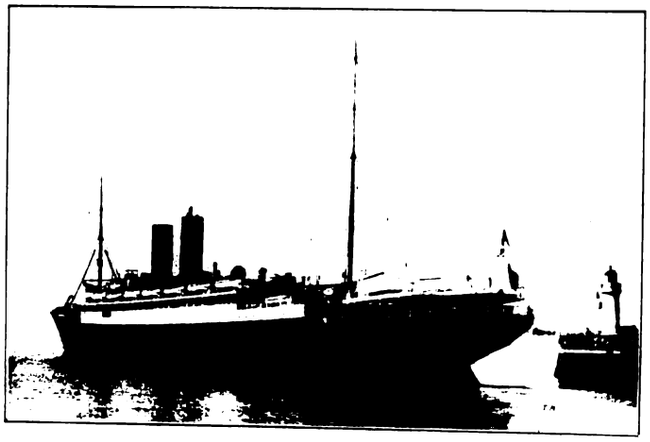


FIG. 1. — Le Paquebot *Rochambeau*, sortant du port du Havre.

de la carène devait être beaucoup moins satisfaisant. Un tel ensemble nécessitait une pression d'admission peu élevée à la turbine; en fait, elle était inférieure à la pression atmosphérique, ce qui facilitait beaucoup les rentrées d'air, et rendait difficile l'obtention du vide élevé, si nécessaire au bon fonctionnement des turbines. Les constructeurs français préconisèrent une disposition toute différente, alors absolument nouvelle, qui a été depuis reproduite à de multiples exemplaires. Le chantier de Saint-Nazaire a en effet construit, après l'appareil du *Rochambeau*, trois autres appareils du même genre pour les paquebots *Lutetia*, de la Compagnie Sud-Atlantique, *Flandre*, de la Compagnie générale transatlantique (différant en certains points des précédents et sur lequel nous aurons à revenir), et *Ile-de-Cuba*, dont la coque et les machines alternatives sont construites par les chantiers de Provence. En Angleterre même, quelques constructeurs ont adopté le même type d'appareil, notamment MM. Swan, Hunter, sur le *Reina-Victoria-Eugenia*, en cours de construction. L'appareil moteur attaque quatre lignes d'arbres. Chaque bord reçoit un ensemble complet comprenant vers l'axe une machine alternative et en abord une turbine. La complication par rapport aux appareils à deux lignes d'arbres n'est qu'apparente, les turbines ne nécessitant aucune surveillance. Par rapport à l'*Otaki* et aux similaires, la comparaison, à ce point de vue, serait plutôt en faveur du *Rochambeau*. En effet, si curieux que cela puisse sembler, les hélices sont mieux protégées par la carène du *Rochambeau* que par la carène de l'*Otaki*.

Dans les deux types d'ailleurs, les appareils de manœuvre de chaque bord sont parfaitement indépendants. L'appareil de manœuvre du *Rochambeau* consiste simplement en une sorte de tiroir cylindrique, actionné par le servo-moteur même de la machine alternative, et envoyant la vapeur qui en sort, soit à la turbine, soit au condenseur.

La construction du nouveau navire était d'autant plus intéressante que la flotte de la Compagnie transatlantique comportait déjà un navire à peu près semblable, le *Chicago*, assurant également le service commercial du Havre à New-York. Le tableau suivant donne la comparaison générale des deux navires :

	Rochambeau	*Chicago*
Longueur entre perpendiculaires en mètres.	163	153
Largeur au fort en mètres	19,40	17,57
Creux sur quille en mètres	13,20	13
Tirant d'eau maximum en mètres	8,19	7,80
Déplacement à ce tirant d'eau en tonneaux .	17 400	14 150
Port en lourd en tonneaux	7 450	6 300
Capacité des cales et soutes en m³	11 400	10 500
Nombre des passagers de cabine	428	314
Nombre des passagers de 3e classe	200	184
Nombre des émigrants.	1 248	1 023
Officiers et équipage.	259	216
Vitesse aux essais en nœuds	17,75	16,5
Consommation de charbon par cheval-heure aux essais en kg	0,48	0,60
Bénéfices sur la consommation	20 %	»

Nous reviendrons comme conclusion de cet article sur les essais du *Rochambeau* (fig. 1).

APPAREIL MOTEUR. — Les machines alternatives, du type ordinaire de Penhoët (Pl. II, fig. 9 et 10), ont les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre HP.	880 mm	Diamètre des 2 cylindres BP.	1 460 mm
— — MP.	1 290	Course	1 000

Les cylindres BP placés aux deux extrémités et les tiroirs BP sont du type Martin Andrews, ordinairement employé par les chantiers de Saint-Nazaire. Les tiroirs HP et MP sont cylindriques. Les arbres manivelles d'un diamètre de 410 mm, en deux parties interchangeables, sont du type composé (built up) : les tourillons et les manivelles, forgés séparément, sont dégrossis et usinés en partie, puis assemblés à la presse hydraulique et clavetés. Les différents éléments de l'arbre sont aussi solides que s'ils étaient forgés normalement. Le nombre de tours prévu étant assez élevé (110 environ), des précautions très minutieuses ont été prises pour assurer le graissage des diverses articulations. Les excentriques notamment sont graissées au moyen de tores montés sur l'arbre manivelle, disposition qui permet la suppres-

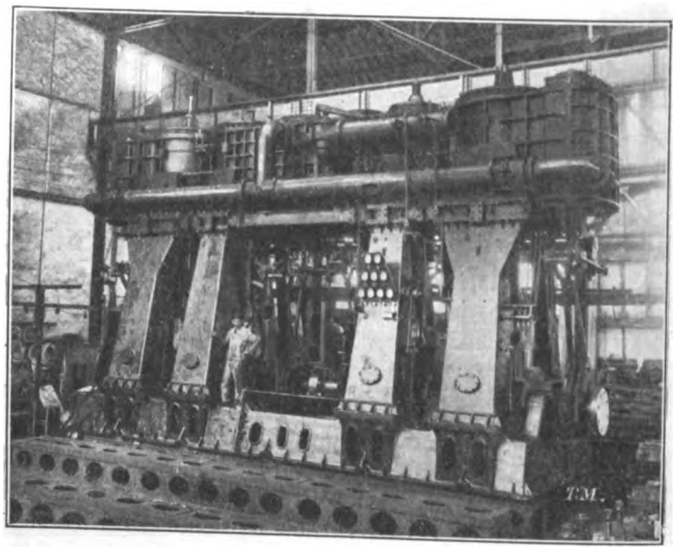


FIG. 2. — Une des machines alternatives du *Rochambeau* à l'atelier.

sion totale ou partielle de l'arrosage, si pernicieux pour la durée des portages (fig. 2).

Les turbines d'échappement sont du type bien connu « Parsons » à réaction pure (Pl. II, fig. 11) à 48 rangs d'ailettes mobiles répartis en six étages. La hauteur des ailettes de chaque étage croît dans le rapport $\frac{1}{\sqrt{2}}$, sauf pour le dernier étage, qui est en ailettes semi-wing (1). Il n'y a pas d'aubages de marche arrière.

(1) Ceci signifie qu'on incline les ailettes en conservant leur hauteur pour augmenter la section de passage.

Digitized by Google

Plan des emménagements

Fig. 1. — Coupe longitudinale

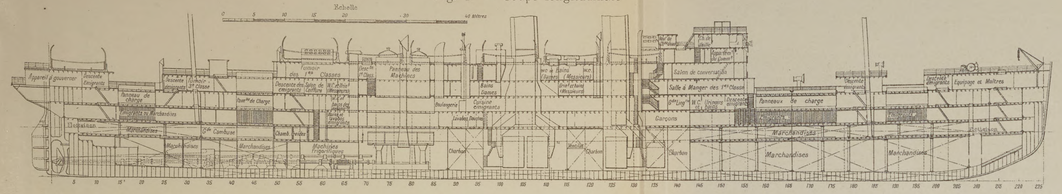


Fig. 2. - Coupe transversale au 75
Vue de l'A'

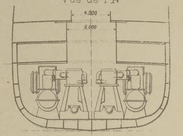


Fig. 3. — Pont tente

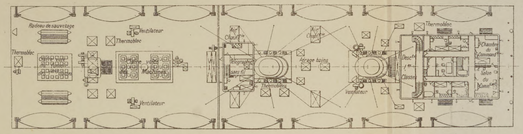


Fig. 4
Dessus de la timonerie

Fig. 5. - Passerelle

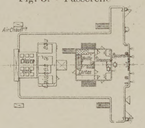


Fig. 6. — Pont promenade

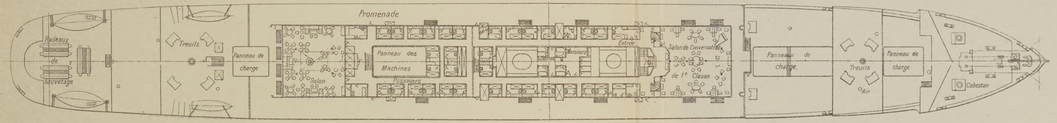


Fig. 7. — Pont spardeck

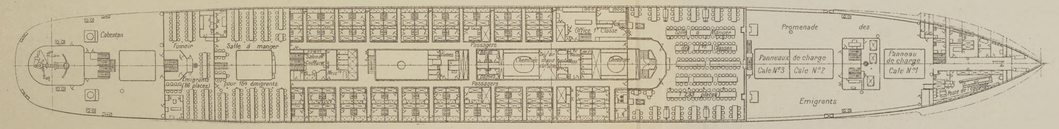
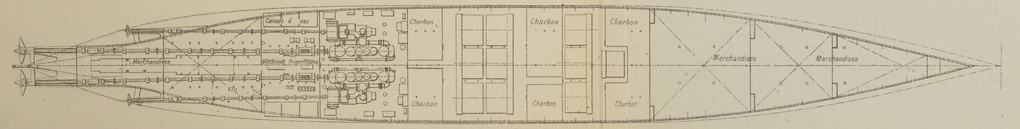


Fig. 8. — Cale



Ensemble de la machine

Fig. 9. — Coupe longitudinale

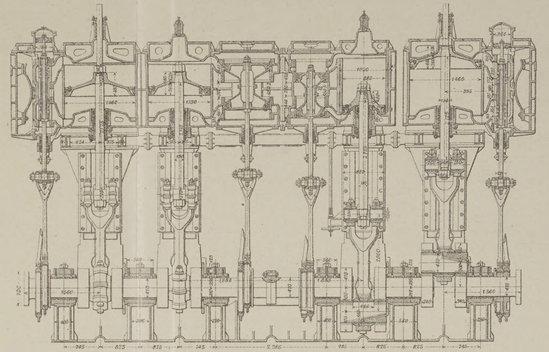


Fig. 10. — Coupe transversale

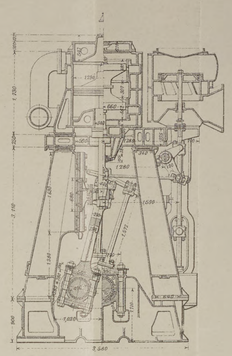
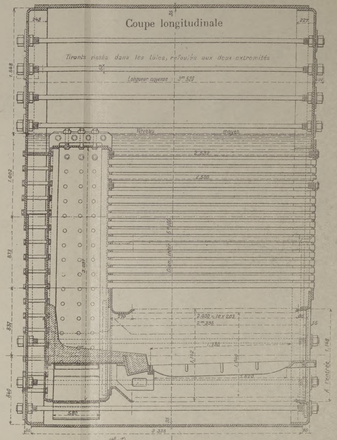
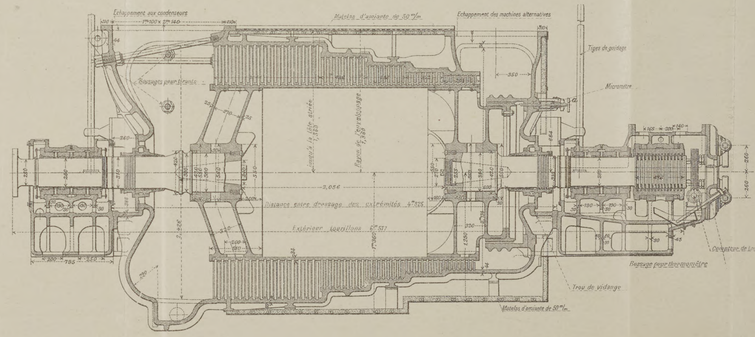


Fig. 12. - Chaudière à simple façade de 5m10 de diamètre, 3m520 de longueur à 4 foyers de 1m040.



Turbine à basse pression

Fig. 11. — Coupe longitudinale par l'axe de la turbine


Echappement aux condenseurs
Echappement des machines alternatives
Tiges de garage
Manomètre
Garnissage pour étanchéité
Garnissage pour étanchéité
Chambre de vapeur
Chambre de vapeur
Diamètre 1m,240
Diamètre 1m,240
Diamètre 1m,240

Digitized by Google

Le rotor en acier forgé a un diamètre de tambour de 1m,720; il est emmanché sur de robustes croisillons en acier moulé, emmanchés eux-mêmes sur les tourillons de la turbine. Les paliers des turbines sont graissés au moyen d'une distribution en circuit fermé, dont le service est assuré par deux pompes à huile spéciales.

Un système particulier de micromètres permet de vérifier les jeux avec la plus grande précision, aussi bien à froid qu'à chaud. Chaque micromètre est constitué par une tige pénétrant à l'intérieur de l'enveloppe de la turbine à l'une de ses extrémités; cette tige pouvant venir en contact avec la bague de dummy, porte un filetage micrométrique. Un index permet la lecture des jeux.

Chacune des turbines échappe dans un condenseur Uniflux de 530 m² de surface refroidissante.

Les pompes à air, du type Weir dual, comportent chacune deux corps de pompe, dont l'un aspire spécialement de l'air sec et l'autre plus spécialement de l'eau, grâce à une disposition particulière du tuyautage reliant les pompes aux condenseurs. Un seul cylindre à vapeur actionne les deux corps de chaque pompe.

Les deux pompes de circulation du condenseur sont de petites machines compound Mollet Fontaine à graissage sous pression, conduisant la pompe centrifuge directement par un prolongement de leur arbre.

L'appareil évaporatoire, réparti en deux chaufferies et trois rues de chauffe, comporte neuf chaudières du type ordinaire cylindrique marine, fonctionnant au tirage forcé Howden (Pl. II, fig. 12 et 13). Les caractéristiques principales des chaudières sont les suivantes :

Diamètre	5m,100	Surface de chauffe totale	2 491 m²
Longueur	3m,520	Timbre	14 kg

Dans ces chaudières très largement prévues, le rapport de la surface de chauffe au volume total est moindre que dans les chaudières ordinaires.

Ces chaudières ont une vaporisation par unité de surface très grande, tout en donnant une vapeur très sèche, grâce à l'importance des sections de dégagement de l'eau et de la vapeur.

D'un autre côté, les sections de passage des gaz ont été calculées très largement, dans les chaudières, ainsi que dans les conduits de fumée et dans les cheminées. Ces dispositions, qui ont donné d'excellents résultats aux essais, ont contribué pour leur part au bon rendement général de l'appareil.

En plus des chaudières décrites ci-dessus, il existe une chaudière auxiliaire destinée au service d'escale; cette chaudière, installée dans la chaufferie avant, a 4m,20 de diamètre sur 3 m de longueur, et marche au tirage naturel.

L'installation électrique du bord est disposée en cinq circuits : feux de position; machines et chaudières; emménagements des passagers; services divers du navire; ventilation, thermo-blocs et treuils d'embarcations.

Ces circuits sont alimentés par trois groupes électrogènes, comportant chacun une machine compound à graissage sous pression, conduisant directement une dynamo à courant continu à 110 volts. Un seul de ces groupes est assez puissant pour assurer la distribution totale en service normal.

Description du navire. — Le *Rochambeau*, dont nous donnons les plans et la coupe au maître (Pl. II, fig. 1 à 8), a 5 ponts et un château central sur lequel se trouve le pont des embarcations, qui supporte lui-même la passerelle, l'appartement du commandant, les logements des officiers de pont et la cabine de la télégraphie sans fil.

Le navire est pourvu de quilles de roulis, ainsi que de mâts à pible sans voiles.

La coque tout entière, construite en acier Siemens-Martin de qualité Veritas, comporte un double fond régnant sur toute la longueur du navire et divisé en 7 compartiments de water-ballast, pouvant renfermer environ 1 500 t d'eau.

Chacun de ces compartiments peut d'ailleurs être rempli et vidé séparément.

Les compartiments situés sous la cale AV, sont divisés en deux par une carlingue centrale étanche et contiennent l'eau douce destinée à l'alimentation des chaudières; leur capacité est d'environ 221 m³. Les compartiments correspondant à la cale AR,

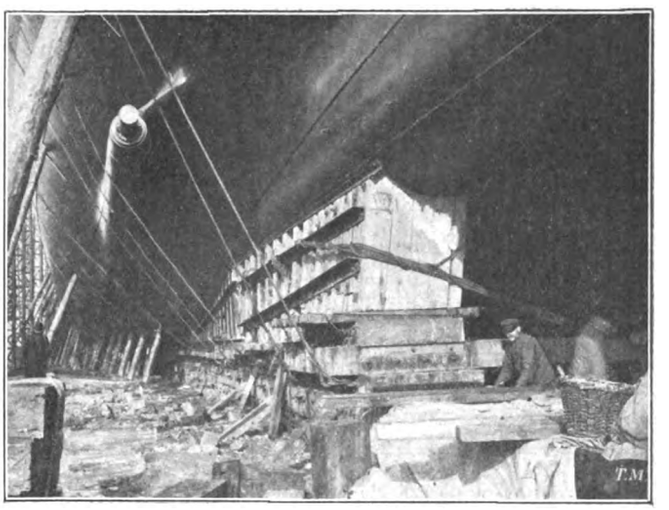


Fig. 3. — Berceau de lancement du *Rochambeau*.

divisés de même façon, ont une capacité d'environ 390 m³, et sont réservés à l'eau douce destinée au service du navire.

Le double fond comporte les trous d'homme nécessaires pour la visite, l'entretien et le nettoyage.

Tous les compartiments qui possèdent chacun deux tuyaux de ventilation et un tuyau de sonde, ont naturellement tous été essayés au point de vue de l'étanchéité avant d'être cimentés.

La division du navire en cloisons étanches est représentée par la coupe longitudinale (Pl. II, fig. 1). Il y a dix compartiments étanches limités par neuf cloisons.

Les moyens d'épuisement consistent en deux pompes à vapeur de 350 t par heure chacune, réservées au service des

Fig. 4. — Vue d'ensemble de la salle à manger des premières classes.

water-ballasts; deux pompes à vapeur, de 100 t par heure chacune, sont réservées à l'assèchement des cales; en cas de nécessité, les pompes des water-ballasts peuvent également être employées au service des cales.

On peut remplir et vider les compartiments des water-ballasts au moyen de deux collecteurs pourvus de vannes et des plaques indicatrices, afin d'éviter toute erreur.

Les compartiments contenant de l'eau douce sont complètement isolés et ont un tuyautage spécial. Leur tuyau de remplis-

Digitized by Google

sage vient du pont principal et leur tuyau de vidage communique avec les pompes à eau douce. Les cales reçoivent également deux collecteurs placés de chaque bord du navire, et dont le tracé est semblable à ceux du compartiment de water-ballast.

Tous les ponts exposés à la pluie ou au soleil sont en teck, tous les autres sont en pitchpin.

Les panneaux de cale sont desservis par dix treuils à vapeur,

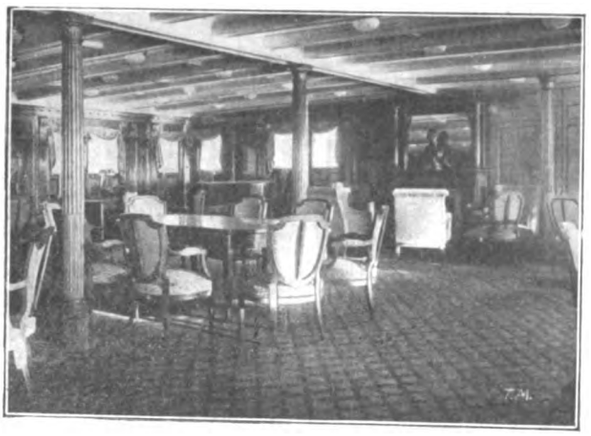


Fig. 5. — Vue d'ensemble du salon des premières classes.

six devant et quatre derrière; ils sont capables de lever chacun 3 000 kg directement, au moyen de filins d'acier, à la vitesse de 0m,30 par seconde.

La figure 3 représente le *Rochambeau* sur cale, au moment de son lancement.

On y a joint également un certain nombre de vues intéressantes des emménagements et des ponts (fig. 4 à 8).

Essais. — Comme on l'a dit au début de cet article, le *Rochambeau* est un navire de construction tout à fait moderne, dont les essais étaient attendus avec intérêt, tant par le constructeur que par les armateurs.

Malheureusement, la manière dont ces essais ont dû être menés

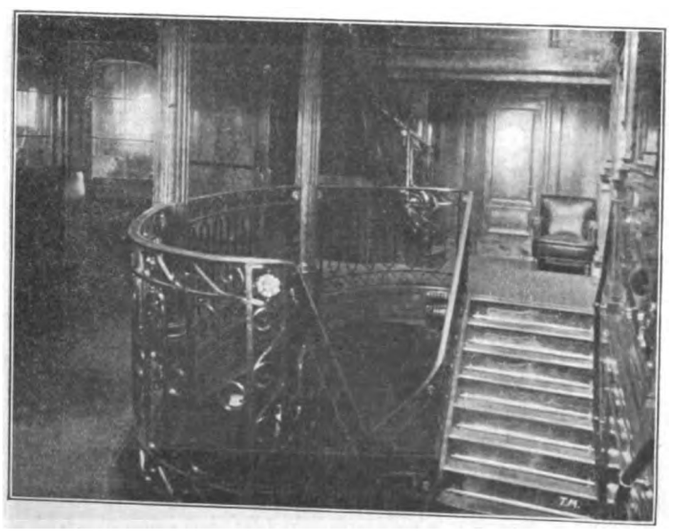


Fig. 6. — Vue de la descente des premières classes.

n'a pas permis d'en tirer toutes les conclusions techniques possibles, vu le désir qu'avait la Compagnie Générale Transatlantique de prendre immédiatement livraison du navire.

En réalité, cette livraison s'est faite très rapidement.

Le *Rochambeau* quitta Saint-Nazaire pour procéder à ses essais préliminaires en route libre le jeudi 17 août, à la marée du matin; les machines alternatives furent poussées progressivement à 106 tours et on commença à 1 h 38 de l'après-midi les parcours sur les bases de Belle-Ile. La vitesse moyenne obtenue en trois bases consécutives fut de 17 nœuds 45, le nombre de tours moyen étant de 108 aux machines alternatives et de 418 aux turbines.

Le fonctionnement général de tous les appareils a été de suite très satisfaisant et la pression aux chaudières très stable.

A la suite de son premier essai, le navire revint à Saint-Nazaire, qu'il quitta le 19 à midi pour un essai de vingt-quatre heures, que l'on continua en route libre pour se rendre au Havre

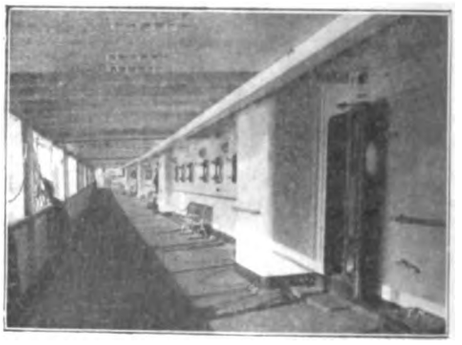


Fig. 7. — Vue du pont-promenade.

Le lendemain, 20 août, à 8 heures du matin, le nombre de tours moyen des appareils était resté très constant; les machines furent poussées à leur allure maximum possible que l'on maintint pendant deux heures.

On obtint un nombre de tours moyen de 110 aux machines alternatives et de 435 aux turbines, correspondant à une vitesse de 18 nœuds 10. A ce moment, l'essai fut interrompu sur la demande de l'armateur, après dix-neuf heures et demie de fonctionnement au lieu de vingt-quatre. On avait réalisé une puissance moyenne de 13 500 chevaux et la consommation horaire était de 6 400 kg au lieu de 6 700 que demandait le contrat, alors que la vitesse réalisée était de 17 nœuds 75 au lieu des 17 nœuds garantis.

Le paquebot mouilla en rade du Havre à 1 h. de l'après-midi et fut remis aux armateurs le 20 août, à 5 h. du soir, soit moins de quatre jours après avoir quitté le chantier de construction.

L'économie réalisée par rapport aux meilleures machines alternatives s'est maintenue en service, et le *Rochambeau* est

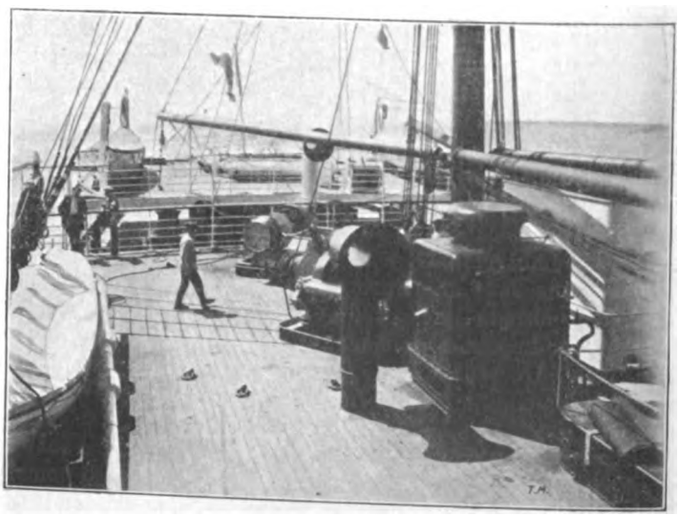


Fig. 8. — Pont supérieur (*Vue vers l'arrière*).

actuellement le plus régulier et le plus économique des navires de toute la flotte de la Compagnie Générale Transatlantique.

D'ailleurs la consommation en service présente une constance tout à fait remarquable. La différence avec la consommation réalisée à l'essai est beaucoup plus faible que pour les autres navires de la même flotte pourvus d'appareils moteurs de types anciens.

C. N.

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

LA CONSTRUCTION EN CIMENT ARMÉ

DES BATIMENTS DE L'USINE NORD DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ (1)

Le béton armé, qui a reçu tant d'applications dans la construction des usines, et notamment de celles qui sont destinées à la production de l'énergie électrique, a été employé largement dans la construction de l'Usine Nord de la Compagnie Parisienne de Distribution de l'Electricité (C. P. D. E.). Les études ont été faites par MM. Considère, Pelnard et Cie, conformément aux instructions données aux ingénieurs en 1906 par le ministre des Travaux publics. L'exécution des travaux a été confiée à la Société générale d'entreprises.

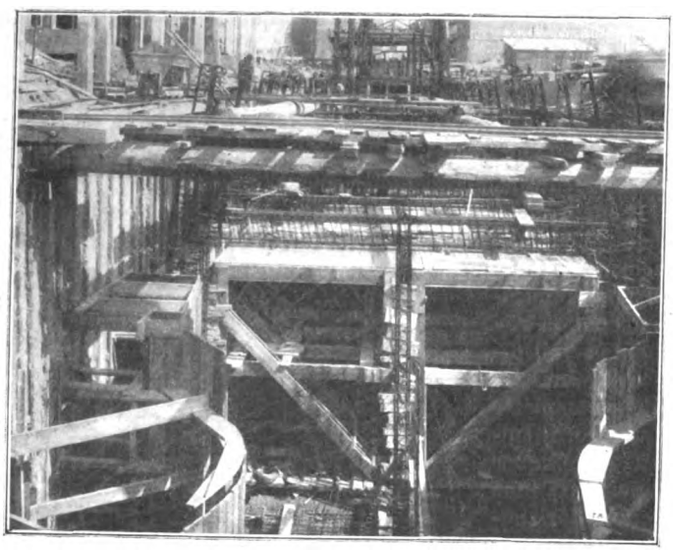


FIG. 1. — Mode de construction des galeries d'amenée et d'évacuation d'eau.

GALERIES D'AMENÉE ET D'ÉVACUATION D'EAU. — Les galeries d'amenée et d'évacuation d'eau étant en libre communication avec la Seine, les niveaux des eaux à l'intérieur et à l'extérieur sont peu différents. Leurs parois ont été calculées en vue de la poussée des terres et des charges verticales, et on s'est réservé la possibilité de vider chaque galerie isolément, en eaux basses ou moyennes, pour en assurer le nettoyage.

Dans l'usine, les galeries d'amenée ont chacune une section de 3m,45 de hauteur et 2m,45 de largeur; leur radier est établi à la cote de 19 m. et elles supportent la chambre des pompes dont le sol est à la cote de 30m,40.

On a admis que les eaux des crues pourraient s'élever à la cote 30m,07, et produiraient ainsi sous le plafond des parois des sous-pressions importantes; pour assurer la résistance de la chambre des pompes on dut en réduire les dimensions.

Les galeries d'évacuation ont chacune 3m,45 de hauteur et 2m,45 de largeur; leur couverture est formée par la dalle générale qui constitue le sol inférieur de l'usine à la cote de 28m40.

Etant donné les grandes dimensions de ces galeries, il y avait avantage à former leurs parois, de hourdis renforcés par des nervures frettées.

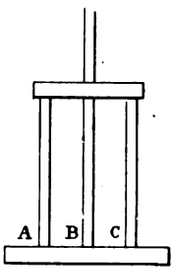


FIG. 2. — Disposition ordinaire employée pour faire reporter sur une semelle les charges des colonnes et piliers.

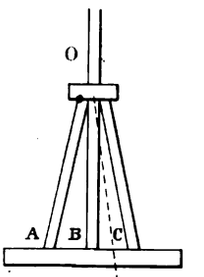


FIG. 3. — Disposition employée à l'Usine Nord pour faire reporter sur les semelles les charges des colonnes et piliers.

Il y a lieu de remarquer que les avantages du béton fretté sont plus marqués encore dans les pièces soumises à la flexion, parce que la valeur élevée du coefficient de travail autorisé pour le béton fretté lui permet de subir des raccourcissements importants qui ont pour résultat de déplacer l'axe neutre; on augmente ainsi la section du béton comprimé en même temps que sa résistance d'où un effet utile plus grand aux armatures comprimées qui sont associées aux déformations majorées du béton (fig. 1).

En dehors de l'usine, les galeries ont des dimensions plus petites, et il a paru avantageux de former leurs parois de hourdis non nervurés pour faciliter et pour accélérer l'exécution du travail.

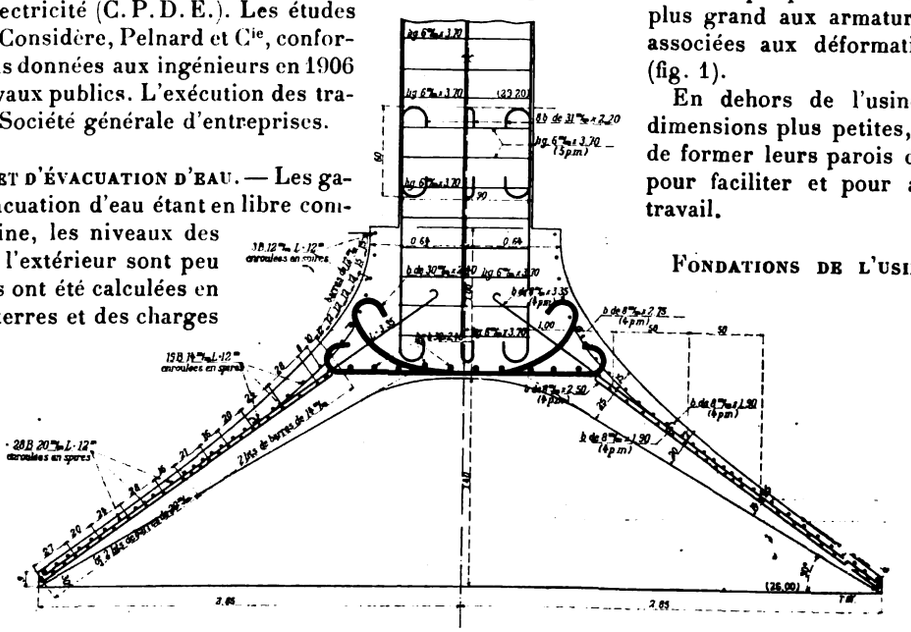


FIG. 4. — Armature des cônes des gros piliers de fondation des chaufferies.

FONDATIONS DE L'USINE. — On avait pensé exécuter les galeries dans des fouilles blindées, mais il a été impossible d'enfoncer dans le sol les palplanches dont on avait l'intention de former le blindage, et on a dû ouvrir à talus coulant les fouilles profondes dans lesquelles on a construit les galeries.

Pour donner la fixité nécessaire aux massifs de fondation des machines qui empiètent largement sur les fouilles, on les a assis sur de puissants blocs de gros béton fondés en gradins sur le sol naturel. Cette solution ne comportait aucune difficulté.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 5.

Digitized by Google

Il en était autrement des fondations des colonnes du hall métallique et des piliers de la première ligne des chaufferies qui font supporter au sol de très lourdes charges à faible distance des galeries.

Ces fondations devaient être établies au niveau de celles des galeries contiguës et imposer à la marne qu'on trouve à ce niveau des pressions de 2 kg 5 par centimètre carré, tandis que les galeries n'apporteront au sol que des charges minimes. On doit donc prévoir des différences de tassement entre ces fondations qu'il importait de rendre indépendantes, bien qu'elles fussent contiguës.

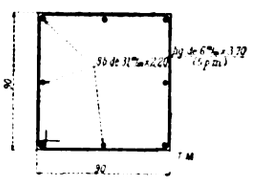


Fig. 5. — Coupe d'un gros pilier des fondations des chaufferies.

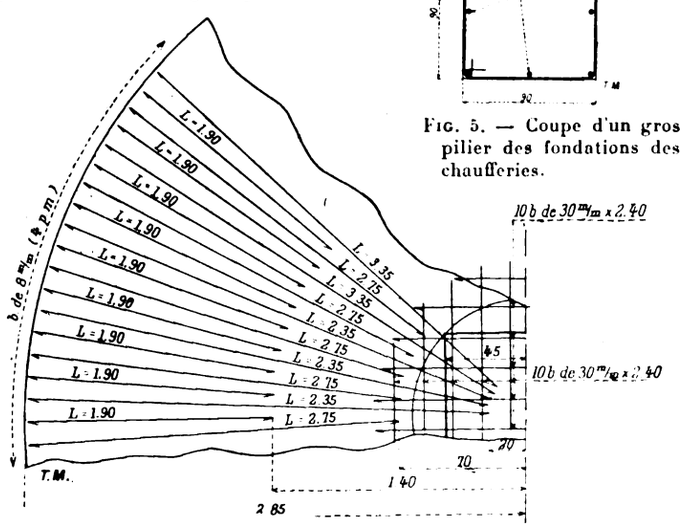


Fig. 6. — Disposition et répartition des barres radiales sur les cônes des gros piliers des fondations des chaufferies.

On avait d'abord prévu que les fondations seraient établies sur pieux, mais étant donné la nécessité d'activer les travaux, on a renoncé à cette solution, en vue de laquelle des pieux frettés avaient été préparés à l'avance.

Fig. 7. — Coupe d'un petit pilier des fondations des chaufferies.

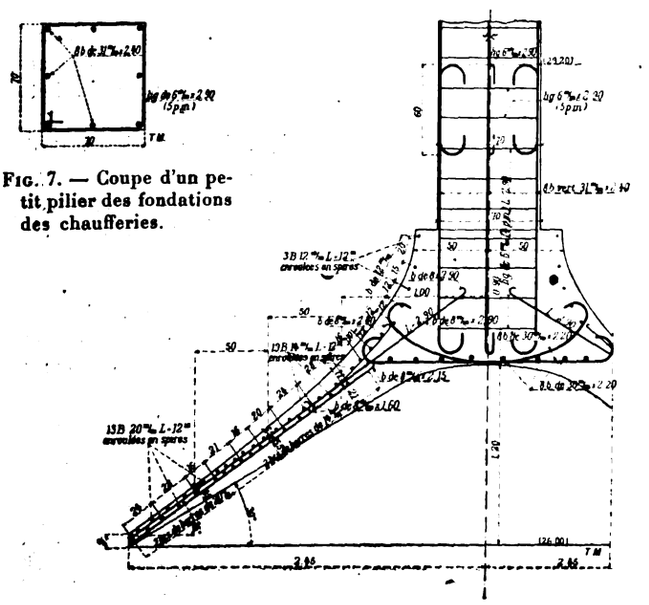


Fig. 8. — Armature des cônes des petits piliers des fondations des chaufferies.

Pour réaliser l'indépendance des fondations tout en employant des pieux fabriqués, on a été conduit à la solution suivante :

Dans les fouilles convenablement élargies, on a établi, à côté des galeries, des semelles de 1m,40 de largeur qui, en principe, devaient être indépendantes et dont chacune devait porter une colonne du hall ou un pilier, mais pour ne pas dépasser la pression autorisée sur le sol, les semelles ont dû être soudées bout à bout dans certaines parties.

Pour reporter sur ces semelles les charges concentrées des colonnes et des piliers, en utilisant les pieux recépés en guise de poteaux verticaux, on aurait pu placer ces poteaux verticalement et les coiffer d'un sommier établi au niveau du sol de l'usine comme l'indique la figure 2.

Cette disposition eût présenté un sérieux inconvénient.

Dans le cas d'une résistance inégale du sol, pour en mieux montrer les conséquences, on admettra que, dans la limite des enfoncements acceptables, cette résistance manque totalement sous le poteau A. Dans ce cas, le poteau C ne devrait évidemment fournir aucune résistance, puisque le centre de réaction des fondations devrait être exactement au-dessous de l'axe de la colonne. Par suite, le poteau B porterait toute la charge et sa fatigue serait triplée.

On a été ainsi conduit à faire converger les poteaux dans le sommier sous le centre de la colonne ou du pilier (fig. 3). Si la résistance venait à manquer sous le poteau A, les poteaux B et C pourraient produire simultanément leurs résistances maximum dont la résultante serait dirigée suivant OD.

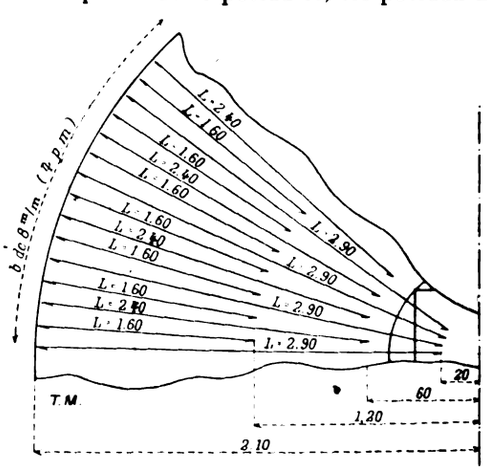


Fig. 9. — Disposition et répartition des barres radiales sur le cône d'un petit pilier des fondations des chaufferies.

Pour compléter l'équilibre, il suffirait d'appliquer au point O une réaction horizontale qui serait faible, parce que les poteaux sont peu inclinés. La dalle générale de l'usine fournirait très facilement cette réaction horizontale, et la fatigue des poteaux B et C ne serait augmentée que de 50 %, au lieu d'être triplée comme dans le cas précédent.

Fondations des batiments. — Les bâtiments des chaufferies et des silos sont établis sur un bon sable qui pourrait porter des pressions élevées. Néanmoins, pour assurer la parfaite fixité de ces constructions, on a limité la pression à 2 kg 50 par centimètre carré.

Pour répartir sur le sol les pressions provenant des piliers les moins chargés, on a employé des semelles du type usuel, mais pour les piliers les plus lourdement chargés, on a utilisé un type de fondation, imaginé par MM. Considère, Pelnard et Cie, qui a reçu déjà de très importantes applications, notamment lors de la construction les docks-entrepôts du Havre et des magasins d'Alexandrie.

Certains piliers des chaufferies de l'Usine Nord imposeront au sol des pressions de 625 t qui exigeraient des semelles de 25 m², formées de puissantes nervures divergentes réunies entre elles par des poutres secondaires et reposant sur un hourdis général. Ce type de semelle nécessite des quantités importantes de béton et de métal, des coffrages assez compliqués et un ferraillage difficile.

Les pressions y agissent, non sur le hourdis dont les larges sections les supporteraient facilement, mais sur les nervures. De grands efforts de cisaillement s'ajoutent aux efforts de flexion et exigent de nombreux étriers.

Digitized by Google

On a eu recours à un système spécial de fondation, consistant dans l'emploi de cônes creux de béton armé dont les figures 4 à 9 indiquent les dispositions.

On talute le sol en forme de cône, et on durcit sa surface en la recouvrant d'une mince couche de béton très maigre qui n'a d'autre but que de supporter, sans dégradation, le passage des ouvriers.

Sur le sol ainsi préparé, on dispose les cercles, ou spires métalliques, qui doivent armer le cône suivant ses directrices. On réunit entre eux ces cercles ou spires, en les ligaturant avec des armatures de répartition disposées suivant les génératrices (fig. 10). On exécute ensuite d'une manière très simple, sans aucun coffrage, le cône creux de béton, dans lequel sont englobées ces armatures.

L'inclinaison des génératrices du cône sur l'horizontale étant inférieure à l'angle de frottement, les réactions du sol sous-jacent s'exercent verticalement sous le béton. La réaction verticale DA que le sol exerce sous un élément de cône (fig. 11), est équilibrée par une compression DB que le béton fournit suivant la direction des génératrices et par une tension horizontale et centripète DC fournie par la courbure des cercles ou spires horizontaux, exactement dans les mêmes conditions que dans le frettage des pièces massives.

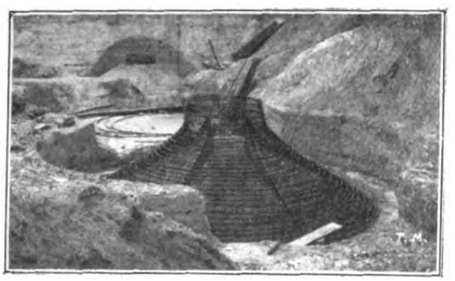


Fig. 10. — Disposition des spires métalliques armant suivant ses directrices le cône de fondation.

Le béton n'a donc à résister qu'à des compressions simples, dirigées suivant les génératrices, et ne supporte en aucun point, ni cisaillements, ni efforts de glissement ni autres fatigues accessoires.

Le métal des cercles ou spires n'est soumis qu'à des tensions partout uniformes et, par suite, l'adhérence n'est nulle part mise en jeu, si ce n'est aux extrémités des spires que terminent de larges crochets avec recouvrements.

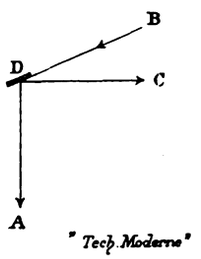


Fig. 11. — Détermination des efforts supportés par le béton des cônes creux employés dans les fondations.

Ce type de fondation permet de réaliser des économies qui varient de 20 à 35 °/₀ par rapport aux types usuels de semelle.

Batiments. — Les bâtiments ne présentent, en général, rien de particulier, si ce n'est que la parfaite continuité des poutres au-dessus des appuis est réalisée au moyen d'armatures supérieures calculées en vue de résister aux moments négatifs (fig. 12). Le frettage a été employé dans un certain nombre de piliers ou poteaux dont il importait de réduire les sections, et, exceptionnellement, dans quelques parties des poutres, où il était difficile de maintenir les pressions dans les limites autorisées pour le béton armé (fig. 13).

Le plus grand usage du béton armé a été fait dans la construction de ces bâtiments. Seul le hall des machines a une ossature entièrement métallique.

Estacade. — L'estacade en Seine ne présente guère de particularités au point de vue spécial du béton armé. On notera

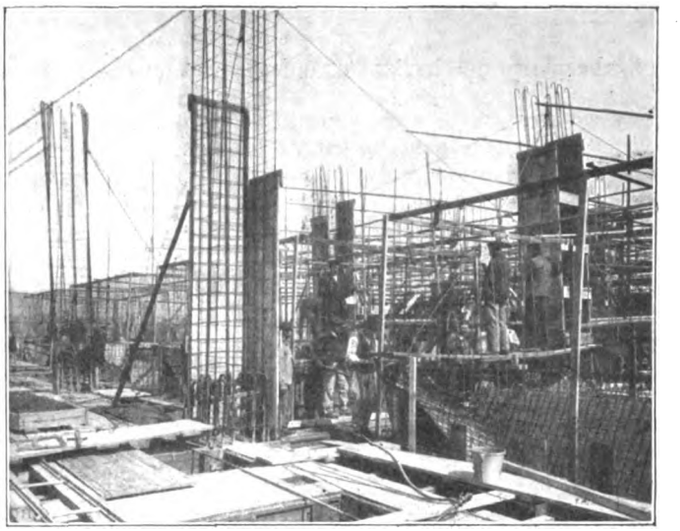


Fig. 12. — Construction du rez-de-chaussée du Bâtiment des chaufferies. Vue du chantier prise au mois de juin 1912.

seulement que les pieux sont frettés et présentent, par suite, le maximum de garanties au double point de vue du battage directe de la résistance aux charges de travail.

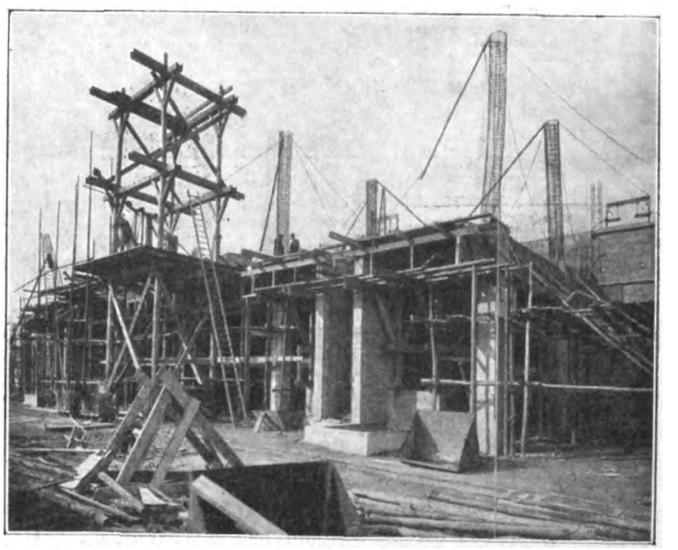


Fig. 13. — Vue des armatures frettées des piliers du premier étage du bâtiment des chaufferies.

C'est dans cette estacade que se trouve la chambre de prise d'eau alimentant les condenseurs, par l'intermédiaire de la conduite d'amenée d'eau de condensation dont nous avons parlé au commencement de cet article.

L'estacade mesure 15 m de largeur sur 90 m de longueur.

II.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Déchargeurs de chariots et élévateurs transporteurs.

Il y a bien peu de fermes en France où l'on emploie des moyens mécaniques pour décharger les chariots et élever les fourrages, grains, tubercules et racines, afin de réaliser une mise en tas ou en meules à la fois rapide et économique. Le tombereau permet cependant un déchargement presque instantané; on commence à employer des appareils pour élever les fourrages, et la plupart des matériels de battage que l'on rencontre dans le Midi, le Centre et l'Ouest, comportent un élévateur de paille. Les Américains possèdent, pour manutentionner les différents produits de la ferme, une série d'instruments beaucoup plus complets, qui leur permet d'aller très vite tout en réalisant une économie de main-d'œuvre considérable. On peut diviser ces instruments en deux catégories :

1° Les appareils de déchargement rapide des chariots;

2° Les élévateurs-transporteurs, qui élèvent automatiquement les produits déchargés et les portent au point voulu.

Déchargeurs de chariots. — On utilise des chariots de très grandes dimensions, montés sur quatre roues et absolument comparables à nos fourragères. Leur capacité est considérable et ils peuvent transporter en peu de temps une grande quantité de produits; on les tire à l'aide d'attelages animés, ou de tracteurs à pétrole ou à vapeur.

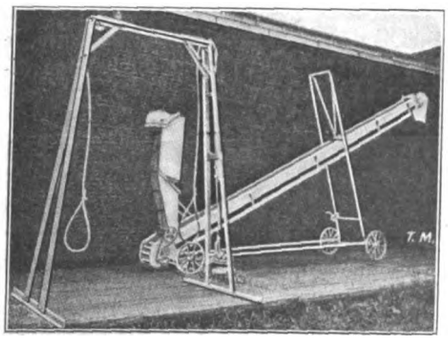


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'appareil de levage, du chariot et de l'élévateur transporteur, trémie relevée.

Lorsqu'il s'agit de grains, tubercules, racines, pulpes, etc., on effectue le déchargement très simplement en soulevant les roues avant à l'aide d'appareils spéciaux. Le fond du chariot prend alors une position inclinée, comme dans nos tombereaux basculés, et il suffit d'ouvrir partiellement ou totalement l'arrière pour que les produits tombent par suite de leur poids; le timon est articulé à l'avant du chariot, pour que l'opération puisse s'effectuer sans dételer les animaux.

Le mécanisme de levage se compose, soit d'un double cric soulevant une barre horizontale sur laquelle reposent les roues, soit d'un treuil agissant sur des câbles que l'on fixe aux moyeux.

Dans le premier cas, les deux roues avant sont amenées et calées sur la barre horizontale; des mécanismes à crémaillère se trouvent de chaque côté et sont commandés simultanément pour que la barre conserve toujours son horizontalité, quelle que soit la hauteur d'élévation; ils servent à faire monter lentement les roues jusqu'à ce que le fond du chariot ait une pente convenable pour le déchargement. L'opération se fait sans fatigue et très doucement.

Dans le second cas, la voiture est amenée sous un portique (fig. 1), portant à la partie supérieure des poulies, sur lesquelles passent les câbles métalliques servant à lever les roues avant. L'une des extrémités de chaque câble descend verticalement et se termine par une large boucle venant entourer les parties extérieures des moyeux; l'autre est enroulée sur un treuil ou fixée à un mécanisme de levage. Dans le modèle Eclipse, de la Swanson Mfg C° de Marseille, Illinois, la traction s'effectue à l'aide d'une vis (fig. 2), agissant sur un écrou auquel sont fixés les câbles. La vis est commandée par l'intermédiaire d'engrenages d'angles, avec levier d'embrayage permettant d'obtenir à volonté la montée, la descente ou l'arrêt de la charge dans une position quelconque.

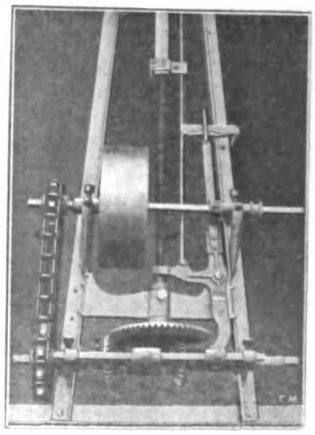


Fig. 2. — Détail de la commande des câbles de levage.

Élévateur-transporteur. — Cet appareil (fig. 3) se compose de deux parties : l'une, de faible dimension, constitue une sorte de trémie que l'on place sous l'arrière du chariot et qui reçoit les produits au fur et à mesure qu'ils tombent de la voiture. Il va de soi que le déchargement doit s'effectuer lentement et uniformément, au lieu d'être brusque comme avec nos tombereaux. A cette trémie est articulé l'élévateur proprement dit, qui se compose d'un long plan incliné comportant des joues de chaque côté pour empêcher les produits de tomber. Il est pourvu d'un fond mobile et sans fin, muni de planchettes verticales, qui le divisent en un grand nombre de compartiments de faible capacité. Parfois, ces planchettes sont remplacées par des godets emboutis fixés sur le fond mobile. Lorsqu'il s'agit d'élever des produits de faible grosseur, comme les grains, l'élévateur est muni d'un double fond qui sert de plancher de retour, et sur lequel glissent les grains qui se sont échappés des compartiments ou godets élévateurs; ils retournent ainsi à la trémie. Celle-ci comporte aussi un mécanisme transporteur analogue à celui ci-dessus : il sert à ramener les produits à l'élévateur au fur et à mesure qu'ils tombent du chariot. Le tout est actionné par un manège ou un moteur.

Fig. 3. — Élévateur transporteur en position de travail.

On comprend aisément le mécanisme d'un pareil ensemble. Lorsque l'élévateur-transporteur est en place, on soulève le chariot et on enlève l'une des planches fermant l'arrière. Les produits qu'il contient tombent dans la trémie, qui les amène à l'élévateur servant à les transporter au point voulu dans une grange, sous un hangar, dans un grenier, etc. Le déchargement et la mise en place du contenu du chariot s'effectuent donc avec une extrême rapidité, sans qu'il soit nécessaire d'avoir un personnel nombreux. A la rigueur, le charretier peut faire ce déchargement seul, mais pour un travail suivi, un ouvrier est spécialement affecté à la mise en marche et à la surveillance de l'élévateur.

Digitized by Google

La hauteur que l'on peut atteindre ainsi est variable avec l'inclinaison que l'on donne à l'appareil. Le modèle Eclipse, dont on a parlé ci-dessus, mesure 7m925 de long, 357 mm de large et 178 mm de profondeur. Il peut élever jusqu'à 5m64 de haut et comporte des godets ayant 340 mm de largeur et 64 mm de profondeur.

Lorsqu'on veut élever de la paille ou des fourrages, les planchettes ou godets sont remplacés par de simples griffes ou fourches fixées à des courroies sans fin.

Pour qu'ils soient facilement transportables d'une ferme à l'autre, ces appareils sont généralement montés sur des chariots très légers et de faible largeur (fig. 1), permettant à l'ensemble de passer dans les chemins les plus étroits. La trémie se replie alors sur l'élévateur, qui est descendu dans une position presque horizontale, afin que la stabilité soit aussi grande que possible. Lorsque la commande s'effectue par un moteur, on le place sur le chariot, sous le plan incliné.

De semblables appareils mériteraient d'être plus connus en France. L'excellent accueil qui a été fait aux élévateurs de paille montre tout l'intérêt qu'ils présentent. Nous avons eu l'occasion de voir, à l'exposition de Bourges, un dispositif de ce genre, utilisé pour amener les betteraves à un décrotteur à sec. Le fond à claire-voie permettait aux racines de se débarrasser d'une partie de la terre pendant la montée, d'où un premier nettoyage.

Avec cet élévateur, une seule personne pouvait alimenter le décrotteur, alors qu'il faut normalement deux ou trois hommes pour ce travail.

M. F. de Condé a signalé (1) un élévateur nettoyeur, étudié tout spécialement pour le chargement en plein champ des pommes de terre dans les chariots. La machine se compose d'une grille inclinée, au-dessus de laquelle passe l'appareil d'élévation, constitué par des planchettes montées sur deux chaînes sans fin, situées à droite et à gauche, et dont l'entraînement est assuré par des pignons dentés.

L'instrument est appuyé sur la voiture à remplir. Le chargement des tubercules s'effectue à la partie inférieure, à la pelle, dans une sorte de trémie métallique, où les pommes de terre sont prises par les planchettes et élevées dans la voiture. Par le frottement des tubercules entre eux et contre la grille formant fond, ceux-ci se débarrassent de la majeure partie de la terre qui était restée adhérente. La commande de la chaîne sans fin se fait par une manivelle placée sur le côté. La machine est montée sur deux roues pour qu'on puisse la déplacer facilement.

On pourrait trouver d'autres applications nombreuses d'appareils de ce genre. H. Pillaud.

Influence de l'âge des animaux sur la digestibilité des aliments.

MM. Gouin et Andouard ont présenté à la Société nationale d'Agriculture (séance du 11 décembre 1912) une série d'observations sur les relations nutritives pendant la croissance.

Dans le calcul habituel des rations, on se base généralement sur les tables de Wolff ou de Kellner, dans lesquelles les coefficients de digestibilité pour la matière azotée paraissent exagérés, et sont en désaccord avec les résultats constatés par les auteurs ci-dessus. Leurs expériences, commencées en 1902, ont porté sur 1 446 journées; ils ont soigneusement dosé l'azote contenu dans les déjections, et ont toujours obtenu des chiffres beaucoup plus élevés que ceux qu'indiquent les auteurs allemands.

La proportion d'azote fécal a dépassé en moyenne de 65,93 % les prévisions de Kellner, et de 75,14 % celles de Wolff. Les analyses ont été faites avec le plus grand soin; toute erreur commise aurait d'ailleurs eu pour effet de diminuer la quantité d'azote retrouvée, et par conséquent de restreindre l'écart entre les constatations de MM. Gouin et Andouard et les coefficients des tables.

Bien que le nombre des aliments employés n'ait pas dépassé vingt, les auteurs n'assignent à aucun d'eux un coefficient de digestibilité pour l'azote. Ils ont reconnu que la digestion de la substance azotée ne dépend ni de l'aliment seul, ni de l'importance des quantités absorbées, ni du degré d'activité de la croissance. Elle est subordonnée à l'âge.

Ils font observer avec raison qu'il faut autant d'azote au jeune animal qu'à celui dont la croissance est plus avancée, l'augmentation de poids journalière du premier étant souvent supérieure à celle du second. Comme il doit extraire cet azote d'une somme de nourriture beaucoup plus faible, la nature y a pourvu en lui donnant, à l'égard de l'azote, une puissance digestive qui s'atténue avec l'âge. Les sujets d'expérience se sont montrés aptes à utiliser l'azote de leurs rations, dans les proportions suivantes :

De 50 à 100 kg	76,79 %
De 101 à 200 kg	58,57
De 201 à 300 kg	46,23
De 400 kg et au-dessus	34,84

MM. Gouin et Andouard estiment qu'il faut cesser d'envisager la digestibilité de chaque aliment pris en lui-même, et appliquer à la protéine brute de l'ensemble de la ration, un coefficient en rapport avec les besoins d'azote dans les diverses conditions de la vie.

Chez les jeunes animaux, pendant toute l'année qui suit le sevrage, une ration nutritive favorable devrait comprendre 1 de protéine brute contre 4 d'extractifs non azotés.

Une ration en protéine brute et en extractifs non azotés égale à 1,73 % de leur poids constitue le maximum pour les élèves de 175 kg. Ce maximum se réduit progressivement. Il n'est plus que de 1,54 % à 275 kg, et il y a peu d'animaux de 400 kg, surtout parmi les femelles, susceptibles d'absorber 1,40 % de principes nutritifs. H. Pillaud.

(1) *Journal d'Agriculture pratique*, 26 septembre 1912.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Teinture à l'indigo artificiel des filés de coton.

La teinture en indigo a fait de grands progrès depuis l'apparition de l'indigo synthétique et surtout depuis la mise en œuvre, pour la confection des cuves, de l'hydrosulfite de soude en poudre, réducteur stable et donnant des résultats certains. Mais, tandis que la méthode à l'hydrosulfite est employée partout avec avantage dans la teinture de la laine et du coton en pièces, elle n'est encore que peu appliquée au traitement du coton filé.

M. Ducat a décrit (1) un procédé de teinture à l'indigo des écheveaux de coton, dans lequel on fait usage de la cuve à l'hydrosulfite. La caractéristique du procédé consiste à réduire au minimum la teneur en soude caustique du bain et à lui ajouter une proportion déterminée de sel marin, afin de rendre possible le travail à la main.

Voici comment, par exemple, il propose de teindre en bleu moyen corsé 50 kg de coton filé :

Le coton est d'abord débouilli ou bien mouillé dans un bain à 50° C, contenant par litre :

Soude caustique à 38-40° B.	5 cm³
Savon monopole ou huile Turcone.	5 cm³

On prépare ensuite la cuve : dans un bac ordinaire de teinture, d'une contenance de 1 m³, qu'on a rempli d'eau froide ordinaire, on ajoute les produits suivants, dans l'ordre donné ci-dessous :

Soude caustique à 40° B.	1 l 5
Hydrosulfite concentré de la Badische Anilin und Soda Fabrik en poudre.	1 kg 500

(1) *Revue Générale des Matières Colorantes*, décembre 1912.

Digitized by Google

Savon monopole, huile Turcone ou autre produit similaire	4 kg
Sel marin	4 kg
Solution indigo de la Badische Anilin und Soda Fabrik 20 % pour coton	18 l ou 20 kg

Dans ce bain, qu'on a d'abord brassé doucement puis laissé reposer quelques minutes, on introduit les écheveaux disposés sur des bâtons coudés et on les y promène lentement. On les lisse de temps en temps puis, après vingt-cinq ou trente minutes, on les retire et on les essore très soigneusement, soit à la main en utilisant les crochets à manivelle bien connus de tous les teinturiers en bleu sur cuves fer et chaux, soit au moyen d'une exprimeuse ordinaire munie de cylindres en fonte garnis d'une enveloppe en caoutchouc. Ceci fait, on laisse le coton teint déverdir à l'air, puis on rince comme à l'ordinaire.

Après chaque passe de 50 kg de coton, on renforce la cuve avec les quantités suivantes :

Hydrosulfite concentré de la Badische Anilin und Soda Fabrik	0 kg 3 à 0 kg 5
Soude caustique à 30-40° B.	0 l 250
Solution indigo de la Badische Anilin und Soda Fabrik 20 % pour coton	4 l 500
Sel marin	250 gr

La cuve à l'hydrosulfite a un bien meilleur rendement que l'ancienne cuve ; elle permet de réaliser une économie sensible de main-d'œuvre et d'emplacement. Elle constitue un mode de travail plus rigoureux et utilise, d'une façon parfaite, le colorant mis en œuvre.

M. Beudet.

Perfectionnement dans la fabrication du minium.

Le procédé habituel de fabrication du minium par grillage de l'oxyde ou du carbonate de plomb est très lent. Les essais, qu'on a faits pour accélérer la vitesse de l'oxydation, en élevant la température de la réaction, n'ont pas donné de bons résultats.

J. Mühlbauer a résolu le problème en opérant avec de l'oxygène ou plus simplement avec de l'air comprimé : par exemple, en soumettant à l'action d'un courant d'air, sous 12 atm de pression, de l'oxyde de plomb industriel, placé dans des tuyaux en fer et chauffé à 460° C ; on obtient au bout d'une heure un produit titrant 60 % de minium. Sous la pression normale, le même résultat aurait nécessité au moins quinze heures de chauffe.

M. B.

Nouvel artifice pour la conservation des bacs en fer galvanisé.

A la longue, le revêtement en zinc des bacs en fer galvanisé se fissure et le couple zinc-fer, dans lequel le zinc est le métal le plus électronégatif, accélère par son action électrolytique l'attaque du fer.

On atténue cette attaque en ménageant, dans la paroi intérieure du bac, quelques cavités, ayant à peu près 5 cm de diamètre, que l'on remplit d'un métal électropositif par rapport au fer. Lorsque le fer est mis à nu par suite de la détérioration de l'enveloppe de zinc, il se produit, entre le fer et le zinc d'une part, entre le fer et le métal électro-positif d'autre part, des courants de sens inverse, qui s'annulent.

M. B.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

Réformes dans l'organisation des services des chemins de fer de l'Etat badois.

Le développement constant du trafic et l'augmentation de personnel et de matériel qui en résulte, ont pour effet de rendre chaque jour plus difficile et plus compliquée l'organisation des nombreux services dont se composent les grandes administrations de chemins de fer. Qu'il s'agisse de Sociétés privées ou d'administrations d'Etat, la simplification de ces services s'impose. La Commission chargée d'examiner le système d'organisation de l'administration des chemins de fer de l'Etat badois a déposé le rapport que le ministère des Finances lui avait demandé en vue du choix des mesures d'ensemble à proposer au corps législatif. Les avantages considérables accordés depuis quelques années au personnel des lignes badoises grèvent lourdement leur budget d'exploitation et le but de l'enquête était surtout de permettre l'étude de modifications ayant pour objet : 1° de simplifier l'organisation de l'administration des chemins de fer l'Etat dans l'intérêt de la bonne marche du service ; 2° de réduire les dépenses relatives au personnel.

Dans un premier chapitre du mémoire, le rapporteur expose et discute les mesures déjà prises dans ces dernières années pour rendre l'administration et l'exploitation des chemins de fer de l'Etat badois aussi économiques que possible, surtout par la diminution des frais de personnel. Certaines de ces réformes ont pu être appliquées complètement sans délai, tandis que d'autres ne produiront leur effet intégral qu'au bout d'une période transitoire plus ou moins longue.

Les mesures prises à cet égard appartiennent à deux groupes principaux de modifications et de simplifications apportées : 1° dans l'organisation des services centraux et locaux 504 250 fr d'économies, dont 343 750 fr dus à la création de l'Union des wagons des chemins de fer d'Etat Staatsbahn Wagen Verband ; 2° dans la gestion des divers services de l'exploitation (3 699 250 fr d'économies). Une nouvelle répartition des emplois, et diverses autres mesures relatives au personnel, ont permis de réaliser les économies suivantes :

Traction	253 750 fr
Marche et personnel des trains	503 750 »
Simplifications apportées aux services des gares et des expéditions ; meilleure répartition des attributions	296 250 »
Suppression de postes de gardes	405 000 »
Nouvelle répartition des emplois, augmentation du personnel moyen et inférieur aux dépens du personnel supérieur	1 458 750 »
Divers	781 750 »
Total	3 699 250 fr

Dans la seconde partie du mémoire, le rapporteur s'occupe des changements d'organisation envisagés pour l'avenir, notamment de la réforme radicale du service de la direction générale des chemins de fer de l'Etat badois. Cette question, depuis longtemps à l'étude, a déjà été partiellement tranchée par une ordonnance grand-ducale du 19 mai 1911, rattachant l'administration des chemins de fer au ministère des Finances. Malgré les avantages qu'offrirait la solution consistant à créer un ministère spécial des chemins de fer, dont les attributions comprendraient l'exécution et la gérance de tous les travaux techniques de l'Etat (eaux, ponts et chaussées, constructions civiles), on n'a pas cru devoir encore l'adopter, et on a laissé subsister la Direction générale des chemins de fer, sans la fondre complètement avec les services du ministère des Finances. De même, la répartition des attributions de la direction générale des chemins de fer entre deux ou plusieurs directions spéciales, ne pourrait avoir lieu que si le Gouvernement badois se décidait à créer un ministère des chemins de fer.

Tout en restant dans les limites ainsi tracées, on s'est demandé s'il ne convenait pas de restreindre les attributions réservées au ministère des Finances en matière de chemins de fer et d'élargir l'autonomie de la Direction générale. La Commission d'organisa-

Digitized by Google

tion s'est trouvée d'accord avec les experts entendus au cours de l'enquête, pour déconseiller tout retour à l'ancien état de choses en ce qui concerne le rôle et les attributions du ministère. Notamment, quand il s'agissait d'examiner les projets de construction des lignes nouvelles ou des ouvrages d'art importants, le ministère, représenté par un conseiller référendaire ayant le rang d'un directeur, ne pouvait se livrer à une étude approfondie des propositions de la direction générale; son rôle se bornait à engager machinalement sa responsabilité dans les mesures proposées.

Toute modification des attributions actuelles du ministère étant impossible en principe, une étude approfondie de la question a permis de reconnaître que l'on pouvait diminuer les emplois et la paperasserie inutiles, en élargissant les attributions de la Direction générale dans certaines branches de son activité, telles que : travaux et fournitures, marchés de gré à gré, commandes directes d'ouvrages d'art à partir d'une valeur de 62 500 fr, affaires de personnel, ordres de service, modification d'horaires, allocation de secours, etc. Le transfert de la surveillance des lignes privées à la direction générale a, de plus, allégé notablement les charges du ministère.

Le nombre des affaires dont est saisie la Direction générale n'a pas cessé de croître dans ces dernières années. Par suite, le nombre de ses référendaires a été porté à trente-cinq, y compris le directeur général et les chefs de division; la conduite et la marche des affaires dans les bureaux de la Direction, ainsi que les relations étroites et constantes qui doivent exister entre les fonctionnaires intéressés, deviennent de plus en plus difficiles. Il paraît donc indispensable, dans l'intérêt du service, de combattre toute nouvelle augmentation du nombre des référendaires et de prendre les mesures nécessaires pour faciliter leur tâche tout en réduisant leur effectif au minimum. On ne peut songer ni à transférer au ministère certaines attributions de la Direction générale, ni à étendre les attributions des services divisionnaires et locaux, puisque la direction générale ne s'est réservé que les questions demandant à être traitées par un seul et même service. On veut donc réaliser l'allègement devenu et reconnu nécessaire des référendaires de la Direction générale, surtout en ce qui concerne la masse des affaires courantes, en renvoyant à ses bureaux auxiliaires, dans une proportion aussi étendue que possible, les études indispensables pour la préparation des décisions, et, en outre, les décisions elles-mêmes dans certaines affaires d'importance secondaire. Ces affaires seraient les suivantes : exécution des instructions et des ordres de service, application des horaires, sanctions contre les irrégularités commises dans le service des trains, mise en marche de trains spéciaux, observation des prescriptions relatives au temps de service et de repos du personnel, et, notamment, au roulement du personnel des trains, suites à donner aux réclamations de remboursements et d'indemnités (voyageurs et marchandises), contrôle de l'application des tarifs, adjudication de certaines fournitures dans des limites déterminées, décomptes avec d'autres administrations de chemins de fer concernant les gares communes, etc., ou l'administration des Postes et Télégraphes pour le transport des sacs de dépêches, l'entretien des voitures postales et des lignes télégraphiques, ordonnancement de certaines factures, etc.

Les bureaux auxiliaires, désormais autorisés à entrer directement en relation avec les autres bureaux du service central, avec les services locaux et avec les particuliers, prendraient les dispositions nécessaires, vis-à-vis des services divisionnaires et locaux, pour terminer les affaires dont ils sont chargés d'une façon indépendante. Toutefois, pour sauvegarder l'unité de direction, les bureaux devront, pour toutes leurs affaires, rester continuellement en contact avec les Respizienten de la Direction générale, qui auront le droit et le devoir de leur donner des instructions générales pour la façon de traiter les affaires dont le règlement leur est confié, et de les surveiller, même pour ces affaires. Les bureaux auxiliaires n'auraient pas qualité pour prendre des dispositions générales ayant une grande importance de principe.

On veut réduire à onze les dix-huit bureaux auxiliaires de la Direction générale, en réunissant autant que possible dans le même bureau toutes les questions connexes ou analogues.

La suppression de l'administration actuelle des magasins de chemin de fer a mis fin à la centralisation exagérée du service des approvisionnements. Les affaires dont ce service central était chargé seront confiées à divers services convenablement choisis, à l'exemple de ce qui existe dans les autres grandes administrations de chemins de fer allemands.

Les emplois de chef, d'agent technique de 2e classe et de chef de magasin principal pourront donc être supprimés.

En ce qui concerne les services divisionnaires, on s'en tiendra au système actuel des inspections de la voie et des inspections de l'exploitation. En Prusse et en Alsace-Lorraine, on a groupé les services techniques d'un côté, les services commerciaux de l'autre; la Saxe et la Bavière, qui ont envisagé l'adoption de ce système, y ont finalement renoncé, et l'Etat badois se rallie à leur manière de voir pour des raisons analogues. Par contre, comme en Bavière, la centralisation des services de la Traction, de l'Exploitation et de la Voie, dans les régions à faible trafic, ne donne lieu à aucune objection de principe; mais, pour le moment, on doute qu'il existe sur les chemins de fer badois des divisions à trafic assez modéré pour que le chef du service divisionnaire puisse convenablement diriger et contrôler dans toutes ses parties le service ainsi combiné.

La mesure radicale qui a consisté à détacher le service des Ateliers de celui de la Traction, avec création d'inspections spéciales des ateliers, constitue une réelle innovation. L'Etat badois était la seule des grandes administrations de chemins de fer allemandes où les deux services fussent encore réunis. Les nouvelles inspections auront à contrôler les ateliers (à l'exception de ceux des dépôts), les centrales électriques, les usines de fabrication du gaz riche servant à éclairer les trains, les ateliers d'entretien des véhicules, les postes de désinfection, et, d'une manière générale, les stations d'alimentation d'eau. Il reste donc aux inspections de la Traction, le service des locomotives, la surveillance et la direction des dépôts, des ateliers de dépôts, des installations de nettoyage des véhicules, ainsi que l'entretien des grues et des ponts à bascule. En dehors des ateliers principaux de Carlsruhe, on doit encore créer deux inspections des ateliers, l'une à Offenbourg, l'autre, établie provisoirement à Heidelberg, sera transférée plus tard à Schwetzingen, après l'achèvement des nouveaux ateliers. Par contre, l'inspection actuelle de la traction d'Heidelberg est supprimée. Le nombre de ces inspections sera de cinq au lieu de six, à savoir : Mannheim, Carlsruhe, Offenbourg, Bâle (au lieu de Fribourg et Constance). Au total, la création des inspections d'ateliers conduira donc à augmenter d'une unité les services divisionnaires mécaniques.

Pour simplifier la besogne des services divisionnaires, on se propose de réunir autant que possible leurs sièges, de créer un plus grand nombre de services locaux autonomes, chargés des questions techniques. On réduit ainsi la paperasserie en facilitant les relations verbales entre les chefs des différents services divisionnaires et leurs adjoints. A l'exemple de ce qui a été fait en Prusse et en Bavière, des simplifications radicales seront introduites dans le mode de demande des crédits, dans l'établissement du budget, des devis préliminaires et des devis définitifs. Actuellement, la Direction générale des chemins de fer badois alloue aux services divisionnaires des crédits individuels pour leurs différents besoins. A l'avenir, ces allocations seront remplacées, tant pour les services divisionnaires que pour les services locaux, par un budget, établi pour chaque exercice, dans lequel les crédits ordinaires et extraordinaires accordés à chaque service seront énumérés en détail. Dans le même ordre d'idées, on simpli-

Digitized by Google

fiera le mode d'établissement des devis. L'emploi des crédits alloués, sera l'affaire des services divisionnaires et locaux, dans les limites de leurs attributions, et de ce fait ils deviendront beaucoup plus autonomes qu'à présent.

Le nouveau système apporte de plus un allègement considérable, non seulement aux services divisionnaires et locaux, mais encore à l'administration centrale. Un résultat non moins important est le transfert à la Direction générale, de l'établissement des projets et devis relatifs au service de la construction. L'Etat badois suit ici encore l'exemple de la grande majorité des autres administrations allemandes. Cependant, le nouveau règlement prescrit que, dans certains cas, l'élaboration des projets de travaux neufs soit faite, non par les soins de l'administration centrale, mais par le service divisionnaire, s'il en résulte des avantages, par exemple quand il s'agit des projets de nouvelles lignes de montagnes. L'étude et l'exécution des travaux courants resteront confiées, comme par le passé, aux services divisionnaires.

Afin de décharger les inspections de l'exploitation, on a décidé que, dans un but d'unité et d'économie, la direction du service du mouvement, jusqu'alors partagée entre la direction générale et les inspections d'exploitation, serait uniquement confiée à la direction générale.

Comme on l'a dit plus haut, en créant des services locaux pour les affaires techniques, on a voulu décharger les services divisionnaires techniques, actuellement très surchargés, du soin d'assurer directement le service. On a créé des sections de 1re et 2e classe, dont les chefs sont des fonctionnaires moyens et inférieurs. A ces agents incombent la surveillance de la voie et des ouvrages d'art, ainsi que l'entretien de ces derniers en tant que leur instruction générale et professionnelle les qualifiera pour cette mission. On pourra créer des sections spéciales pour les ouvrages d'art, en des points où ils sont particulièrement importants et nombreux.

Contrairement à l'organisation adoptée en Prusse, et récemment en Alsace-Lorraine, les chemins de fer de l'Etat badois confiaient l'entretien et la surveillance technique des télégraphes et des appareils électriques de sécurité à des contrôleurs rattachés aux inspections de la voie, ayant sous leurs ordres des mécaniciens et des ouvriers télégraphistes. Cette organisation ne sera pas modifiée, mais on créera, comme pour la Voie, des services locaux spéciaux appelés Entretiens des télégraphes. De même, on créera, sous les inspections de traction, des sections de traction chargées de la direction immédiate du service des locomotives, des dépôts, des ateliers de dépôts et des postes de nettoyage des véhicules. Les usines électriques et les ateliers dits auxiliaires, qui ne sont pas situés au siège des inspections d'ateliers, deviendront également des services locaux avec fonctionnement autonome, rattachés aux futures inspections des ateliers. De même, les chefs de magasins qui ne sont pas réunis à de futurs services locaux (sections de la voie, ateliers auxiliaires), mais rattachés directement aux inspections de la voie ou aux ateliers principaux, auront la qualité et les attributions de chefs de services locaux. Enfin, pour le service de la navigation à vapeur, il sera créé à Constance un bureau assimilé à une gare de 2e classe.

Tous les services locaux anciens ou nouvellement créés (gares, etc.), auront le droit de correspondre directement, sauf instructions contraires, avec les services des chemins de fer de l'Etat badois, avec les services similaires des autres administrations de chemins de fer, ainsi qu'avec les autres autorités et avec des particuliers. Chaque chef de service local aura sous ses ordres le personnel employé et affecté à son service. De plus, le personnel des trains, qui dépend actuellement des inspections d'exploitation, est placé sous les ordres des gares ou des bureaux de petite vitesse, tandis que le personnel des mécaniciens et chauffeurs des locomotives et bateaux à vapeur est placé sous les ordres des chefs de sections de traction. Les attributions disciplinaires des chefs des nouveaux services locaux sont tracées par analogie avec celles des chefs de gares de 1re, 2e, 3e, 4e et 5e classes. Le droit d'embaucher et de congédier les ouvriers à titre définitif ou provisoire est conféré aux services locaux dont les chefs font partie du personnel supérieur ou moyen. La fixation des salaires et des autres rétributions allouées au personnel ouvrier, actuellement réservée aux services divisionnaires, sera désormais abandonnée, en règle générale, aux services locaux. En outre, l'engagement définitif des ouvriers, ainsi que les relations directes avec les caisses de prévoyance et de retraites ouvrières, actuellement réservés aux services divisionnaires (excepté les gares de 1re et 2e classe), seront aussi confiés aux services locaux dont certains, notamment les gares de 1re et de 2e classe, pourront délivrer des permis et des cartes de libre parcours. Enfin les services locaux seront chargés, dans une plus large mesure, de procéder aux enquêtes sur les incidents de service, et il leur appartiendra désormais de recevoir les dépositions du personnel des trains. Enfin, pour la comptabilité des salaires, les services locaux seront chargés de la mission importante de vérifier les feuilles de paie à la place des services divisionnaires et d'en faire payer provisoirement le montant par les caisses des stations. Ces caisses feront suivre les feuilles de paie pour ordonnancement définitif au service de la comptabilité de la Direction générale ; par conséquent, les services divisionnaires ne prendront plus désormais aucune part au calcul des salaires et se borneront à contrôler l'effectif du personnel à l'aide des états de journées qui leur seront fournis.

Les études relatives à l'application des changements d'organisation projetés sont en cours depuis longtemps et on se propose de les mettre en vigueur le 1er janvier 1913. Leurs effets ne se feront évidemment pas sentir d'un seul coup, mais seulement dans un temps plus ou moins éloigné, et on connaîtra leur valeur quand les importantes études préliminaires en cours seront terminées. Dès maintenant, on s'attend, du fait de ces réformes, à une simplification sensible et à une organisation plus rationnelle, plus claire et plus simple du service, et, comme corollaire, à une réduction notable des dépenses en ce qui concerne le personnel et le matériel roulant. L.

ÉLECTROMÉTALLURGIE ET ÉLECTROCHIMIE

Fabrication des électrodes en charbon pour l'électrométallurgie.

Le développement de la fabrication des électrodes en charbon a suivi l'utilisation technique toujours croissante de l'arc électrique, comme source de chaleur dans les fours électrométallurgiques (1).

D'une façon générale, la fabrication des électrodes en charbon, simple en principe, se rapproche beaucoup des méthodes employées en céramique. On mélange à du goudron des matières premières broyées et épurées, puis on donne à la masse la forme voulue par une forte compression ; une cuisson convenable confère ensuite à l'électrode obtenue la résistance et la conductibilité nécessaires.

Une fabrique allemande donne les renseignements suivants en ce qui concerne les propriétés physiques et chimiques des électrodes amorphes :

Poids spécifique	1,50-1,55
Résistance électrique spécifique avec des sections de 25 à 3000 cm²	45-100 ohm.
Coefficient (électrique) de température de 25 à 900° C.	0,000318
Chaleur spécifique déterminée à 100° C.	0.18-0,22

(1) *Stahl und Eisen*, 7 novembre 1912.

Digitized by Google

Résistance à la compression	230-410 kg/cm²
Résistance au ployage	51-81 kg/cm²
Dilatation de 0 à 700° C	0,26 °/₀ de la valeur initiale.

Nous décrirons maintenant les procédés appliqués actuellement par deux fabriques, l'une française, l'autre allemande, possédant des installations très modernes.

Société anonyme électro-métallurgique. Procédés Paul Girod. — Les principales matières premières employées par cette maison sont : 1° le charbon de cornue ; 2° le coke de pétrole ; 3° l'anthracite et finalement la poix comme liant. Ces matières premières sont utilisées isolément, ou mélangées dans une certaine proportion. Le charbon de cornue ayant une teneur en cendres qui varie de 1 °/₀ à 3 °/₀ et contenant peu de matières volatiles, peut par conséquent servir directement à la fabrication des électrodes. Le coke de pétrole, résidu de la distillation des huiles lourdes ou du pétrole, qui contient encore 5 à 8 °/₀ d'hydrocarbures volatils, subit une distillation dans des fours à cornues horizontales, analogues à ceux des usines à gaz. Le coke de pétrole, soumis pendant environ six heures à une température de 1 000° C., ne contient plus qu'environ 2 °/₀ de cendres ; un lavage débarrasse des sels solubles. Ce travail est effectué dans six chambres de 140 m³, qu'on charge de coke et qu'on remplit d'eau deux ou trois fois de suite pour éliminer parfaitement les sels. Le coke de pétrole présente la composition suivante :

	AVANT LAVAGE	APRÈS LAVAGE
Cendres	3,09 °/₀	2,83 °/₀
Matières volatiles	6,55	5,45
Soufre	1,44	1,34
Chlore	2,36	0,52

L'anthracite, traité à peu près de la même façon, a une teneur en cendres d'environ 2 °/₀. Sa composition est ordinairement la suivante :

Cendres	2,77 °/₀
Matières volatiles	6,30
Soufre	0,79
Phosphore	0,032
Oxyde de fer	0,27

Le charbon de cornue, tel qu'il vient des usines à gaz, le coke de pétrole et l'anthracite après qu'ils ont été soumis à une distillation, sont broyés en grains de 2 à 3 mm, ensachés et pesés. Ils sont prêts à être utilisés.

Le liant est un mélange de poix et d'huile de goudron dont les proportions doivent être maintenues très exactement. Voici à peu près sa composition :

Cendres	0.15 °/₀
Matières volatiles	43
Carbone	56,85

On contrôle la composition, soit en dosant les matières volatiles, les cendres et la teneur en carbone, ou en mesurant la viscosité.

Les matières premières sont mélangées, dans des malaxeurs à injection de vapeur, à une certaine quantité de goudron variant de 22 à 30 °/₀, suivant la nature des électrodes à obtenir. La masse pâteuse, travaillée dans des broyeurs à meules, est comprimée dans un moule cylindrique à l'aide d'une presse. Le bloc produit pesant 1 200 kg est débarrassé de son enveloppe, puis amené à la presse horizontale à refouler où il donne de quatre à huit électrodes suivant le diamètre de celles-ci. La presse a une puissance de 2 400 t et elle est alimentée par de l'eau à 380-400 kg/cm². Les électrodes sont noyées dans de la poussière de coke très fine, contenue dans des vases en céramique, que l'on chauffe dans des fours à gazogène verticaux, où règne une température comprise entre 1 100 et 1 250° C.

Après cuisson, les électrodes, brossées et exemptes de fissures doivent rendre un son clair quand on les frappe avec un marteau. On en essaie quelques-unes par lot au point de vue de la résistance électrique.

Fabrique d'électrodes Alb. Lessing, Nuremberg. — La matière première employée est le charbon de cornue des usines à gaz, qui subit un brossage pour enlever les corps étrangers adhérents, un concassage, puis un chauffage à l'abri de l'air à 1 200° C. Le produit, presque complètement exempt de matières volatiles, est réduit en poudre très fine dans des broyeurs, puis malaxé soigneusement avec du goudron libre d'eau, dans des mélangeurs chauffés. Comme dans la méthode de la société Girod, on procède à l'étirage avec une presse recevant la pâte dans un cylindre à circulation de vapeur chauffé à environ 40° C. Les électrodes brutes, abandonnées à l'air quelques jours, se durcissent et peuvent être soulevées par une extrémité sans qu'elles se brisent. La cuisson est la partie la plus délicate de la fabrication. Les électrodes sont chauffées à 1 300° C dans des fours verticaux pendant quatorze jours, y compris la période de chauffage progressif, jusqu'à la température maximum et la période de refroidissement lent. Lors de l'examen des électrodes froides, on ne tolère que les petites fissures superficielles qui sont sans importance

La résistance électrique de ces électrodes doit être comprise entre des limites étroites qui ne dépassent pas 400 ohms par millimètre carré sur 1 m de longueur pour les plus grosses ; quand la section croît, la résistance tombe à 80-100 ohms. On exige, dans beaucoup de cas, une composition chimique très pure des électrodes, ce qui augmente leur prix en conséquence. G.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Machine à tailler les engrenages, système Darling and Sellers.

Dans la plupart des machines à tailler les engrenages (1), la pièce à travailler est placée verticalement et l'outil, monté sur un

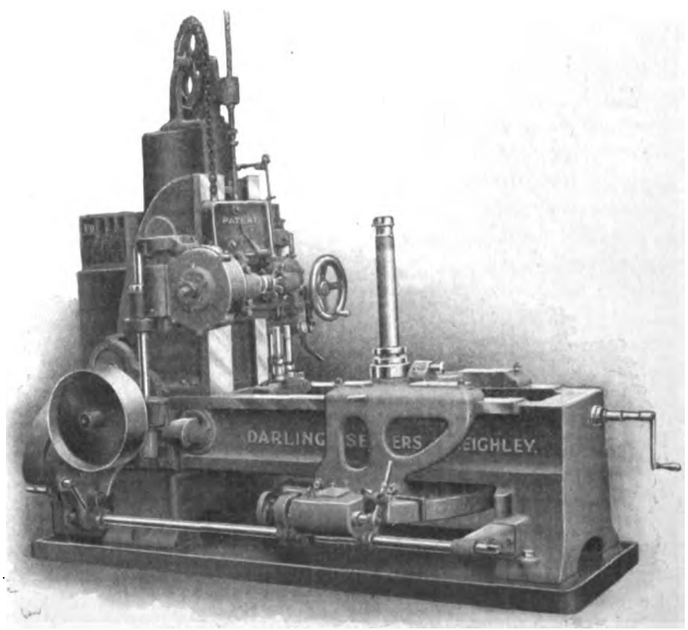


Fig. 1. — Machine à tailler les engrenages, système Darling and Sellers.

arbre horizontal, l'attaque par en dessous ; dans la machine Darling and Sellers, la pièce à travailler est horizontale ; ce montage

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-Outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

Digitized by Google

permet de déplacer facilement la pièce, diminue les risques de flambage de l'autre porte-outil et repousse les copeaux loin de la coupe.

Libéré automatiquement à la fin de la période de coupe, le chariot porte-outil monte rapidement et silencieusement pour revenir aussi rapidement se placer devant la nouvelle coupe. Les arbres porte-outil, facilement amovibles, ne font pas partie intégrante de l'arbre moteur. Tous les engrenages et toutes les parties délicates sont protégés par un carter.

Le banc de $2^m,049 \times 0^m,504$ repose par quatre pieds dans le bac d'huile. Le chariot support de la pièce à travailler est muni d'un arbre vertical creux, pour permettre d'y engager les clavettes nécessaires à la fixation de la pièce. Les pièces de différents diamètres sont ajustées à l'aide de vis.

La roue à diviser a un diamètre de $1^m,079$, et porte 240 dents. L'arbre moteur est conduit par l'intermédiaire d'un engrenage hélicoïdal actionné par une poulie, mue elle-même à vitesse constante par une large courroie.

Cette machine permet de travailler des pignons mesurant de $0^m,0625 \times 0^m,30$ jusqu'à $1^m,200 \times 0^m,30$ et l'arbre moteur peut être animé de six vitesses différentes; le diamètre de l'autre porte-outil est de $0^m,0375$. La machine, dont l'encombrement mesure $2^m,580 \times 1^m,350$, pèse net : 3750 kg. L. G. L.

Machine à fraiser, système Darling and Sellers.

La Darling and Sellers C° L^d^ exposait (1) plusieurs machines à fraiser, universelles et à planer, verticales ou horizontales, commandées par poulies à gradins ou par poulies simples et boîtes d'engrenages.

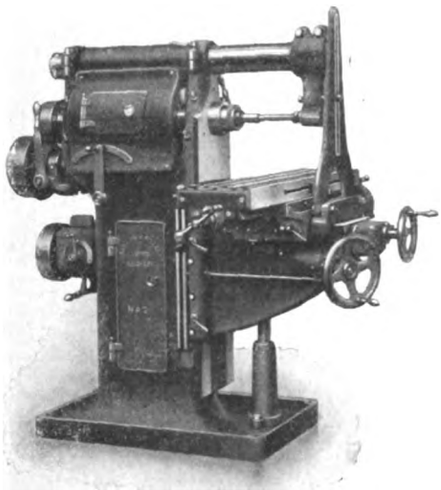


Fig. 1. — Machine universelle et à planer.

Dans toutes ces machines, le montant et la console sont fondus d'une seule pièce, creux avec des nervures intérieures. La figure 1 représente une machine universelle et à planer. Le chariot de la machine à planer est fondu d'une seule pièce et la table ne peut prendre qu'un déplacement rectangulaire par rapport à l'axe de la fraise. Pour la machine universelle, le chariot principal et le chariot pivotant sont réunis par 5 boulons de 0,15 mm, disposés dans une rainure de 299 mm. de diamètre. Le chariot pivotant est gradué.

Le support de l'arbre est percé pour recevoir des douilles, et dans le cas de la machine universelle, comporte de plus un centre ajustable. La poulie est de grand diamètre et de grande largeur. Le départ et l'arrêt sont obtenus par embrayages à friction.

Les caractéristiques de cette machine sont :

	FRAISEUSE à planer	FRAISEUSE universelle
Avance automatique longitudinale	$0^m,650$	$0^m,600$
Avance automatique transversale	$0^m,200$	$0^m,195$
Avance automatique verticale	$0^m,475$	$0^m,450$
Surface de travail de la table.	$1^m,070 \times 0^m,262$	$1^m,000 \times 0^m,212$
Nombre de rainures en T de la table	3	3
Encombrement de la machine.	$0^m,195 \times 0^m,150$	$0^m,175 \times 0^m,150$
Poids de la machine	1 400 kg	1 455 kg
Nombre des vitesses de l'arbre		12
Vitesses de l'arbre		de 15 à 300 tours par minute.

L. G. L.

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-Outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

Tour à grande vitesse, système Darling and Sellers.

La particularité de ce tour (1) réside dans la forme du banc, dont la largeur effective est plus grande que sa largeur apparente, et dont la figure 1 donne une représentation exacte. Cette disposition diminue les efforts de torsion qui s'exercent sur le chariot,

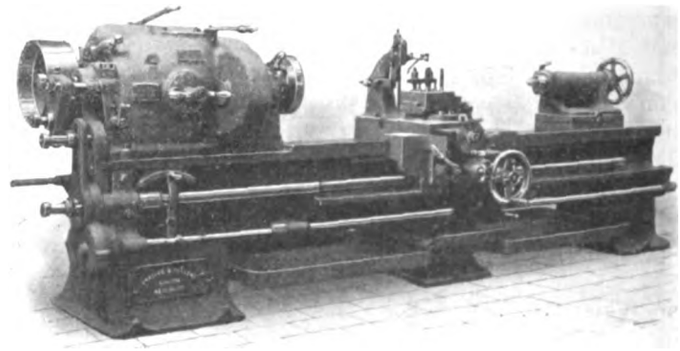


Fig. 1. — Tour à grande vitesse, système Darling et Sellers.

assure une économie de travail dans le déplacement du chariot et facilite les travaux de dressage.

La poupée mobile est conduite soit par poulie, soit directement par un moteur, et par l'intermédiaire d'une boîte de vitesses. L'arbre moteur est monté sur roulements à billes. Les engrenages en acier forgé sont noyés dans un bain de lubrifiant. L'arbre peut tourner à 12 vitesses différentes en progression géométrique. L'arbre en acier de la poupée fixe, de grand diamètre, repose sur de longs tourillons. L'embrayage est à friction, les vitesses peuvent changer instantanément.

Les caractéristiques de cette machine sont :

	TOUR DE $3^m,152$	TOUR DE $3^m,616$
Longueur maximum	$1^m,714$	$1^m,950$
Largeur effective du banc.	$1^m,479$	$1^m,554$
Largeur du banc.	$0^m,322$	$0^m,354$
Poulie motrice.	$0^m,400 \times 0^m,131$	$0^m,400 \times 0^m,156$
Nombre de tours de la poulie par minute	300	300
Nombre des vitesses de l'arbre	12	12
Encombrement	$3^m,952 \times 1^m,216$	$4^m,256 \times 1^m,370$
Poids net	3 807 kg	5 331 kg

L. G. L.

Chaînes de transmission, système Coventry.

The Coventry Chain C° Ltd présente (2) de nombreux appareils destinés à la transmission de la force dans les usines:

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

(2) Exposition de Mécanique et de Machines-Outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

Digitized by Google

machines à vapeur, moteurs, etc. Nous donnons ci-dessous (fig. 1) la vue de la distribution d'un moteur sans soupapes Knight; la chaîne de commande employée a un pas de 16 mm. La figure 2 représente la commande par chaînes silencieuses de

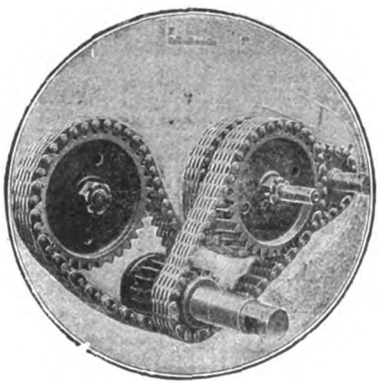


Fig. 1. — Commande de la distribution d'un moteur sans soupape par une chaîne système Coventry.

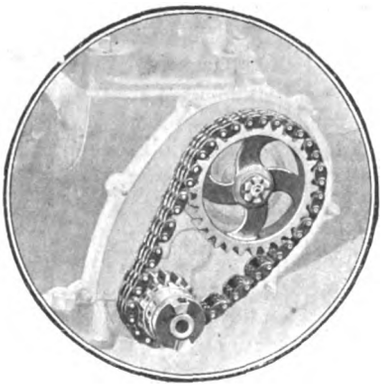


Fig. 2. — Commande par chaîne système Coventry de deux arbres à cames et une magnéto.

deux arbres à cames et une magnéto. Ces deux chaînes sont du type normal, avec plaques guides extérieures dont les trous sont traversés par des douilles. Lorsqu'elle est neuve, la chaîne Coventry remplit exactement l'espace entre les dents, mais à mesure que l'allongement inévitable du pas dû à l'usure se fait sentir, la chaîne se règle automatiquement sur les dents de la roue.

Pour les roues à gorge, on peut employer des chaînes avec plaques-guides médianes, et pour les roues à rebord, des chaînes sans guide d'aucune sorte.

Il faut éviter, aussi bien dans le cas de deux axes rapprochés que dans le cas de deux arbres de transmission très éloignés, d'employer cette transmission avec une direction verticale; le poids de la chaîne n'étant plus supporté que par l'arbre supérieur, la chaîne prend du mou et tend à quitter la roue inférieure. Le réglage de la tension se fait facilement en introduisant un chaînon coudé dans la chaîne. On peut aussi employer des galets tendeurs : il est préférable de les choisir en fibres ou en bois très dur. L. G. L.

Tours, système Tangye.

La maison Tangye expose (1) un tour-revolver de 250 mm de hauteur de pointes (fig. 1), admettant une longueur de 1m,255 entre la tourelle hexagonale et le plateau; la tourelle mesure 280 mm entre plats; le banc a 420 mm de largeur; la broche percée à 92 mm est commandée par une poulie simple avec engrenages et munie d'embrayages à friction pour l'arrêt et pour la mise en marche.

Le chariot porte une tourelle carrée disposée pour quatre outils; les dispositifs de mouvement automatique de chariotage et de surfaçage sont pourvus de butées d'arrêt et de verrouillages réciproques; quatre filets peuvent être taillés en même temps avec l'aide d'une seule vis mère. La tourelle est pourvue d'un mouvement de rotation automatique.

Parmi les diverses autres machines système Tangye, on peut citer :

Un tour à banc rompu de 200 mm de hauteur de pointes permettant le chariotage, le surfaçage et le filetage. L'arrêt et le départ sont obtenus par embrayages à friction, les vitesses de la broche étant à verrouillage réciproque. La broche est percée à 53mm,2.

L. G. L.

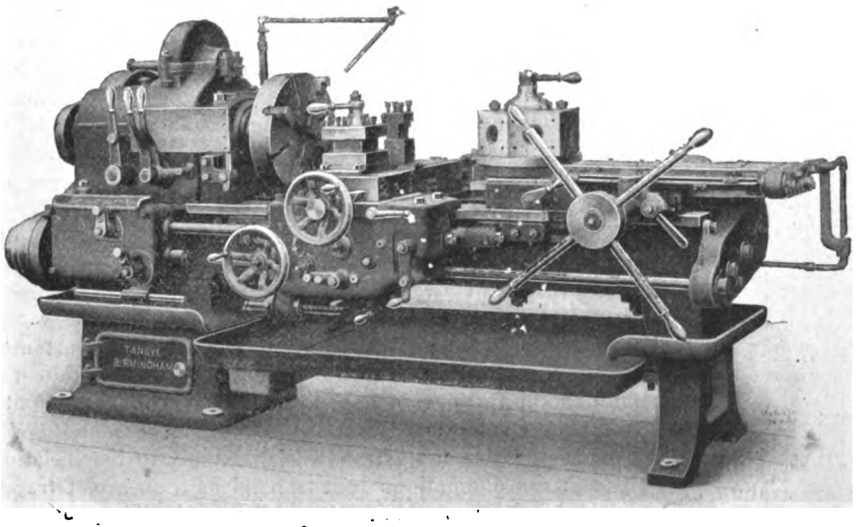


Fig. 1. — Tour revolver, système Tangye.

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912.)

Machine à fraiser verticale, système Tangye.

Cette fraiseuse (1) est munie d'une broche de 75 mm de diamètre :

Déplacement longitudinal de la table	900 mm
— transversal —	375
Largeur de la table	450
Longueur —	1350
Déplacemnnt vertical de la broche	200
— — table	300

Les mouvements de déplacement horizontal de la table et de déplacement vertical de la broche sont automatiques, avec dispositifs d'arrêt. La table est élevée et abaissée à la main. Les mouvements à main sont contrôlés par un vernier. L. G. L.

Machine spéciale, système Landis, pour le finissage rapide et la rectification à la meule.

Cette machine (fig. 1) à grand débit (2), destinée au finissage rapide de pièces cylindriques ou légèrement coniques (arbres, broches, etc.), est calculée pour résister aux grands efforts qui lui sont constamment imposés.

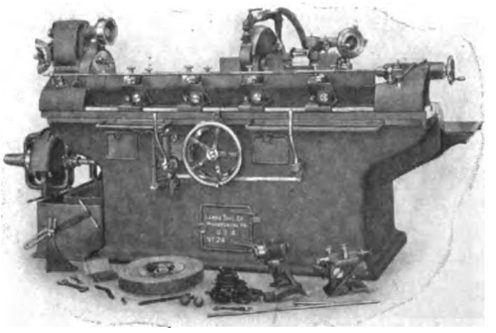


Fig. 1. — Machine, système Landis, pour le finissage rapide et la rectification à la meule.

Sa caractéristique consiste en ce que le mou-

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

(2) Exposition de Mécanique et de Machines-outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

Digitized by Google

vement de translation est transmis à la meule et non à la pièce, de sorte que le poids déplacé reste toujours constant.

Le bâti est fermé à sa partie supérieure par deux assises ajustées existant sur toute sa longueur; l'une, à l'avant, reçoit la table avec la poupée, la contre-pointe, les lunettes, etc., l'autre sert de guide au chariot de la poupée porte-meule.

La poupée, à commande par monopoulie, est pourvue d'une puissante boîte d'engrenages, permettant de modifier instantanément la vitesse de la pièce à travailler par la simple manœuvre d'un levier unique. Ces vitesses peuvent être doublées à l'aide du renvoi.

Le mouvement de va-et-vient du chariot porte-meule est automatique dans les deux sens. Une friction permet d'obtenir instantanément, par la simple manœuvre d'un levier unique, un nombre de vitesses illimité entre les vitesses minimum et maximum.

Le dispositif d'arrêt automatique, à durée variable, présente un certain intérêt. Travaillant conjointement avec les butées pour le renversement automatique du mouvement de va-et-vient, il arrête momentanément le chariot porte-meule à la fin de chaque course pendant la durée voulue pour permettre à la meule d'opérer sur le diamètre complet de la pièce avant de reprendre sa nouvelle direction.

La poupée porte-meule, montée sur une assise graduée, peut être alimentée transversalement, soit par un volant à main pourvu de graduations, soit mécaniquement avec arrêt automatique.

La poupée recevant les pièces, à base pivotante ajustée directement sur la table, peut être placée sous un angle de 60°, d'après une graduation. Le déplacement longitudinal de la poupée porte-meule peut être effectué à la main ou automatiquement.

L. G. L.

Tours revolver à décolleter, système Warner et Swasey.

Ces tours (1) sont munis d'une série de dispositifs spéciaux qui permettent de les employer comme tours en l'air.

Ces machines puissantes, d'applications très variées, s'adressent particulièrement à la fabrication rationnelle en série de pièces prises dans la barre, de pièces en fonte ou forgées. Les premiers exemplaires du modèle actuel s'employaient exclusivement dans la fabrication en série, mais les larges dimensions du nouveau tour permettent de l'employer avec avantage pour l'usinage de pièces très diverses, même en nombre relativement restreint.

Ce tour constitue ainsi une combinaison du tour revolver proprement dit et du tour ordinaire.

Les caractéristiques sont :

Dimensions maxima admises :	
Rond	57 mm
Carré	47
Hexagonal	50
Diamètre admis au-dessus du banc	420
— — — du chariot	320
Course des tourelles hexagonales et carrée	660
— transversal du chariot transversal	190

L. G. L.

Mandrin Taylor à serrage concentrique pour aciers rapides.

Dans le mandrin Taylor (2), la base de la mordache est inclinée et s'engage dans un filet angulaire, taillé à l'intérieur d'un cône (fig. 1).

La distance entre les filets et la surface des gradins est par conséquent très faible, ce qui rend tout arrachement impossible.

La pression n'est pas reçue par la partie la plus faible des filets, mais directement par le métal plein de la mordache, en raison de l'inclinaison de cette dernière. L'autre partie des filets ne sert par conséquent qu'à donner la surface d'assise nécessaire.

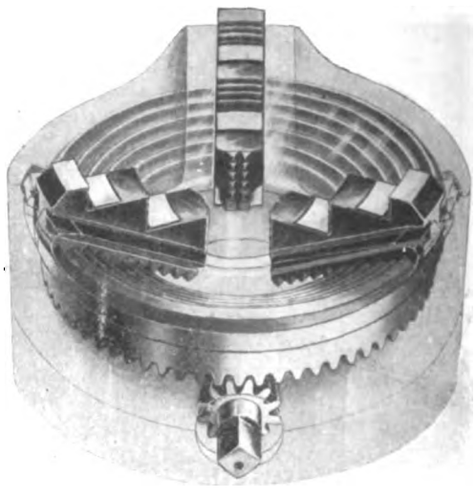


Fig. 1. — Mandrin Taylor à serrage concentrique pour acier rapide.

Les mordaches sont en outre guidées sur les côtés presque jusqu'à fleur des gradins, ce qui donne une très grande rigidité.

Les parties travaillantes, c'est-à-dire les mors et la spirale, sont trempées et rectifiées sur des machines spéciales.

L. G. L.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

Sur l'enregistrement des vitesses.

Le problème se pose souvent en mécanique de connaître, non pas la valeur absolue de la vitesse d'un organe, mais la loi de variation de cette vitesse sous l'effet soit d'une perturbation quelconque, soit d'un organe régulateur ou modérateur.

Tel est, par exemple, l'examen de la vitesse des cages dans un puits de mine, de la vitesse de coupe d'un outil, la loi d'oscillation d'une pièce mobile dans une machine quelconque, l'effet d'un volant ou d'un servo-moteur, l'influence de la charge ou décharge brusque dans une machine électrique, l'étude du glissement et du décrochage dans un alternateur ou dans une machine à courants polyphasés, l'effet des forces d'inertie de masses animées de mouvements alternatifs, etc. Bien des problèmes délicats gagneraient à être analysés, après coup, sur un diagramme d'enregistreur représentant le phénomène; malheureusement, cet enregistrement est délicat à effectuer; la méthode hydraulique est peu sensible (tachygraphe hydraulique de Karlik) ou peu pratique à appliquer industriellement (cinémographes électriques, méthode du diapason ou autres dispositifs ondulatoires). Le plus simple est de recourir à la méthode purement mécanique du volant centrifuge, convenablement modifiée pour atteindre la plus grande sensibilité.

Une masse centrifuge, constituée par des poids, exactement comme un régulateur de Watt, tourne autour d'un axe qui est en communication appropriée avec l'organe ou la machine dont il s'agit d'étudier les variations de vitesse; la force centrifuge va donc provoquer des élongations variables suivant les variations de vitesse : ces élongations sont transmises à un stylet traceur qui se déplace sur une bande de papier munie d'un mouvement uniforme de déroulement.

En donnant au papier une grande vitesse de déroulement, aux masses tournantes une très faible valeur et aux leviers intermédiaires une grande amplification, on arrive à enregistrer avec une grande précision et une sûreté parfaite, les variations les plus

(1) Exposition de Mécanique et de Machines-outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

(2) Exposition de Mécanique et de Machines-Outils à l'Olympia de Londres (octobre 1912).

Digitized by Google

faibles et les plus rapides, comme par exemple les irrégularités de rotation durant un tour du volant d'une machine à vapeur ou d'un moteur à gaz.

Nous avons eu l'occasion de vérifier, par la méthode du diapason et par celle du diagramme des forces calculé d'après le diagramme d'indicateur, l'exactitude d'indications ainsi relevées; les résultats concordaient de façon satisfaisante.

Pour les mesures industrielles sur place, M. le Dr Horn, spécialiste bien connu, constructeur de tachymètres, a établi un appareil « universel » transportable. Les pendules à ressort, interchangeables, permettent d'étudier des variations de vitesse comprises entre $\pm$ 3 °/₀, $\pm$ 6 °/₀ et $\pm$ 12 °/₀, ce qui répond à la plupart des observations que l'on est amené à examiner en pratique. Dans le premier cas le stylet traceur avance de 8 millimètres pour une variation de vitesse de 1 °/₀, ce qui, combiné avec une vitesse de déroulement de la bande de papier de

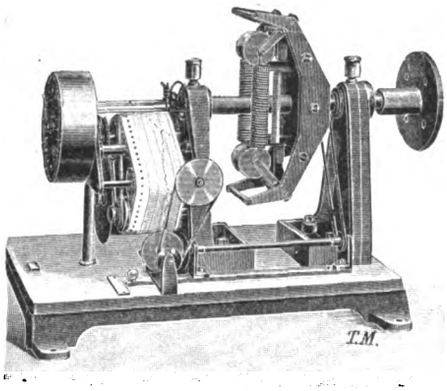


Fig. 1. — Vue du tachygraphe système Horn.

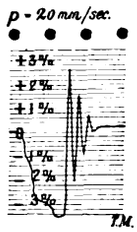


Fig. 2. — Graphique de la loi de l'amortissement d'un pendule.

20 mm par seconde, suffit pour donner des tachygrammes parfaitement lisibles, même pour des mesures aussi délicates que le coefficient d'irrégularité d'un volant.

La figure 1 représente l'instrument, boîtier enlevé ; quant aux tachygrammes relevés, nous en avons déjà publiés ici même quelques spécimens à propos des essais d'une semi-fixe Lanz(1); il s'agissait de vérifier la garantie de régulation en présence d'une décharge brusque de la machine.

La tachygramme (fig. 2) montre le même instrument appliqué à l'étude de l'amortissement d'un système pendulaire.

Ce mode d'investigation graphique des vitesses variables peut rendre de grands services dans beaucoup de recherches spéciales relatives aux machines. J. Izart

MÉTALLURGIE

Enregistreur de la teneur en poussières pour les gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels.

L'enregistrement de la teneur en poussières dans les gaz présente un intérêt capital dans de nombreux cas. Il devient une nécessité lors de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux dans les grands moteurs de métallurgie, qui atteignent souvent une puissance de plusieurs milliers de chevaux. On peut éviter ainsi des arrêts ruineux, survenant en pleine période de marche et dus à l'encrassement des soupapes du moteur par les poussières qu'entraîne toujours le gaz. Averti par un appareil enregistreur, le chef de service peut, en temps voulu, donner les ordres nécessaires pour remédier à une épuration incomplète, aussitôt qu'une augmentation sensible de la teneur en poussières est constatée.

Les dosages au laboratoire sont longs, délicats et offrent le grave défaut de ne pas assurer un contrôle continu. On a donc depuis longtemps recherché une méthode pratique pour assurer, grâce à un appareil automatique, la surveillance continue, indispensable pour parer à tous accidents. Les appareils imaginés primitivement peuvent se ramener à une sorte de tamis porté par un fléau de balance, tamis retenant les poussières contenues dans le gaz qui le traverse. Jamais les essais faits dans ce sens n'ont été couronnés de succès, ce qu'il était d'ailleurs facile de prévoir.

Il est donc intéressant de signaler un instrument réellement pratique, qui a fait ses preuves dans l'industrie. Baptisé par l'inventeur du nom de « Kapnograph », il procède de cette idée fort juste que ce qui importe, dans le cas envisagé le plus généralement, n'est pas de déterminer le poids de poussières exactement contenu dans l'unité de volume gazeux, mais de montrer, d'une manière simple et pratique, si cette quantité de poussières n'excède pas celle dont il est malheureusement impossible de se débarrasser complètement.

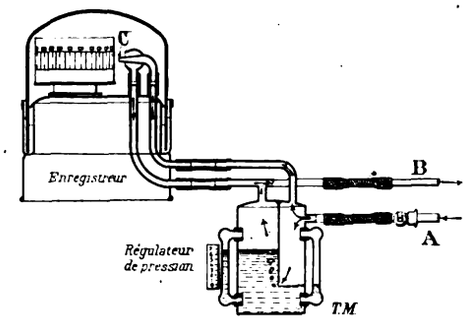


Fig. 1. — Schéma de l'enregistreur de la teneur en poussières d'un gaz.

Le kapnograph donne un diagramme formé par la poussière elle-même et l'appareil est excessivement simple : le gaz, pénétrant par la conduite A, arrive à la buse C, après avoir traversé un régulateur de pression. La poussière, projetée sur le papier à diagramme enroulé sur le tambour enregistreur, se fixe sur ce papier. Le gaz évacué sort par l'ouïe concentrique à la buse et s'écoule par la conduite B.

Il suffit d'examiner le diagramme pour juger de la manière dont fonctionnent, en ce qui concerne la poussière, les organes d'épuration.

On est d'ailleurs fixé sur la teneur en pour 100 de poussières du gaz considéré, par des essais faits une fois pour toutes et dont on consigne les résultats sur des diagrammes-types servant de comparaison.

Il est certain que cet enregistreur, très simple, peut rendre de précieux services dans toutes les branches d'industrie où l'on doit contrôler la présence de poussières dans les gaz, et, en tout premier lieu, dans l'industrie métallurgique, où il répond à un besoin évident. J. Izart.

MINES

Dégagements lents de grisou.

Les gaz se dégagent, non seulement pendant l'abatage du charbon, mais aussi longtemps après qu'il a été extrait. Ce dégagement est surtout considérable au début du déhouillement, et dépend, en particulier, de la ventilation et du mode d'exploitation. En général, on admet que le charbon dégage, durant l'extraction et pendant les deux semaines suivantes, une moyenne de méthane égale à son volume. Les expériences de MM. H.-C. Porter et F.-K. Ovitz ont démontré que, durant les cinq premiers mois après l'extraction, le charbon a dégagé, au total, une quantité de CH^4 égale aux 7/4 de son volume.

A l'air ou dans le vide, cette quantité a été approximativement la même, et l'on doit voir surtout la raison de l'augmentation de la teneur en grisou de l'air de la mine, souvent constatée à la suite des dépressions barométriques, dans l'expansion du gaz accumulé dans les cloches et dans les vieux travaux mal remblayés de l'exploitation.

S. P.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (octobre 1911), p. 473; t. IV, n° 8 (15 avril 1912), p. 311.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Sur une formule de vitesse applicable aux aéroplanes. — Dans une note présentée à l'Académie au mois de janvier 1909(1), l'auteur a donné une formule, basée uniquement sur l'expérience, et qui relie entre elles la maitresse section d'un dirigeable, la puissance de son moteur et la vitesse qu'il réalise.

Il s'est demandé s'il ne serait pas possible de trouver une pareille formule pour les aéroplanes, tels qu'ils sont actuellement construits. La formule indiquée dans la présente note paraît répondre à la question.

Soit V la vitesse de l'aéroplane *en myriamètres à l'heure* ; F, la puissance du moteur évaluée en chevaux-vapeur ; S, la surface portante des ailes, évaluée en mètres carrés, et A, un *coefficient* numérique ; on a la relation empirique simple :

$$V = A\sqrt[5]{\frac{F}{S}}. \qquad (1)$$

Le coefficient A, quel que soit le type d'aéroplane pris parmi ceux qui existent actuellement, *est toujours pratiquement compris entre 7 et 8* ; sa valeur fournit une appréciation du *coefficient d'utilisation* de l'appareil.

Pour établir cette formule, on a utilisé les documents actuellement publiés sur les appareils existants. Voici le tableau où sont reproduites les données relatives aux avions considérés et les valeurs correspondantes du coefficient :

AVIONS *m* = monoplan *b* = biplan	SURFACE portante en m²	PUISSANCE du moteur en chevaux	VITESSE en myriamètres à l'heure	COEFFICIENT A
Astra (*b.*)	48	70	9,0	7,80
Aviatic (*m.*)	30	100	11,5	7,70
Blériot (*m.*)	15	50	10,5	7,10
Caudron (*b.*)	20	25	8,0	7,35
Clément-Bayard (*b.*)	28	50	9,0	7,37
Goupy (*b.*)	27	50	9,5	7,72
Morane (*m.*)	14	50	11,5	7,55
Rep (*m.*)	24	60	10,5	7,72
Sommer (*m.*)	16	50	10,0	6,86
Tellier (*m.*)	28	50	9,0	7,40
Zodiac (*b.*)	32	50	9,5	8,10

On voit que le coefficient A est, *en pratique*, toujours compris entre 7 et 8 ; quand il tombe au-dessous de 7, ou arrive au-dessus de 8, l'écart est, en tout cas, très faible.

Afin de rechercher s'il y avait lieu de faire intervenir dans le calcul les surfaces d'empennage, on a refait le tableau précédent en ajoutant aux valeurs numériques des surfaces portantes celles des empennages fixes ; les coefficients ont tous été augmentés, mais l'ordre de classement des avions est resté le même. Il semble donc qu'il suffise de faire intervenir, dans le calcul du coefficient, la seule étendue des surfaces portantes.

La formule (1) est *empirique* : elle est donc indépendante de toute théorie et de toute hypothèse ; de la sorte, le coefficient A comprend tous les facteurs dont il n'est pas possible de calculer rigoureusement l'action : résistance à la marche du fuselage et des haubans, rendement de l'hélice, influence de la forme des ailes, etc.

Le coefficient d'utilisation est d'autant meilleur que sa valeur est plus voisine de 8. Cela ne veut pas dire, pourtant, qu'un avion ayant un coefficient égal à 7 soit un *mauvais avion* : cela peut signifier simplement que dans sa construction, on n'a pas cherché avant tout la vitesse et que la solidité de l'appareil a comporté, peut-être, quelques sacrifices au point de vue de sa rapidité.

Cette formule étant empirique, n'est applicable que dans les limites entre lesquelles ont été faites les expériences qui ont servi à l'établir. Elle n'est donc applicable qu'à des aéroplanes des types usuels actuellement en service, et pour des vitesses comprises entre 80 km et 130 km à l'heure. Mais, *dans ces limites*, elle permet de calculer d'avance la puissance minimum nécessaire à la propulsion d'un avion, en prenant *a priori* pour celui-ci la valeur 7 du coefficient A, la moins favorable. Une fois l'avion construit, les essais de vitesses feront connaître la valeur réelle du coefficient A et montreront la *qualité* de l'engin, suivant qu'il se classe près de 8 ou près de 7.

Enfin, remarquons que la valeur F de la puissance nécessaire est proportionnelle à V^5, c'est-à-dire au cube de la vitesse. On voit donc combien celle-ci *coûte cher*. En revanche, F est inversement proportionnelle à A^5, c'est-à-dire au cube du coefficient, qu'il y a donc un intérêt considérable à améliorer, pour une même vitesse, par un accroissement de rendement de l'hélice et par une diminution de la résistance à la marche. La formule (1) pourra donc servir, au cours d'études sur le perfectionnement d'aéroplanes de même type, à donner à chacun d'eux une *cote de mérite* lors de ses essais ; elle pourra, par suite, faciliter les études pratiques des constructeurs, en raison surtout de sa simplicité.

(Note de M. *Alphonse Berget*, présentée par M. L. Lecornu à l'Académie des Sciences, 11 novembre 1912.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 3 (février 1909), p. 106, et t. I, n° 6 (avril 1909), n° 195.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Transformation du réseau municipal de tramways à Paris. — *Historique des moyens de transport de surface en commun.* — En 1854, le service de transport en commun était assuré par six Sociétés : Omnibus, Dames réunies, Favorites, Béarnaises, Citadines, Tricyclettes, etc., qui concoururent à former la nouvelle Entreprise des Omnibus. La Compagnie, définitivement constituée en 1855, avait pour objet l'exploitation, avec droit exclusif de stationnement sur la voie publique, de toutes voitures de transport en commun, et notamment de tous services d'omnibus sur voies ferrées.

La Compagnie actuelle des omnibus commença son exploitation le 1er mars 1855, avec 435 voitures assurant le service de 25 lignes dans Paris, d'un développement de 149 km 700 et de 28 lignes dans la banlieue, d'un développement de 195 km 400. Les premières lignes exploitées par voies ferrées furent celles de la concession Loubat du Louvre au rond-point de Boulogne, à Sèvres et à Versailles, entre la place de la Concorde et le rond-point de Boulogne avec embranchement sur Sèvres. Les voies furent poussées jusqu'au Louvre en 1873 et, en 1875, la Compagnie des Omnibus, qui s'était substituée au sieur Loubat, fit construire la ligne du Louvre à Vincennes.

En 1880, le réseau de tramways comprenait 18 lignes, d'un développement de 131 km 582. En 1900, il existait 36 lignes de tramways d'un développement de 227 km 061.

Les débuts de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus remontent à l'Exposition de 1889 ; 4 automotrices à vapeur, système Rowan, circulaient sur la ligne spéciale qui allait de l'Exposition (Palais du Trocadéro) à la gare du Trocadéro Ceinture. En 1894, la Compagnie générale des Omnibus adoptait la traction à air comprimé sur les lignes Louvre Saint-Cloud-Sèvres, Louvre-Versailles et Saint-Augustin-Cours de Vincennes. En 1897, la ligne Cimetière de Saint-Ouen-Porte de Clignancourt-Bastille fut exploitée par des automotrices à vapeur comportant un générateur et un moteur du système Serpollet. En 1907, les générateurs Serpollet de ces voitures furent remplacés par des générateurs Purrey. En 1898, plusieurs lignes furent transformées et équipées avec des voitures à air comprimé. A la même époque, deux lignes furent exploitées en traction électrique par accumulateurs. Également à cette même époque, la Compagnie exploita diverses lignes avec des voitures à vapeur du système Purrey. Enfin, en 1906, la Compagnie obtint l'autorisation d'installer une ligne à trolley entre le Point du Jour et Versailles et, supprimant les locomotives à air comprimé sur ce parcours, fit remorquer les nouvelles voitures à trolley par des locomotives à vapeur dans Paris.

On voit, par l'énumération qui précède, que la Compagnie des Omnibus a fait de gros efforts pour trouver des solutions pratiques de la question des transports à Paris, et il est utile de constater que les divers systèmes de traction, quelque imparfaits qu'ils puissent être, ont rendu de grands services au public.

Digitized by Google

Électrification du réseau municipal de tramways. — La réorganisation des tramways dans Paris fut discutée de 1903 à 1910; la Compagnie des Omnibus obtint la rétrocession du réseau municipal de tramways, dont la concession était accordée à la Ville de Paris. Le réseau comprend 39 lignes, d'un développement de 293 km 030. La Compagnie des Omnibus se propose d'exploiter ce réseau par voitures électriques, avec prise du courant par caniveau souterrain et par trolley.

Les voitures affectées au réseau de tramways seront remisées dans treize dépôts, d'une superficie totale de 83 721 m². Les travaux de bâtiment, dans ces dépôts, s'élèveront à la somme de 8 millions environ. Les grandes réparations seront exécutées à l'atelier central de la Compagnie (atelier commun aux autobus et aux tramways) dont la superficie est de 84 141 m². Cet atelier a été complètement remanié et les dépenses totales pour bâtiments et outillage, tant pour les autobus que pour les tramways, s'élèveront à 3 500 000 fr.

L'alimentation en énergie électrique sera assurée par trois usines situées à : Saint-Denis, Vitry-sur-Seine et Billancourt. Le courant provenant de ces usines sera distribué, par des feeders haute tension, à huit sous-stations chargées de le transformer en courant continu à 600 volts qui sera distribué aux lignes de contact des tramways. Ces sous-stations sont reliées entre elles de telle façon que, en cas d'arrêt d'une des trois usines mentionnées ci-dessus, elles puissent être alimentées par l'une quelconque des deux autres.

Le réseau de feeders haute tension est constitué par des câbles triphasés à haute tension sous plomb et armés, formés de trois conducteurs en cuivre: l'enveloppe en plomb entourant ces câbles est isolée de l'armature en feuillard par l'interposition de deux feuilles de papier enduit d'un ruban de coton étroit et d'un matelas de filin goudronné, de façon à les protéger contre les attaques d'ordre électrolytique ou d'ordre purement chimique qu'elles peuvent subir dans le sous-sol.

L'aluminium a été substitué en grande partie au cuivre pour les conducteurs de 300, 400 et 600 mm². Les dépenses à prévoir sont les suivantes :

Feeders haute tension	2 500 000 fr
Sous-stations	3 900 000 »
Feeders courant continu	4 800 000 »
Total	11 200 000 fr

Caniveau souterrain. — Les systèmes à plots n'ayant pas donné des résultats admissibles pour les grandes villes, la Compagnie a fait choix, pour les parties sur lesquelles le trolley n'est pas admis, du caniveau souterrain.

Le caniveau souterrain comporte deux conducteurs métalliques nus, supportés chacun séparément par des isolateurs. L'organe de prise de courant (charrue) est en contact avec les deux rails conducteurs et, pour permettre de relier cette charrue à la voiture, le caniveau comporte une rainure au niveau du sol. Les premiers caniveaux construits furent placés, soit dans le centre des deux rails, soit sous une des files de rails de roulement. Les premiers essais de traction électrique, avec caniveau central, furent exécutés en 1884, à Blackpool et à Cleveland (Ohio).

Le type de caniveau central fut appliqué également à New-York, en 1885, sur 239 km. En 1897, la ligne Bastille-Charenton, à Paris, fut reconstruite avec caniveau central sur 1 700 km de voies doubles. En 1898, le métropolitain de Washington avait exécuté 200 km de voies en caniveau central. 5 300 km de voies doubles furent construits à Lyon, en 1899; 4 km à Nice, en 1900; 4 600 km à Bordeaux, en 1911.

Le caniveau latéral fut installé en 1885 à Boston, en 1889 et 1896 à Budapest, sur 40 km; de 1896 à 1902, à Berlin, sur 12 km; en 1898, à Bruxelles, sur 30 km; de 1900 à 1909, sur le réseau de la Compagnie générale parisienne de Tramways, sur 13 km; en 1902, à Vienne, sur 29 km; en 1906, à Paris, rues du Temple, Réaumur et du 4-Septembre, sur les voies de l'Est-Parisien.

En 1903, le London County Concil fit une enquête très complète sur les avantages comparés du caniveau central et du caniveau latéral et décida ensuite d'adopter d'une façon générale le caniveau central à Londres.

La Compagnie des Omnibus refit cette enquête et adopta le caniveau central.

Caniveau central. — Le caniveau central comprend des chaises en fonte placées tous les 1m,30, pesant 160 kg et d'une hauteur telle que l'encombrement au-dessous des rails de rainure soit de 0m,60. Sur ces chaises sont fixés, au centre, les rails de rainure. Les bras des chaises supportent les rails de roulement par l'intermédiaire de cales en bois de teck paraffiné. Les rails de roulement à gorge sont du type U. T. F., pesant 51 kg 400 au mètre courant, et d'une longueur normale de 18m,20. Les rails de prise de courant ont une longueur de 7m,80; ils pèsent 12 kg 083 au mètre courant. Au droit de chaque chaise, l'écartement des rails de rainure est maintenu par deux tirants ancrés sur la partie supérieure des chaises; dans le pavage en bois, dont la poussée est très forte, on a intercalé au milieu de chaque intervalle des chaises, des tirants supplémentaires ancrés sur l'âme des rails de roulement. Les isolateurs sont fixés aux patins des rails de rainure et prennent place dans des niches recouvertes de tampons en fonte.

Quand la hauteur libre sous la chaussée n'est pas suffisante, on est obligé de recourir à des caniveaux spéciaux dits : semi-réduits, réduits et extra-réduits.

Un des grands avantages du caniveau central est de permettre le remplacement des rails de roulement avec une grande facilité et sans construction de voies provisoires. De plus, la rainure du caniveau peut être plus étroite (25 mm au lieu de 30 à 35).

La construction du caniveau en voies courantes peut être effectuée de la manière suivante (la durée du travail est indiquée pour une longueur de 100 m de voie double) :

Travaux de dépavage et d'enlèvement des anciennes voies (durée : 6 jours).

Travaux de démolition du béton de fondation et de terrassement du caniveau (durée : 7 jours). Les travaux de terrassement comprennent l'exécution d'une rigole de 0m,70 de longueur sur 0m,40 de profondeur moyenne, avec fouilles spéciales tous les 1m,30 pour le logement des chaises de caniveau, et tous les 3m,90 pour les niches d'isolateurs.

Travaux de pose de l'ossature métallique et du réglage (durée : 9 jours). Les rails de roulement sont généralement soudés par le procédé aluminothermique.

Travaux de bétonnage (durée : 6 jours). A signaler que, sur la plupart des chantiers, il a été fait usage de bétonneuses mécaniques.

Travaux d'équipement électrique et de scellement des plaques qui recouvrent les niches d'isolateurs (durée : 4 jours).

Une fois ces travaux terminés, les entrepreneurs de la Ville de Paris appliquent le béton de fondation du pavage et ensuite exécutent le pavage. D'autres ouvrages sont également exécutés en voie courante, notamment les drainages du caniveau.

Matériel roulant. — La Compagnie des Omnibus a tout d'abord décidé de supprimer l'impériale, qui a l'inconvénient de retarder la montée et la descente des voyageurs et d'offrir des places peu confortables pendant la mauvaise saison. Les voitures sans impériale peuvent être plus spacieuses et mieux ventilées que les voitures avec impériale; mais, la construction de voitures sans impériale à grande capacité présentait différentes difficultés au point de vue du passage dans les courbes de faible rayon, de la rigidité du châssis, etc.

La solution qui donne toute satisfaction au point de vue de l'adhérence est celle de l'emploi de quatre moteurs, un par essieu. Cette solution, très intéressante pour les chemins de fer métropolitains ou même pour certains tramways de grande banlieue, n'est pas économiquement exploitable pour des tramways urbains.

Une autre solution a été adoptée par les tramways sud sur les voitures du groupe du Châtelet; elle consiste à avoir un boggie à deux essieux moteurs et un boggie porteur. L'inconvénient de ce système est le faible poids adhérent.

Pour avoir une adhérence totale, on a songé encore à accoupler par bielles ou par chaînes les essieux porteurs aux essieux moteurs, mais cet accouplement est délicat et difficile à réaliser.

La Compagnie des Omnibus a été conduite à retenir la solution des boggies à adhérence maximum, qui comporte un essieu moteur et un essieu directeur dont les roues sont de plus petit diamètre, en rapprochant le plus près possible de l'essieu moteur le point de support de la caisse sur le boggie, de façon à augmenter le poids adhérent. Ce système assure aux voitures un roulement très doux et un passage facile dans les courbes de faible rayon, mais l'adhérence n'est pas suffisante pour assurer la remorque d'un attelage dans de bonnes conditions en cas de déclivités supérieures à 3 %.

Dans ces conditions, la Compagnie a étudié et construit des trucks à grand empattement (3m,60) à deux essieux parallèles, tous deux moteurs. Les voitures à grand empattement, dont le poids est de

Digitized by Google

13 500 kgs, contiennent 49 places, dont 19 debout. La Compagnie a également étudié et construit une voiture à empattement moins grand (3m,25) avec plates-formes extrêmes, d'une capacité de 45 places, dont 15 debout, et dont le poids est de 12 500 kgs. Enfin, la Compagnie des Omnibus a construit un type de voiture d'attelage montée sur deux boggies.

Les châssis ont été construits en tôle d'acier emboutie.

La suspension du matériel roulant a été étudiée avec soin et les études ont porté sur la recherche de la double suspension par l'emploi de traverses danseuses, qui assurent un roulement très doux.

Les prévisions de dépenses pour le matériel roulant (tramways) sont de 24 millions de fr pour un effectif de 1 100 voitures.

(Communication de M. *Mariage*, Société des Ingénieurs civils, 22 novembre 1912.)

CHIMIE

Ammoniac synthétique(1). — La question de la production synthétique de l'ammoniac en partant de l'azote et de l'hydrogène semble maintenant, grâce aux travaux du professeur Haber et de la Badische Anilin und Soda Fabrik, techniquement résolue, et la première usine pour la fabrication d'ammoniac synthétique est en construction à Oppau, près de Ludwigshafen.

Le point de départ des travaux de Haber est la réaction classique de la formation de l'ammoniac sous l'influence d'une décharge électrique dans un mélange d'hydrogène et d'azote, en présence de mousse de platine, réaction d'équilibre limitée par la réaction inverse.

Après de longues recherches sur les conditions optima de température et de pression, Haber trouva que les meilleurs rendements étaient obtenus en opérant à haute température et sous une pression suffisamment grande, à environ 100 atmosphères, ou mieux encore 150-250 atmosphères et plus. Ce sont là des pressions qui n'avaient encore jamais été employées à de hautes températures.

On peut ainsi, avec une pression de 200 atmosphères et une température de 600° à 700°, obtenir facilement 250 g d'ammoniac pour un volume de 1 l de matière de contact en employant comme catalyseur du fer obtenu en partant d'oxyde très pur, avec un débit de 250 l de gaz à l'heure.

En employant de l'osmium comme catalyseur, la température de la réaction se trouve abaissée, mais la rareté de l'osmium et son prix élevé sont des obstacles à son emploi industriel.

Un autre bon catalyseur est l'urane, à l'état de métal, de carbure ou d'azoture; dans ce cas, le gaz ne doit contenir ni eau, ni impureté susceptible d'en former.

L'application technique du procédé, entreprise en 1908, par la Badische Anilin und Soda Fabrik, rencontra un certain nombre de difficultés : il fallut construire des appareils assez grands capables de résister à de fortes pressions à une température voisine du rouge : les métaux employés — en particulier l'acier — sous ces conditions de température et de pression, sont attaqués par le mélange gazeux : si la formation d'azoture du fer peut être évitée, l'acier perd néanmoins son carbone sous l'action de l'hydrogène.

On est cependant arrivé à résoudre la question du matériel. Il faut naturellement prendre soin qu'il n'entre pas d'air dans l'appareil, sous peine d'explosion. Des avertisseurs fonctionnent automatiquement dès que la teneur en oxygène atteint une certaine valeur.

Le gaz ammoniac formé est liquéfié, ou absorbé par de l'eau.

La Badische Anilin und Soda Fabrik a particulièrement étudié les divers catalyseurs. On constate qu'en général les catalyseurs sont plus actifs en présence de certains corps étrangers; une très légère addition suffit souvent pour augmenter l'activité du catalyseur; tels sont les oxydes, hydrates et sels des métaux alcalins, alcalino-terreux et terreux, les combinaisons métalliques et quelques métaux. Par contre on ne doit pas ajouter des métalloïdes tels que le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic, le bore, non plus que des métaux à point de fusion peu élevé, qui sont facilement réduits par l'hydrogène et qui agissent eux-mêmes comme catalysants, comme le plomb, l'étain, le zinc et le bismuth. Le fer, le manganèse, le molybdène, le tungstène, sont aussi de bons catalyseurs, sans autre addition; mais, dans le cas du manganèse, le mélange gazeux doit être totalement exempt d'oxygène avant d'arriver à la matière de contact.

Une notion importante est celle de « poisons » de la réaction, corps qui gênent ou empêchent la formation catalytique de l'ammoniaque. Ainsi, le fer contenant 0,1 % de soufre est sans activité. On ne connaissait jusqu'ici de tels poisons que dans la fabrication de l'acide sulfurique par contact, avec le platine comme matière catalysante.

La connaissance de ces poisons (soufre, sélénium, tellure, phosphore, arsenic, bore, et combinaisons), conduisit à produire une matière de contact exempte de ces substances et à débarrasser soigneusement les gaz à traiter desdits poisons.

Pour ce qui est de la préparation des gaz constituants, l'azote s'obtient facilement, soit par voie physique, par le procédé de Linde, soit chimiquement, par élimination de l'oxygène de l'air au moyen du cuivre au rouge; l'hydrogène, par suite de ses applications croissantes, est préparé par de nombreux procédés, comme sous-produit de l'électrolyse du sel, par dissociation de la vapeur d'eau par le fer ou le charbon, etc. En tout cas, ces deux éléments se trouvent à bon compte dans l'industrie.

Comme la production de ces corps n'est pas liée à la présence de chutes d'eau économiques, la nouvelle industrie peut prospérer dans tous les pays, sans nuire aux industries déjà existantes, étant donné la consommation croissante des engrais azotés. En 1911, la valeur des engrais azotés a atteint 241 millions de francs. L'augmentation annuelle de la consommation mondiale du salpêtre du Chili est d'environ 150 000 t.

(Communication de M. *A. Bernthsen*, VIIIe Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre 1912.)

Production d'alumine, d'acide chlorhydrique, d'alcalis caustiques et d'un ciment hydraulique blanc, au moyen de sel, d'argile et de calcaire. — Le procédé consiste, en principe, à faire passer de la vapeur d'eau sur un mélange de sel et d'argile chauffé au rouge: l'hydrogène de l'eau forme de l'acide chlorhydrique avec le chlore du sel; l'oxygène s'unit au sodium pour donner de l'oxyde de sodium, lequel se combine à la silice et à l'alumine en donnant naissance à un silico-aluminate de sodium.

Proposé par Adolphe Kayser en 1902 (Brevet américain 708 561), ce procédé a été mis au point par Alfred Cowles, qui opère de la façon suivante :

Le sel et l'argile, auxquels on ajoute une substance contenant du carbone (charbon de bois ou sciure de bois), qui rend la masse plus poreuse et facilite ainsi la réaction, sont mélangés suivant des proportions déterminées, et la pâte est mise sous forme de briquettes perforées. Ces briquettes séchées, sont conduites sur des wagonnets plats dans un four en forme de tunnel, à l'entrée duquel on insuffle de la vapeur d'eau en quantité calculée. Les gaz sont aspirés à la sortie, puis comprimés dans une chambre de condensation, pour recueillir l'acide chlorhydrique. La température du four est réglée au moyen d'un pyromètre — c'est environ la température de volatilisation du chlorure de sodium; la plus grande quantité de la chaleur nécessaire est fournie par le carbone incorporé dans les briquettes. La réaction finale a lieu selon l'équation :

$$Al^2O^3 2SiO^2 + 4NaCl + 2H^2O + xH^2O + xC + xO = (Na^2O)^2(SiO^2)^2Al^2O^3 + 4Cl + xH^2O + xCO.$$

Les briquettes de silico-aluminate de sodium renferment jusqu'à 33 % Na^2O (35 % d'après la formule). Il n'y a pas de perte notable de sel. Le fer qui peut être contenu dans l'argile passe à l'état de chlorure de fer avec l'acide chlorhydrique et se condense dans le premier compartiment de l'appareil à condensation. L'acide obtenu est extrêmement pur, exempt d'arsenic; il contient seulement des traces d'acide sulfurique quand l'argile renferme un peu de sulfure de fer. Avec des briquettes à 32 % d'oxyde de sodium, le rendement en acide chlorhydrique à 30 % est d'environ 1 tonne 1/2 pour une tonne du mélange de sel et d'argile.

Pour séparer l'aluminate de soude du silico-aluminate, on le pulvérise finement et on le mélange avec une quantité de chaux calculée, pour former du silicate dicalcique, selon l'équation :

$$(Na^2O)^2(SiO^2)^2Al^2O^3 + 4CaO = 2(CaO)^2SiO^2 + (Na^2O)^2 + Al^2O^3.$$

Au lieu de chaux, on peut employer du carbonate de chaux en quantité correspondante. Il faut observer exactement la proportion de 2 molécules de CaO pour 1 de SiO^2, sinon il y a des pertes en alumine. Le mélange est chauffé dans un four tournant, ou dans un

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 323.

Digitized by Google

four en tunnel ; la masse est ensuite concassée et la majeure partie de l'aluminate de soude extraite par lixiviation. De cet aluminate de sodium, on tire de l'alumine et de la soude caustique.

Le résidu, formé principalement de silicate dicalcique, fournit, après calcination avec de la chaux exempte de fer, un ciment blanc d'excellente qualité.

L'alumine pure produite à partir de l'aluminate de soude est employée pour la fabrication de l'aluminium, et son prix de revient avantageux permet d'abaisser celui du métal.

Ce procédé permet aussi d'utiliser le potassium contenu dans le feldspath, qui existe en énormes quantités sur le globe, en l'incorporant avec l'argile dans les briquettes dont il a été question plus haut.

(Communication de M. *Alfred Cowles*, VIII[e] Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre.)

Analyse de l'acide vanadique commercial. — L'acide vanadique commercial renferme environ 15-20 °/₀ d'impuretés, oxydes de fer, manganèse, aluminium, silicium, arsenic, phosphore, et résidus du traitement, principalement de la soude.

Simplement séché, l'acide vanadique est facilement attaquable par les acides, et l'analyse ne présente que les difficultés de la séparation du vanadium et des autres éléments. Mais, pour éliminer les 10 °/₀ d'humidité que tient ordinairement l'acide vanadique, il est d'usage de le calciner, pour en augmenter la teneur en acide vanadique pur et le rendre directement utilisable en métallurgie. Après avoir été calciné, l'acide vanadique est difficilement attaqué par les acides et l'analyse en est beaucoup plus difficultueuse.

On y parvient en fondant l'acide vanadique avec de l'azotate de potasse et du carbonate de soude ; la masse est reprise par l'eau : V^2O^5, SiO^2 et Al^2O^3 passent en solution ; le résidu est dissout dans l'acide chlorhydrique et l'analyse est poursuivie comme à l'ordinaire. La solution de vanadate, silicate et aluminate est acidulée par de l'acide nitrique, évaporée à sec pour éliminer le silice, et le résidu repris par l'acide nitrique. On rend cette solution ammoniacale et on y dose le vanadium par la méthode de Carnot au moyen de nitrate de baryum ; on détermine le sodium par la méthode de Lawrence Smith, l'arsenic et le phosphore par fusion avec la soude, reprise par l'eau chlorhydrique, addition d'acide sulfureux et traitement à l'hydrogène sulfuré, qui précipite l'arsenic ; dans le filtrat, on dose le phosphore à l'état de phosphomolybdate.

Le procédé donne de bons résultats.

(Communication de M. *Chesneau*, VIII[e] Congrès international de chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre.)

Sur le travail de l'acétate de cellulose. — Il a été fabriqué, en 1911, en Europe 100 000 kg d'acétate de cellulose, et presque exclusivement par les trois grandes firmes allemandes : *Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer et C[ie]*, Elberfeld, *Akt-Ges. für Anilin-Fabrikation*, Greppin et Berlin, et *Verein für chemische Industrie*, Mombach.

Toutes les matières plastiques à base d'acétate de cellulose sont constituées de deux corps : l'acétate de cellulose et le « plastifiant » ou dissolvant solide. Le mélange intime de ces deux corps et la préparation de l'acétate brut (en feuilles ou en bâtonnets) se font à l'aide d'un solvant liquide, qui consiste en un mélange de tétrachlorétane et d'alcool.

On peut distinguer deux classes d'acétates de cellulose : 1° ceux qui ne sont solubles que dans le chloroforme, le tétrachloréthane, la dichlorhydrine, et 2° ceux qui se dissolvent en outre dans l'acétone, les acétates d'éthyle et de méthyle.

On emploie comme dissolvant solide un mélange d'une substance plastifiante et d'une autre, incombustible : pour la première, on prend la triacétine (éther acétique de la glycérine) ; pour la seconde, les phosphates de triphényle ou tricrésyle.

Pour le travail ultérieur, l'acétate de cellulose doit être finement pulvérisé. On prend les quantités suivantes : 100 kg d'acétate de cellulose, 300 kg de tétrachloréthane, 30 kg d'alcool méthylique et 25 kg de « plastifiant », qu'on pétrit parfaitement, puis qu'on chauffe à 70°, pour obtenir une sorte de collodion très épais, exempt de grumeaux. Ce collodion est laminé ensuite au moyen d'un cylindre chauffé à 65°-70° : c'est à ce moment qu'on ajoute le colorant (dissous dans l'alcool méthylique). 100 kg d'acétate sont laminés — en huit heures — en plaques de 3 cm, puis comprimés en blocs à l'aide d'une presse hydraulique : la pression est au début de 50 kg, pour une température de 68° (une-deux heures), puis la température est poussée à 90° et la pression à 200 kg par centimètre-carré. La compression dure en tout huit heures, puis les blocs sont plongés dans l'eau froide et découpés, en feuilles ou en bâtonnets. Après le séchage à 40°, a lieu une seconde compression (150 kg par centimètre carré à 90°), puis le lissage sous une pression de 500 kg. Avec de l'acétate ainsi traité on peut faire des tubes ou des pièces de formes quelconques (toujours à la température de 90°), les pièces peuvent être ultérieurement travaillées mécaniquement (polissage, décoration, etc.)

(Communication de MM. *Clément* et *Rivière*, VIII[e] Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre.)

Bières claires à fermentation haute. Utilisation de l'acide carbonique de fermentation. — En Amérique, comme en Angleterre, le besoin s'est fait sentir de bières légères, du genre des bières allemandes d'exportation, et cependant répondant au goût indigène.

On opère, en Amérique, de la façon suivante : la bière, après la fermentation et un court repos, est saturée à très basse température par de l'acide carbonique ; par le refroidissement, les matières albuminoïdes se séparent, et par la saturation d'acide carbonique, on obtient le mousseux désiré. Après élimination des substances albuminoïdes par filtration, la bière est prête à être consommée.

En Angleterre, on procède ainsi qu'il suit : de la bière de fermentation haute ordinaire est mise à brasser le lundi, sa fermentation principale est terminée le jeudi ; on la laisse déposer jusqu'au lundi suivant et on la remet à fermenter, à la température de 18°, dans un autoclave, où la pression atteint, au bout de huit jours, 1 1/2 à 1 3/4 atm. La bière est alors refroidie de 18° à 6°, puis transvasée, par pression d'acide carbonique, dans une autre cuve placée dans une enceinte refroidie à 0°. Là se séparent, en huit jours, les matières albuminoïdes et la résine du houblon, et la bière, filtrée, est bonne pour la consommation. On peut la pasteuriser, sans qu'elle prenne le goût de pain. La fabrication est plus économique, quand on sature simplement la bière après la fermentation principale avec de l'acide carbonique sous une pression de 2 atm. en refroidissant brusquement la bière de + 16° à — 1° ; après filtration, la bière peut être livrée à la consommation.

Dans quelques brasseries de Londres et de Dublin, le gaz carbonique qui se dégage pendant la fermentation en très grande quantité est recueilli, purifié, liquéfié et vendu avec grands profits.

(Communication de M. *Fréd. Meynard*, Versammlung der Vereins Versuchs-und Lehranstalt für Brauerei, Berlin, 8-13 octobre 1912.)

Epuration des eaux résiduelles des filatures de laine. — La laine doit être soigneusement débarrassée de toute souillure avant le filage, le blanchiment et la teinture. On enlève les composés potassiques au moyen de l'eau ; les impuretés insolubles dans l'eau sont éliminées par une lessive alcaline. D'après A. Buisine, les moutons sécrètent les corps suivants, qui se retrouvent dans la laine : acide carbonique, carbonate d'ammoniaque, carbonate de potasse, acides gras solides et liquides, graisses, phénols, acides lactique, oxalique, succinique, urique, acides aminés et matières colorantes. Les méthodes de lavage de la laine diffèrent selon la provenance de la laine ; en tout cas, les eaux résiduelles des filatures sont beaucoup plus souillées que les eaux usées des villes : le problème de leur épuration, résolu au point de vue hygiénique, ne l'est pas encore au point de vue industriel. On peut classer les différentes méthodes employées en cinq groupes :

I. *Traitement mécanique des eaux résiduelles.* — D'après *Lagnie*, les eaux sont d'abord débarrassées du sable et des matières terreuses par décantation, puis battues, dans des installations spéciales : il se forme ainsi de la mousse, qui est pompée et amenée dans des bassins de bois, où elle est chauffée à 60°, puis traitée par de l'acide sulfurique (1 kg SO^4H^2 par m^3). On recueille ainsi la graisse, dont les eaux renferment environ 5 °/₀. Les eaux savonneuses, contenant les acides gras, sont traitées, d'après le procédé de Mollins, par de l'alumine, qui donne un abondant précipité.

II. *Traitement des eaux par les acides.* — C'est le plus usité. L'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique décomposent les savons et mettent en liberté les acides gras, qui viennent surnager, et peuvent être facilement recueillis. Ce procédé a l'inconvénient de rendre les eaux acides ; on a recommandé différents procédés de neutralisation : le meilleur semble être l'emploi de la chaux ou du sulfate de fer.

III. *Traitement par un alcali.* — N'est applicable qu'aux eaux ne contenant pas trop de matières grasses.

IV. *Traitement par des sels.* — De nombreux produits ont été proposés, mais tous sont trop chers. Le procédé qui paraît le meilleur est celui de Gaillet et Huet : on décante d'abord les eaux, on les traite ensuite par du chlorure ferreux et de l'acide chlorhydrique, puis, après élimination des acides gras, on neutralise par la chaux.

Digitized by Google

V. *L'évaporation des eaux.* — L'eau, décantée et ainsi débarrassée du sable, est évaporée et réduite à 1/10 ou 1/15 de son volume primitif puis centrifugée à chaud. On récupère ainsi la potasse et la graisse.

(Communication de M. *Rolants*, VIII[e] Congrès international de Chimie appliquée, New-York, 4-13 septembre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

Rôle de la canalisation dans les transports d'énergie électrique à longue distance. — L'auteur examine les conditions d'établissement d'une transmission électrique pouvant transporter 50 000 kw en courant triphasé sous 60 000 volts, à une distance de 200 km. et cherche quelles sont les raisons techniques et économiques qui peuvent faire adopter : soit la ligne aérienne, soit le câble souterrain.

Ligne aérienne. — Les inconvénients de la ligne aérienne sont les dangers qu'elle court de la part des passants, de la part aussi des éléments, comme la foudre, le vent, la neige.

Les fils aériens doivent être espacés, pour 60 000 volts, à 2[m],50 les uns des autres et suspendus à 10 m au-dessus de la tête des passants.

L'isolement de la ligne aérienne tombe souvent à 5 ou 6 mégohms par kilomètre, malgré les formes plus ou moins compliquées d'isolateurs que l'on a adoptées.

Pour les très hautes tensions, on a essayé, dans ces derniers temps, les isolateurs en chapelet qui paraissent avoir l'inconvénient de se briser facilement au point d'attache.

Les pylônes, en treillis de fer profilé (1), calculés pour supporter la tension maximum du conducteur de cuivre qui a pour limite 8 kg au millimètre carré, coûtent de 600 à 700 fr l'un, équipement compris.

En comptant sur un espacement de 70 m, on arrive à une dépense totale de 7 000 à 8 400 fr par kilomètre, soit de 1 680 000 fr pour les seuls poteaux. Les poteaux en ciment ne paraissent pas donner pour ces hautes-tensions une économie bien marquée.

Pour les traversées de voies fluviales ou terrestres, les dépenses sont encore augmentées : soit que l'on rehausse les pylônes des deux côtés de la voie traversée et que l'on tende un filet protecteur pour recevoir les câbles au cas de rupture, soit que l'on adopte la traversée en câble souterrain qui conduit à installer des postes d'entrée et de sortie très coûteux.

Enfin, le cuivre doit être compté aux environs de 2 fr 50 le kg au moins, pour tenir compte de la pose.

On arrive ainsi à une dépense totale, pour la ligne de 200 km envisagée, de 4 millions 1/2 de fr, soit en tout 6 millions avec les pylônes.

Il y a encore des frais accessoires à prévoir, tant pour la protection contre la chute des fils que pour la protection de la ligne contre la foudre. Il existe un grand nombre de systèmes adoptés ou proposés, mais dont aucun ne donne complète satisfaction. Ceux qui paraissent rencontrer actuellement le plus de faveur sont le système du fil supérieur tendu, et celui des condensateurs, dont la résistance aux décharges à haute fréquence est d'autant plus faible que la fréquence est plus élevée.

Les entrées de postes et les sorties d'usines dans le cas des lignes aériennes constituent des points particulièrement délicats et pour lesquels de nombreuses précautions doivent être prises, telles que renforcement des isolants, emploi de bobines de choc, etc.

Câbles souterrains. — Si l'on a choisi pour cette étude un projet à 60 000 volts, c'est qu'au delà de cette tension, il n'aurait pas été possible d'établir une comparaison avec la ligne en câbles souterrains, les câbles à plusieurs conducteurs ne pouvant être fabriqués actuellement pour des tensions supérieures.

Même pour 60 000 volts, il y a deux obstacles graves à l'emploi des câbles souterrains : le premier est leur capacité électro-statique, le deuxième est leur prix de revient.

La capacité détermine un courant de charge qui, pour la ligne considérée, serait équivalent au courant d'utilisation complète de la ligne. Cette capacité étant répartie sur la longueur du câble, on ne pourrait y remédier de façon sûre par l'adjonction à l'entrée du câble de bobines de choc, et il faudrait sans doute recourir comme dans la pupinisation des lignes téléphoniques, à la répartition de bobines de self le long du câble. Ces bobines seraient coûteuses, devant être isolées très soigneusement dans des postes de maçonnerie.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1912), p. 80.

Une autre conséquence de la capacité est de donner au circuit, en se combinant avec la self-induction des transformateurs, une période propre qui le fait résonner, quand il reçoit un choc brusque, par exemple, par la fermeture d'un interrupteur, ce qui peut doubler la tension sur le câble, ou par l'extinction ou le soufflage d'un court-circuit, qui détermine une surtension proportionnelle à l'intensité conservée par le court-circuit, au moment de son extinction.

Enfin, la période propre peut déterminer des résonances du circuit avec les harmoniques des alternateurs.

On peut remédier à tous ces inconvénients, soit par l'emploi des bobines de choc, soit par la suppression des harmoniques, soit enfin par la modification de la période propre, modification que l'on obtient en ajoutant des condensateurs de hautetension, ou des bobines de self.

Les inconvénients techniques ne sont donc pas insurmontables ; par contre, le coût du câble est assez élevé pour en faire écarter l'emploi.

Pour isoler les câbles, on a renoncé à employer le caoutchouc, qui se détériore en dix ou quinze ans, et l'on emploie de la cellulose imprégnée, qui a l'avantage de durer indéfiniment, à condition d'être enfermée dans une enveloppe continue et étanche qui la mette à l'abri de l'air. Cette enveloppe est faite en plomb disposé autour du papier imprégné par des presses à tuyaux, et les raccordements des tronçons sont établis par des boîtes en fonte étanches remplies de matière isolante.

La tension pour laquelle on peut fabriquer ces câbles est limitée par les difficultés de l'imprégnation. Lorsque la masse du papier imprégné augmente, la rigidité diélectrique, obtenue par millimètre d'épaisseur, diminue. Une augmentation d'épaisseur peut donc, à partir d'une certaine limite, ne plus correspondre à une augmentation de la tension de rupture.

Au delà de 60 000 volts, on a recours, comme le font les Allemands dès la tension de 40 000, à la séparation des conducteurs en plusieurs câbles distincts ; solution qui a pour inconvénient d'obliger à supprimer l'armure de fer car celle-ci donnerait, dans un câble à conducteur unique, parcouru par un courant alternatif, une perte d'énergie par induction atteignant 20 à 30 %. On doit alors protéger les câbles par des caniveaux en maçonnerie, dont le prix est supérieur à celui de l'armure de fer.

Enfin, pour les câbles à plusieurs conducteurs, à 60 000 volts, on ne peut guère dépasser des sections de 50 mm[2]. Il faudrait donc, pour atteindre la section de 340 mm[2] correspondant à la transmission envisagée, placer sept de ces câbles à trois conducteurs dont le prix total atteindrait environ 21 millions de fr, soit trois fois le prix d'une ligne aérienne établie dans les mêmes conditions.

La transmission en courant continu à haute tension permet, au contraire, sans inconvénient aucun, l'emploi de câbles à conducteur unique et résistant à une tension bien supérieure à la tension alternative tenue par la même épaisseur. On peut arriver à faire des câbles de 350 mm[2] isolés pour 150 000 volts, permettant une distribution à 300 000 volts entre pôles. Dans ces conditions, le prix de revient de 200 km de ligne transmettant 50 000 kw ne dépasserait guère 7 millions. Il n'y aurait donc qu'une différence de 1 million entre les frais de premier établissement de la ligne continue souterraine à 300 000 volts et ceux de la ligne alternative aérienne à 60 000, différence qui serait compensée, et au delà, par la suppression de tous les inconvénients et de tous les dangers de la ligne sur pylônes.

La seule question qui reste discutable est celle des machines, mais l'on peut espérer que les ingénieurs et les puissantes Sociétés qui s'en occupent ne tarderont pas à trouver au problème une solution satisfaisante.

(Communication de M. *J. Grosselin*, Société des Ingénieurs civils, 22 novembre 1912.)

HYDRAULIQUE

Calcul du débit des petites rigoles et des caniveaux. — Pour les petites rigoles d'irrigation ou de colature et pour les caniveaux d'écoulement des eaux de lavage et des purins, on ne peut utiliser les diverses formules d'hydraulique adoptées pour les canaux, et dans lesquelles la vitesse moyenne v est liée à un coefficient m et à la racine carrée du produit du rayon moyen R par la pente I par mètre :

$$v = m\sqrt{RI}.$$

Les modifications incessantes du profil en travers de ces rigoles et caniveaux, donnent naissance à de nombreux remous et tourbillons

Digitized by Google

constituant des résistances passives à l'écoulement de l'eau; les expériences montrent que la formule précédente est inapplicable, son coefficient *m* étant surtout influencé par le débit.

Il en est de même lorsque l'eau ruisselle en couche relativement mince sur une prairie irriguée : pour la même pente, la vitesse moyenne d'écoulement de la couche d'eau augmente avec le débit, car le frottement des filets liquides sur le sol est bien plus élevé que le frottement de l'eau sur l'eau.

Les expériences ont porté sur un caniveau pavé, à parois pratiquement imperméables, présentant une pente de 51mm,8 par mètre.

On a fait varier le volume d'eau débité par seconde, de 0l,0013 à 2l,439, et ce débit était mesuré au compteur.

La vitesse d'écoulement à la surface, qui était mesurée sur une longueur de 10 m, a varié de 0m,113 à 0m,963 par seconde; pour chaque débit, il a été fait cinq mesures qui ont donné des résultats ne présentant entre eux que de très faibles écarts.

En cherchant à relier les vitesses observées à la surface et les vitesses moyennes calculées d'après le débit et la section, puis en reliant les vitesses moyennes avec la pente et le rayon moyen (c'est-à-dire d'après les sections d'écoulement et les périmètres mouillés, mesurés), on croit pouvoir proposer, pour le cas visé, la relation très simple suivante entre la vitesse moyenne d'écoulement V, en fonction de la pente I par mètre, le rayon moyen R et un coefficient *k* calculé d'après les résultats d'expériences :

$$V = k\sqrt{RI}.$$

Le tableau suivant résume ces résultats :

Tableau. I. — Calcul du débit des petites rigoles et des caniveaux.

	série I	série II	série III	série IV	série V	série VI
Débit mesuré en dm³/sec.	0,0013	0,056	0,160	0,354	0,847	2,439
Section moyenne d'écoulement mesurée en mm². . . .	60	627,66	1353,5	2520,0	4273,3	5875,0
Périmètre mouillé mesuré en mm	43	124,0	211,5	311,0	413,0	483,0
Rayon moyen R, calculé	1,395	5,056	6,414	8,10	10,34	12,163
Vitesse moyenne d'écoulement calculée en m/sec . . .	0,0216	0,0893	0,1182	0,1404	0,1982	0,4160
Vitesse d'écoulement à la surface, mesurée, moyenne de cinq constatations en m/sec	0,113	0,236	0,324	0,451	0,583	0,963
Rapport calculé de $\frac{\text{vitesse moyenne}}{\text{vitesse à la surface}}$	0,191	0,378	0,364	0,311	0,339	0,431
Coefficient *k*, calculé $k = \frac{\text{vitesse moyenne}}{\sqrt{RI}}$	0,300	0,3402	0,3554	0,3336	0,3696	0,6604
Moyennes du coefficient *k* pour les séries II, III, IV et V.		0,3494				

La série I correspond à un ruissellement insignifiant dont le calcul ne présente pas d'intérêt pratique.

La série VI correspond à un débit exagéré qu'on ne demande que rarement à ces rigoles et à ces caniveaux, alors qu'en pratique ce sont les séries II, III, IV et V qui intéressent le plus souvent.

Pour les séries II, III, IV et V, le tableau ci-dessus montre que pour une même pente :

Le débit par seconde varie de 0l,056 à 0l,847, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 15,12;

La vitesse moyenne d'écoulement par seconde varie de 0m,089 à 0m,198, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 2,22;

Le rayon moyen varie de 5,05 à 10,34, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 2,04;

Le rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse à la surface varie de 0,311 à 0,378, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 1,215, avec une moyenne de 0,348;

Le coefficient *k*, que l'on propose, varie de 0,3336 à 0,3696, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 1,10, avec une moyenne de 0,3494; soit, en chiffres ronds, 0,35.

(Note de M. *Ringelmann*, présentée par M. A. Müntz à l'Académie des Sciences, 28 octobre 1912.)

MÉCANIQUE

Pompes centrifuges et turbo-compresseurs. — Au point de vue économique, les pompes centrifuges sont supérieures aux pompes à piston à commande électrique. Si la dépense de force motrice est plus grande avec les premières, cet inconvénient est largement compensé par une valeur beaucoup plus faible des frais d'amortissement et d'intérêt du capital engagé et surtout des frais d'entretien.

Les pompes centrifuges restent supérieures aux pompes à piston même après un service de plusieurs années : une série d'essais a permis de constater que leurs rendements baissaient très peu. Par exemple, avec un débit de 1 500 litres à la minute, une pompe centrifuge donnant un rendement de 66 °/₀ à sa mise en service, donne encore un rendement de 64 °/₀ après plusieurs années. Pour un débit de 3 000 l. à la minute, les valeurs correspondantes du rendement sont de 71 °/₀ et 69 °/₀. Elles sont de 74 °/₀ et 72 °/₀ pour un débit de 6 000 l.

L'emploi des turbo-compresseurs ne devient économique que dans les cas où il s'agit d'aspirer plus de 4 000 m³ d'air à l'heure. Au-dessus de 80 000 m³ à l'heure, les turbo-compresseurs doivent être préférés aux compresseurs à piston.

Le seul turbo-compresseur actuellement en service, en Autriche, est celui des mines de Witkowitz, à Mährisch-Ostrau; il aspire à l'heure 4 000 m³ d'air, qu'il refoule à une pression de 6 atmosphères. Il a été installé en avril 1908; depuis cette époque, sa marche a été ininterrompue, son rendement a très peu diminué et l'accroissement de la consommation de vapeur a été très faible.

(Communication de M. *Havlicek*, Allgemeiner Bergmanstag, Vienne, 16-20 septembre 1912.)

MÉTALLURGIE

Action des électrolytes sur les métaux soumis à des efforts. — Des recherches électro-chimiques récentes, relatives aux problèmes de la corrosion, ont prouvé l'existence de différences de potentiel entre les électrodes d'un même métal ayant subi des traitements mécaniques et thermiques différents. Suivant Spring, une barre de métal laminée à froid, combinée à l'autre moitié de la barre à l'état recuit, dans une pile remplie d'un électrolyte convenable, engendre un courant électrique, la moitié recuite formant la cathode. Ce phénomène est plus spécialement un exemple de la règle générale qui dit que, dans des piles dont les électrodes sont constituées par deux morceaux du même métal, l'un à l'état stable et l'autre à l'état métastable, le métal méta-stable devient l'anode et le métal stable, la cathode. M. E. Cohen, opérant sur les variétés grise et blanche de l'étain, a démontré qu'un électrolyte en contact avec un métal quelconque à l'état méta-stable, accélérera son passage à la forme stable. Un simple contact, même avec la forme stable du métal aura le même effet. Cette manière de voir a été confirmée par les études entreprises par M. H. Baucke, du Laboratoire d'essais mécaniques et chimiques Koning et Bienfait à Amsterdam, sur des billes provenant de coussinets à billes, et sur des tôles de chaudières. Les billes en acier ordinaire contenaient un peu de chrome et 0,5 °/₀ de Cu et de Mn. On découpa des sections transversales au moyen d'un disque en carborundum avec abondante aspersion d'eau. Après meulage à la meule humide, polissage et attaque par une solution alcoolique d'acide chlorhydrique, on constata que le métal avait une structure à grain fin, parsemée de particules de cémentite; la structure martensitique pure était absente; les billes avaient été trempées dans l'huile ou simplement trempées avec léger revenu. La perlite n'apparaissait

Digitized by Google

qu'après un chauffage prolongé au rouge pendant plusieurs heures. Le chauffage à 700° environ, pendant peu de temps, ne produisait aucune modification de structure.

Attaquées par la solution alcoolique d'acide chlorhydrique, la majorité des billes présentaient des crevasses. Quelques-unes éclataient brusquement en se fendant par le centre; d'autres présentaient de légères fissures sur tout le corps de la bille. Les crevasses n'étaient pas confinées à la surface de l'échantillon pour examen microscopique, mais elles affectaient toute la masse de la bille et apparaissaient à sa surface sphérique. Dans quelques cas, les crevasses se produisirent pendant que l'échantillon était sous le microscope et on put ensuite les observer à l'œil nu. La formation d'une crevasse était précédée d'une contraction locale de la masse; la surface se plissait d'abord et ce plissement était immédiatement suivi d'une fissuration. Les fissures avaient des bords ondulés visibles avec une loupe suffisamment forte. On ne constatait ni angles droits ni lignes en zigzag. Le phénomène appartient aux symptômes de déformation d'un caractère amorphe, le métal se comportant comme un solide amorphe. Il est évident que les billes étaient soumises à un effort intérieur se manifestant par l'action de la solution et attribuable à la trempe.

La seconde série d'essais a porté sur des tôles de chaudières fissurées, sur lesquelles on a effectué plusieurs centaines d'essais Frémont et d'analyse. Le cas typique est une fissure continue dans une ligne de rivets. Les fentes sont formées par une combinaison de petites gerçures initiales partant des bords des trous de rivets et dont la direction forme souvent un angle d'environ 45° avec le bord longitudinal de la tôle. Les résultats des essais se sont montrés concordants, l'examen micrographique n'a généralement pas révélé de défauts de structure, mais on a constaté que certains aciers contenaient une quantité considérable de scorie à l'état finement divisé; il est curieux que les fissures fréquentes dans l'acier sont au contraire rares dans le fer forgé qui contient beaucoup de scories. Baucke regarde la fissuration des tôles de chaudières comme un phénomène de recristallisation; l'acier que le laminage a fait passer à l'état amorphe et méta-stable a tendance à revenir à son état cristallin primitif ce qui concorde avec la théorie d'Alf. Leon de Vienne. Quand on attaque par des acides forts des tôles fatiguées, on constate l'existence de fissures existantes qui deviennent rapidement visibles au bout de trente secondes. On a cru à tort qu'un perçage trop rapide des trous de rivets pouvait également déterminer la formation de fissures.

(Communication de M. *H. Baucke*, VI^e^ Congrès international de l'Association internationale pour l'Etude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New-York, septembre, 1912.)

Essais d'usure au frottement effectués sur des aciers (Essais d'abrasion). — Cette question a déjà été traitée dans des travaux présentés à l'Iron and Steel Institute. Les essais consistent à soumettre l'acier à des frottements exercés par divers agents d'usure fixés sur du papier, sous des presssions variables. On a reconnu que l'on ne pouvait recommander ces essais que pour les rails soumis à certaines conditions de service, pour les fils de fer, etc. En général, chaque mode d'estimation de l'usure conduirait à une classification différente des aciers.

(Communication de M. *Félix Robin*, VI^e^ Congrès international de l'Association internationale pour l'Etude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New-York, septembre 1912.)

Progrès dans la fabrication des briquettes de minerai de fer. — Un grand nombre de procédés ont été imaginés depuis le dernier Congrès de Vienne en 1903.

D'après un procédé dû au Dr Schumacher, on emploie comme ciment un mélange de quartz et de chaux vive. Ces matières réduites en poudre fine dans un broyeur à boulets, sont malaxées avec le minerai à agglomérer, des poussières de hauts fourneaux et un peu d'eau. Les briquettes que l'on en retire sont exposées pendant douze heures à l'action de la vapeur d'eau à 8 atmosphères. Les frais de traitement à la Königshütte (Rheinhausen) sont de 3 fr 50 par tonne de briquettes.

Dans un autre procédé Schumacher, on utilise la force agglomérante du chlorure de magnésium en présence de la chaux vive contenue dans les poussières de hauts fourneaux. A ces poussières, on ajoute 1 1/2 °/₀ à 3 °/₀ d'une solution de chlorure de magnésium à 33 °/₀ et un peu d'eau; le mélange ainsi obtenu sert à la fabrication des briquettes. Les frais de traitement sont d'environ 2 fr 25 par tonne; ce procédé sera bientôt mis en application aux usines de Witkowitz.

L'usine « Kruppsche Friedrich Alfred-Hutte », de Rheinhausen, emploie les scories très basiques de hauts fourneaux; on ajoute 8 à 10 °/₀ de ces scories au minerai légèrement humide (on a imaginé récemment d'introduire 4 °/₀ seulement de scories et 4 °/₀ de chaux vive).

Après avoir réalisé la fabrication d'agglomérés à l'aide de la presse hydraulique, on expose les derniers pendant huit à dix heures à l'action de la vapeur d'eau sous pression. Les frais de traitement seraient de 1 fr 20 par tonne, d'après les indications de la Société « Scoria » de Dortmund.

D'après le procédé de la « Deutsche Brikettierungs-Gesellschaft », on ajoute au minerai 10 °/₀ d'un mélange de calcaire, de ciment et de matières contenant de l'acide silicique soluble. On obtient le durcissement des briques par exposition à l'air pendant trois ou quatre semaines. Le prix de revient est de 1 fr 90 par tonne de briquettes.

Les « Hasper Eisen-und Stahlwerke » se servent de la poussière recueillie dans les appareils de purification du gaz de hauts fourneaux; on ajoute auparavant 6 °/₀ de gypse. La teneur en soufre du gypse ne peut pas avoir beaucoup d'influence sur la qualité du fer; toutefois, ce procédé ne peut s'appliquer que lorsqu'il s'agit d'agglomérer des poudres très fines, comme les poussières de hauts fourneaux, sinon avec des minerais en grains il faudrait ajouter trop de gypse pour obtenir de bon résultats. Les frais de traitement sont de 1 fr 87 par tonne.

Depuis 1908, la « Deutcher Kaiser » emploie, pour la fabrication des briquettes, une matière agglomérante appelée goudron végétal. Ce procédé a donné d'excellents résultats, mais le prix de revient est trop élevé pour qu'il mérite de retenir plus longtemps l'attention. Il en est de même du procédé imaginé par le Professeur Hönig, de Brünn.

Les usines de Kertsch traitent des minerais oolithiques et argileux, envoient directement les gros morceaux aux hauts fourneaux et transforment les menus en briquettes de forme cylindrique. Le minerai additionné de 10 à 12 °/₀ d'eau est aggloméré sous une pression de 700 atmosphères; les briques ainsi obtenues sont chauffées dans un four canal du système Gröndal au moyen de gaz de fours à coke. Le prix de revient est de 1 fr 87 par tonne, sans tenir compte de l'amortissement de l'installation.

Le procédé de la « Ilseder Hütte » est semblable au précédent. Le minerai menu mélangé avec des poussières de hauts fourneaux et des scories est placé dans un malaxeur à vapeur; on transforme en briques la matière encore chaude. Le durcissement se produit par refroidissement et augmente encore au moment où ces briques sont jetées dans les hauts fourneaux. Le prix de revient varie entre 1 franc et 1 fr 10 par tonne.

D'autres procédés produisent l'agglomération par la chaleur. On n'obtient de bons résultats qu'avec certains minerais. Ces procédés semblent convenir d'autant mieux qu'il y a une plus grande différence entre la température nécessaire pour l'agglomération et le point de fusion. Ils entraînent une forte consommation de combustible, de 4 à 14 °/₀, mais par contre ils ont l'avantage de désulfurer à peu près complètement le minerai.

Parmi ces procédés, le plus connu est celui des fours à tunnel de Gröndal; pourtant il a été abandonné en Autriche, à Salgitter et à Witkowitz, où il n'a donné lieu qu'à des insuccès. Les inconvénients de cette méthode résident dans les frais élevés d'installation et d'exploitation, les difficultés du réglage de la température, etc. En Suède, les frais de traitement sont de 5 fr 80 par tonne. Ramen a perfectionné ce système.

Dans plusieurs usines d'Autriche-Hongrie, on emploie le procédé Fellner et Ziegler, reposant sur l'emploi de fours tournants semblables à ceux utilisés depuis longtemps dans l'industrie du ciment. Le minerai menu circule en sens inverse des flammes; le minerai s'agglomère sous l'action d'une température comprise entre 1 200 et 1 400°, et la masse ainsi formée tombe dans une chambre de refroidissement autour de laquelle circule l'air de combustion. Ce procédé semble assez pratique quoique l'on soit assez souvent obligé de regarnir les parois du four. La méthode Dellwich-Fleischer, absolument semblable, utilise le gaz et l'eau.

Dans le procédé Huntington-Heberlein, on emploie un récipient

Digitized by Google

en fonte, de forme ovale, reposant sur deux tourillons. On verse d'abord dans ce récipient du coke incandescent, puis un mélange de minerai en poudre et de coke menu; on souffle le tout pendant quatre heures. Le gâteau ainsi obtenu est basculé puis cassé en morceaux.

Le procédé Dwight et Lloyd se distingue du précédent en ce qu'il fonctionne d'une manière continue. On mélange le minerai menu et humide avec 28 °/₀ de poudre de charbon, qu'on place sur les tôles perforées d'un transporteur qui circule au-dessus de caisses à vent; un jet de flammes allume le charbon au moment du passage de la matière au-dessus de la première caisse. Le prix de revient serait de 1 fr 95 à 2 fr 05 par tonne, sans tenir compte des frais de réparations.

(Communication de M. *Alois Weisskopf*, Allgemeiner Bergmannstag, Vienne, 16-20 septembre 1912.)

Examen des sables à mouler. — L'essai des sables pour moulage, qui est de grande importance, doit comporter, outre l'analyse chimique, la détermination des propriétés suivantes : résistance au feu, porosité aux gaz, finesse, solidité dans le moule.

Une analyse chimique exacte ne renseigne pas le mouleur; ce qui est essentiel pour lui, c'est de connaître les trois groupes constituants du sable : le quartz, l'argile, et le résidu (chaux, magnésie, fer et alcalis). Malheureusement, les essais d'analyse faits jusqu'ici dans ce sens n'ont pas donné de résultats. L'analyse rationnelle fournit des valeurs inexactes pour la teneur du sable en argile, ainsi que pour les valeurs respectives de quartz et d'argile en admettant que la chaux, la magnésie et les alcalis existent dans le sable à l'état de feldspath.

Le seul moyen qui puisse fournir un résultat certain est un examen microscopique attentif.

Une méthode simple et relativement exacte de détermination de l'argile, et de séparation d'avec les autres constituants, consiste en un lavage soigné, au moyen de l'appareil de *Schœne*, où l'écoulement de l'eau doit être réglé de façon que la vitesse du courant soit de 10,9 mm à la minute.

La résistance à la chaleur d'un sable dépend de sa teneur en éléments constituant le résidu et de la grosseur des grains de silice. L'auteur recommande de faire passer le sable sur un tamis de 150 ou 200 mailles et de n'examiner que les grains qui passent, parce que les gros grains de quartz sont réfractaires; on n'obtient pas, de cette façon, une détermination très précise, mais une indication sur la tendance du sable à fondre par places, ce qui est suffisant : avec ces parties fines, auxquelles on ajoute un peu de dextrine, on confectionne des petites pyramides triangulaires, qu'on chauffe et qu'on compare aux montres de Seger.

Pour mesurer la porosité aux gaz, l'auteur emploie de petites capsules métalliques de 76 mm de diamètre et 31,8 mm de haut, dont le fond est formé par un réseau de fils recouvert d'une mince couche de papier buvard, et dans lesquelles on enfonce du sable, en le comprimant comme dans les moules; la couche de sable doit avoir exactement 26,4 mm de hauteur; elle est recouverte d'une seconde couche de papier buvard et d'un tube dont l'extrémité inférieure s'adapte exactement sur la capsule métallique. Ce tube est rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur, et le temps nécessaire à l'écoulement de 100 cm³ à travers la couche de sable donne une mesure de la porosité.

Pour mesurer la finesse, on agite le sable avec de l'eau, dans un vase à agitation mécanique, pendant une demi-heure, et on le fait passer sur différents tamis (10, 50, 100 et 200 mailles au pouce), sur lesquels arrive un violent jet d'eau. Ce qui reste sur chaque tamis est séché et pesé, tandis que ce qui est passé à travers les mailles les plus fines est traité comme il est indiqué plus haut dans l'appareil de Schœne. Toute l'argile, avec une petite partie de sable très fin, se trouve dans le résidu qu'on sèche, pèse et analyse. Le poids de ce qui reste sur chaque tamis est multiplié par un facteur déterminé, et la somme de ces produits donne une mesure de la finesse.

RÉSIDU sur le tamis	DIAMÈTRE des particules en mm	FACTEUR
Sur le tamis 1	Au-dessus de 12,7	0
Entre 1 et 10	1,27 à 12,7	0,27
— 10 et 50	0,254 à 1,27	2,6
— 50 et 100	0,127 à 0,254	13,2
Entre 100 et 200	0,063 à 0,127	22,6
— 200, résidu dans l'appareil de Schœne	0,010 à 0,063	53,9
Ce qui est entraîné par le jet d'eau dans l'appareil de Schœne	Au-dessus de 0,010	35,9

Il n'existe pas de procédé qui puisse fournir une bonne détermination de la solidité du sable, mesure qui a d'ailleurs moins d'importance que les précédentes.

(Communication de M. *Alfred Searle*, British Foundrymen's Association, Cardiff, 6-8 août 1912.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Action électrolytique sur le béton non armé. — L'effet de l'électrolyse sur le fer et sur l'acier est connu, mais son effet sur le béton n'a pas été étudié comme il le mérite. Il y a environ cinq ans, l'auteur a étudié l'effet de l'électrolyse sur des boulons de colonnes noyés dans des jetées en béton. Le béton enveloppant les boulons s'était désagrégé au point de devenir à peu près inutile en quelques cas. L'effet était surtout intense aux endroits où les jetées étaient mouillées. Comme le nombre de boulons de ces jetées était très faible, l'auteur se demanda ce qui adviendrait à du béton ordinaire, s'il était mouillé et traversé par un courant électrique avec retour par la terre.

Il y a quatre ans, on inspecta un mur en béton construit en 1902, ne supportant aucune charge et situé au-dessous du niveau de la haute mer; ce mur, construit avec soin et mesurant 915 mm d'épaisseur, est fait d'un mélange à 1 : 2 : 4 de ciment, sable et basalte. L'examen décela une désagrégation telle que la surface était effectivement désagrégée. Une année après, on procéda à une autre visite; de grandes plaques de 125 à 150 mm d'épaisseur s'effritant dans les mains purent être enlevées de la paroi. L'année suivante, une détérioration nouvelle en voie de développement fut constatée et l'on put enfoncer à la main un burin de 305 mm dans le mur. Un essai au voltmètre montra qu'un courant de 11 volts passait à travers la maçonnerie. Au moment du second examen, on pensait que la détérioration était due à la seule action de l'eau salée, et aucun essai ne fut fait jusqu'à ces derniers temps pour détourner les courants électriques.

Ce cas n'est pas isolé. Dans l'été de 1911, l'auteur fit une inspection de quelques tunnels et de ponts en béton construits par trois compagnies différentes de chemins de fer à l'entrée de New-York. Ce travail n'a été terminé que récemment. Chaque compagnie de chemin de fer avait son laboratoire propre pour l'essai des ciments, et les différentes marques de ciments employées furent rigoureusement essayées. Les constructions, toutes au-dessus du niveau de la haute mer, ne sont mouillées que par place. Là où le béton est mouillé, on a constaté un courant de 1 à 5 volts et le béton est déjà en voie de détérioration, mais moindre que dans les cas précédents. Là où le béton est sec, on n'a pas constaté de courant et il est en excellent état; cette différence de tenue se produit dans le même tunnel, le béton paraissant être du même mélange et fait à la même époque. Il ne semble pas que la fabrication du béton par temps froid ou chaud cause une différence; la détérioration est exactement la même, il existe seulement une différence entre les endroits humides et les endroits secs.

Le béton humide est un excellent conducteur, mais le béton sec est pratiquement non conducteur. L'action combinée du courant électrique et de l'eau semble agir comme un facteur de désagrégation du ciment, détruit sa cohésion et le réduit en une pâte qui, une fois séchée, peut être pulvérisée entre les doigts. Cette situation appelle des remèdes immédiats ou bien il s'ensuivra indubitablement de sérieux ennuis.

On peut indiquer un moyen efficace d'empêcher ces détériorations : c'est la protection soigneuse contre l'eau de toutes les parties d'une construction en béton noyées dans la terre. Cette protection agit de deux façons différentes : elle maintient la construction sèche et l'isole des courants électriques.

(Communication de M. *Cyrile de Wyrall*, au VI^e^ Congrès international de l'Association internationale pour l'Étude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New-York, septembre 1912.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

Commerce extérieur des minerais en France, en 1911.

Les statistiques douanières nous apprennent que les importations, en France, de minerais autres que le fer, ont atteint les quantités suivantes en 1911 et en 1909 :

	1909	1911
Minerai de cuivre et demi-produits	27 418 t	24 585 t
Minerai de plomb	38 432	47 340
— d'étain	1 907	2 540
— de zinc	120 629	160 179
— de nickel	12 245	43 014
— d'antimoine	1 536	1 427
— de manganèse	177 314	235 396
— d'alumin. (bauxite)	819	362
— d'argent	31,9	17
— d'or et de platine	14,2	1,2
— de cobalt	400,8	0,3
Autres minerais	14 859	34 993

En outre, voici les importations relevées pour diverses autres substances minérales qui ne constituent pas des minerais proprement dits :

	1909	1911
Graphite	3 635 t	3 553 t
Ardoises	1 483	1 555
Nitrates	258 743	217 725
Phosphates	645 177	757 127
Superphosphates	123 448	79 384
Baryte (sulfate)	13 158	10 860
Kaolin	59 490	66 493
Ocres et terres	11 000	18 000
Terres d'infusoires	»	969
Castine	2 986	3 550
Pierre ponce	2 578	3 713
Talc pulvérisé	2 834	3 800
Cailloux à faïence	10 490	12 115
Corindons en grains	16	145
Emeris	835	1 081
Pierres lithographiques	602	1 040
Alunite brute	3 000	3 875
Craie	6 485	2 900
Carbonate de baryte	450	648
Sable pour verrerie	12 520	14 499
Marbres bruts, équarris	46 679	50 017
Chaux	443 000	484 000
Ciment	46 660	86 500
Pyrites	275 623	318 529
Soufre	196 000	268 000

D'autre part, les exportations françaises de minerais et substances minérales diverses ont porté sur les quantités suivantes :

	1909	1911
Minerai de cuivre et demi-produits	6 184 t	8 335 t
Minerai de plomb	2 853	9 691
— d'étain	877	1 108
— de zinc	60 057	51 741
— de nickel	46	90
— d'antimoine	4 002	3 991
— d'arsenic	3 267	832
— de manganèse	1 149	902
— d'alumin. (bauxite)	90 729	154 096
— de cobalt	7	0,2
— non dénommés	899	6 763
Graphite	163	510
Ardoises	57 000	57 000
Nitrates	42 800	42 500
Phosphates	47 611	31 245
Superphosphates	227 839	250 026
Baryte (sulfate)	2 169	1 204
Kaolin	2 239	2 953
Ocres et terres	33 480	31 672
Terre d'infusoires	4	915
Castine	15 894	30 371
Pierre ponce	161	328
Talc pulvérisé	6 345	9 259
Cailloux et faïence	95 918	94 150
Emeris	1 887	1 470
Craie	124 785	126 837
Sable pour verrerie	78 776	70 947
Marbres bruts, équarris	4 858	4 670
Chaux	331 500	333 000
Ciment	316 642	333 043
Pyrites	40 232	68 164
Soufre	17 000	32 500

L'Echo des Mines et de la Métallurgie, qui a analysé ces chiffres, fait remarquer, pour 1911, l'augmentation de nos entrées en minerais de plomb, manganèse, nickel et de nos sorties en minerais d'aluminium ou bauxite. Par contre, on constate la diminution de nos entrées en minerais de zinc, et de nos sorties en minerais d'arsenic.

Nos importations en zinc ont baissé de 33 000 t sur 1910, mais sont plus fortes que celles de 1909 (de 40 000 t); comme la production de métal a augmenté, il faut en conclure que notre extraction nationale s'est accrue. Quant au manganèse, on constate une majoration de 50 000 t, provenant du développement de notre sidérurgie. Nos expéditions de minerais d'antimoine ont faibli, mais pas autant que ceux d'arsenic.

D'autre part, les exportations françaises de ces mêmes produits ont été les suivantes :

	1909	1911
Aluminium		
Lingots, déchets	4 445 t	2 725 t
Laminé, battu		1 456
Antimoine		
Sulfuré fondu	160	191
Métallique	2 249	1 753
Argent		
Battu, laminé	16 587 kg	17 256 kg
Arsenic		
Métallique	5,6 t	0,6 t
Cuivre		
Cément, coulé	4 695	2 833
Laminé, en barres	3 744	2 806
Laminé, en planches		4 958
En fils	8 856	9 848
Limailles et débris	1 443	2 160
Etain		
Brut, pur	449	945
Brut, allié	256	90
Battu, laminé	100	277
Limailles et débris	80	196
Mercure		
Natif	8	26
Nickel		
Produits de 1re fusion	538	1 673
Affiné	1 242	880
Pur, battu, laminé	27	84
Allié, brut	56	35
Allié, battu, laminé	77	54
Allié, étiré	8	6
Or et platine		
Battus, en feuilles	186 kg	141 kg
Etirés, laminés	747	251
Filés	280	314
Platine		
Brut	261	1 129
Plomb		
Brut, argentifère	3 t	1 t
Brut, non argentifère	1 006	1 265
Battu, laminé	301	409
Limailles et débris	1 146	1 007
Zinc		
Brut	12 993	14 435
Laminé	10 603	10 108
Limailles et débris	1 137	935

Commerce extérieur des métaux (autres que le fer) en France, en 1911.

Nous donnons ci-après les importations des métaux en France en 1911, comparées à celles de l'année 1909 :

	1909	1911
Aluminium		
Lingots, déchets	39 t	11 t
Battu, laminé		59
Antimoine		
Sulfuré fondu	226	128
Régule ou métallique	13	2
Argent		
Battu, laminé, étiré	1 620 kg	1 564 kg
Arsenic		
Métallique	11 t	17 t
Bismuth		
Etain de glace	44	105
Cadmium		
Brut	7	9
Cuivre		
Cément, coulé, Angleterre	4 469	4 955
Cément, coulé, Etats-Unis	46 940	58 078
Cément, coulé, Autres pays	19 867	20 970
Laminé, battu, en barres	1 078	336
Laminé, battu, en planches		922
En fils de toutes dimensions	1 526	1 375
Bronze en poudre	140	171
Limailles et débris	12 389	17 346
Etain		
Pur	7 745	7 837
Allié d'antimoine	69	163
Battu, laminé, étiré	379	390
Mercure		
Natif	192	196
Nickel		
Produits de 1re fusion	10	312
Affiné	1 085	5 598
Pur, battu, laminé	174	154
Pur, étiré		79
Allié, brut	15	20
Allié, battu, laminé	420	290
Allié, étiré		68
Or et platine		
Battus en feuilles	990 kg	1 530 kg
Etirés, laminés	820	630
Filés	810	360
Platine		
Brut	5 929	9 392
Plomb		
Argentifère, Espagne	22 524 t	14 021 t
Argentifère, Autres pays	6 945	5 621
Non argentifère, Angleterre	4 734	2 601
Non argentifère, Belgique	28 772	32 556
Non argentifère, Allemagne	870	1 990
Non argentifère, Espagne	2 820	1 268
Non argentifère, Autres pays	1 652	10 911
Limailles et débris	728	276
Zinc		
Brut, Belgique	25 386	33 793
Brut, Autres pays	4 537	5 580
Laminé	566	301
Limailles et débris	2 270	3 110

De 1910 à 1911, *L'Echo des Mines* fait constater une augmentation des importations de cuivre, de plomb, de zinc, de nickel et une diminution sur les arrivages de plomb argentifère espagnol.

Il y a eu augmentation de nos entrées en phosphates, soufre et ciments et de nos sorties en pyrites, et diminution de nos importations en superphosphates.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (1er Semestre). — Tome VI. — N° 3. 1er FEVRIER 1913

La Technique Moderne

CHAUFFAGE ET VENTILATION

DISTRIBUTION CENTRALE DU CHAUFFAGE DANS LES VILLES

Généralités. — La distribution centrale de chaleur dans les villes est un problème qui s'est fait jour vers le milieu du siècle dernier et qui, depuis, n'a jamais disparu. Presque tous les congrès qui se sont occupés d'hygiène, de sciences physiques et de chauffage, ont pris cette question pour sujet de leurs discussions et ont réclamé la réforme des foyers en raison des dégâts causés par la fumée et par la suie, de l'épuisement éventuel des gîtes houillers et de la mauvaise utilisation du charbon dans les installations domestiques.

Hygiène. — Si l'on examine ces griefs séparément, on doit reconnaître que les dommages causés par la fumée et par la suie sont, en général, estimés au-dessous de leur valeur. Ils peuvent être, en effet, matériels et même corporels, — maladies des organes de la respiration, surtout chez les enfants Ainsi, il a été établi qu'en novembre et décembre 1909, les maisons de commerce de Glasgow ont subi un préjudice d'au moins 2 500 000 fr, par suite de la détérioration de soies, laines et cotons par la fumée et par la suie. Celles-ci ont également une action nuisible sur les végétaux et même, d'après des constatations faites aux cathédrales de Cologne et de Strasbourg, sur les minéraux, qu'elles effritent et désagrègent.

Epuisement des gisements. — Moins importantes que les doléances des hygiénistes, paraissent être celles des savants qui parlent des devoirs de la société actuelle envers les générations futures et qui désirent un contrôle officiel de la consommation du charbon. A l'Assemblée annuelle de la British Association, à Portsmouth, le physicien anglais Sir William Ramsay, lui-même, signalait sérieusement l'épuisement des gisements anglais, qui, d'après ses données, ne devaient plus durer que cent soixante-quinze ans. Le conseiller intime Engler, de Karlsruhe, qui a pris, cette année, le même thème, comme sujet de son discours à la réunion des médecins et physiciens allemands, n'est pas aussi pessimiste. A la suite d'une minutieuse évaluation, il arrive à cette conclusion que la puissance totale des gisements houillers du monde entier s'élève à environ 3 000 milliards de tonnes, dont 700 milliards pour l'Europe et autant pour les Etats-Unis. L'extraction mondiale ayant été de 1 milliard de tonnes pendant l'année 1908, le stock du monde ne serait épuisé que dans trois mille ans environ. Ce n'est donc pas le souci de préserver les générations futures du manque de charbon qui doit amener à le payer plus cher aux générations actuelles.

Objections techniques. — Les doléances des techniciens du chauffage, certainement les plus fondées, reposent sur le fait que l'augmentation de prix du charbon n'est pas contrebalancée par une meilleure utilisation, phénomène absolument unique dans notre vie économique, où habituellement tout renchérissement des matières premières a pour effet un perfectionnement des méthodes de travail. Bien que les prix du charbon aient monté, en moyenne, presque de 100 °/₀ dans les vingt-cinq dernières années, la majorité des installations de chauffage de nos habitations sont encore à l'état primitif, où elles étaient du temps de nos grands-pères; elles n'utilisent que de 10 à 20 °/₀ de l'énergie du charbon, le reste étant perdu dans les gaz de la fumée et sous forme de suie.

Pour adapter aux exigences de notre temps l'utilisation du charbon dans les foyers domestiques, on dispose de deux moyens, à savoir : le perfectionnement des foyers locaux et la centralisation des foyers avec distribution de chaleur. Un troisième procédé consiste dans l'alimentation centrale, au moyen d'énergie chimique (gaz) ou d'énergie électrique, facilement transformables en chaleur.

La distribution de la chaleur, par une centrale, à plusieurs bâtiments, fut réalisée pratiquement, pour la première fois, en Amérique. En 1877, à Lock-port, ville d'environ 20 000 habitants, deux églises, cinq magasins et sept habitations étaient alimentés de chaleur par la American-District-Steam-Company et, actuellement, 350 immeubles privés environ sont reliés à cette centrale. Sensiblement plus tard, en Angleterre, fut créée une installation de chauffage à distance, qui ne s'est pas développée. En Allemagne, fut mis en service à Dresde, en 1900, le premier chauffage à distance, digne de mention, qui desservait douze bâtiments de l'administration du gouvernement saxon. L'Allemagne dispose aujourd'hui d'un nombre important d'installations de chauffage à distance, dont l'ampleur n'atteint pas, sans doute, celle des installations américaines, mais qui, cependant, valent la peine d'être visitées.

Classification. — Au point de vue technique, les distributions centrales de chaleur se répartissent en deux groupes suivant la nature du fluide transporteur : les unes utilisent la vapeur; les autres, l'eau chaude.

Distribution par la vapeur. — Dans les premières, la vapeur est produite par de grandes chaudières centrales, à une pression variable, suivant l'extension du réseau, et atteignant jusqu'à 12 atm. Les conduites de vapeur sont placées dans des caniveaux en maçonnerie construits dans les rues. Trois conduites de vapeur à haute pression sont nécessaires pour l'alimentation d'un même immeuble : deux pour le service d'hiver, et une pour le service d'été.

Les caniveaux contiennent, en outre, des canalisations pour le retour de l'eau de condensation. En raison de la dilatation, les conduites ont une certaine mobilité, réalisée convenablement au moyen de roulements à billes et de consoles fixées à la paroi, qui permettent des déplacements, à la fois longitudinaux et transversaux. Elles sont toutes entourées d'enveloppes calorifuges : asbeste, coton de verre ou tresse de soie. Les tuyaux, qui ont déjà 200 mm de diamètre dans les distributions de moyenne importance, sont reliés au moyen de brides ou soudés entre eux par le procédé Goldschmidt. En raison de la nécessité d'une

Digitized by Google

surveillance permanente, il convient de placer les conduites maîtresses dans des galeries en maçonnerie ou en béton pouvant être visitées. Ces galeries sont la pierre d'achoppement du chauffage à distance par la vapeur : elles absorbent déjà, pour un réseau de médiocre étendue, la plus grande partie du capital de premier établissement de toute l'installation. Dans quelques installations, la dépense atteint par 10 000 calories heures produites, 312 fr pour la centrale et 437 fr pour la canalisation, y compris les galeries. Le réseau de conduites le plus étendu appartient à une importante Société de distribution de chaleur, de New-York, qui a posé, dans les rues, 17 km 8 de caniveaux et dont le point de consommation le plus éloigné est à environ 1 km 4 de la centrale. Cette installation est aussi, jusqu'à présent, la plus importante comme production. Plus de 100 millions de calories par heure peuvent être livrées à la consommation par des conduites dont le diamètre atteint 600 mm.

La jonction de chaque immeuble aux conduites à haute pression est généralement réalisée par l'interposition d'un détendeur-régulateur, et le chauffage de l'immeuble est conduit comme un chauffage à eau chaude ou à vapeur à basse pression, avec tous les avantages du chauffage central particulier.

Distribution par l'eau chaude. — Tandis que le chauffage à vapeur à basse pression, en raison de l'économie de premier établissement, est employé principalement dans les fabriques et les entrepôts, on donne la préférence, pour les appartements, au chauffage à eau chaude, dont le principe est le suivant : l'eau chauffée dans une chaudière à 80°C environ, monte par une canalisation au radiateur, où elle cède sa chaleur et retourne à la chaudière à la température de 40°C environ. Ce mode de chauffage ne peut être employé pour franchir de grandes distances, car la force ascensionnelle de l'eau, due à la différence des densités, ne suffit pas à vaincre la résistance de frottement dans les conduites, même avec de gros diamètres.

Cette limite naturelle s'opposait au développement du chauffage à eau chaude, jusqu'à ce qu'un inventeur eut eu l'idée de ne pas demander la circulation de l'eau à la seule différence de densité, mais de la réaliser en montant une pompe sur la canalisation, dans le voisinage du foyer. On obtient ainsi des vitesses considérables, permettant l'emploi de petites conduites, d'où économie importante en ce qui concerne les frais de premier établissement. En outre, la canalisation est indépendante de toute sujétion de terrain et, pour le réglage, on dispose de deux variables : la température de l'eau et sa vitesse. A l'hôpital d'Essen, par exemple, on emploie des pompes centrifuges commandées électriquement.

Peut-être peut-on indiquer comme un perfectionnement le chauffage indirect à eau chaude, dans lequel les immeubles ne sont pas reliés directement à la conduite de distribution, mais à une chaudière qui est chauffée, elle-même, par cette conduite de distribution d'eau chaude. Le chauffage des immeubles redevient alors un chauffage ordinaire par thermo-siphon, qui présente toutefois l'avantage de pouvoir être alimenté par un combustible solide en cas d'interruption dans le service de la conduite de distribution.

Déjà, des distances de plus de 1 000 m ont été franchies avec succès au moyen de cette distribution avec pompe. Les canalisations sont logées dans des caniveaux d'un type analogue à ceux du chauffage à vapeur, mais plus petits.

Ces inévitables caniveaux constituent une lourde charge pour le chauffage à distance, qu'il soit à vapeur ou à eau chaude. Pour tâcher de compenser cette charge, on a été conduit à combiner le chauffage à distance avec la production de l'énergie électrique. En effet, la période de la plus grande consommation a lieu, pour l'électricité, le soir, de 5 h à 8 h, et pour le chauffage, le matin, de 5 h à 8 h. Il est donc possible, par la réunion des deux exploitations, d'utiliser pour la distribution de chaleur les chaudières, au moment où elles ne sont pas nécessaires à la production d'énergie électrique : d'où, réduction des frais de premier établissement et d'exploitation.

Une distribution de chaleur à distance doit non seulement compenser les pertes de chaleur des appartements, mais aussi fournir l'eau chaude nécessaire aux lavabos et aux baignoires. Comme la température de cette eau ne doit être que d'environ 30° à 35° aux prises, la chaleur de la vapeur d'échappement des machines qui est inutilisée, en général, permet de l'obtenir dans de très bonnes conditions.

Dans le chauffage à eau chaude, avec pompe de circulation, qui a supplanté le chauffage à vapeur, on peut utiliser toute la chaleur des échappements de la centrale électrique, en emmagasinant cette chaleur, dans des réservoirs isolés, sous forme d'eau chaude, lorsqu'elle est en excès, pour l'y reprendre au moment de la grande consommation. Grâce à un calcul exact de l'ensemble de l'installation, il devient ainsi possible de réaliser une demande presque régulière aux chaudières, ce qui, comme on sait, permet l'utilisation la plus avantageuse du combustible et le chargement mécanique des grilles.

L'introduction sur le marché de la lampe à filament métallique a exercé une influence considérable sur le développement du chauffage à distance. Cette lampe, en effet, dont la consommation n'est que le tiers de celle des lampes à filament de carbone, se répandit rapidement, et il en résulta que les stations électriques d'îlots, qui avaient été calculées, presque toujours, d'après la consommation du courant nécessaire pour l'éclairage, ne fonctionnèrent plus qu'à un tiers de leur charge, d'où une augmentation de plus de 100 % dans le prix du kilowatt-heure. D'autre part, depuis l'emploi des grandes turbines, la production de l'énergie électrique tend à se centraliser dans d'importantes usines situées hors des villes et desservant, avec du courant à haute tension, des régions situées jusqu'à 100 km de distance. Dans beaucoup de cas, le prix du courant des distributions publiques est devenu très inférieur à 0 fr 12 par kilowatt, prix auquel aucune station d'îlot ne pourrait produire, même si on lui fournissait gratis la vapeur pour l'alimentation de ses machines. C'est pourquoi ces stations tendent à disparaître, à moins qu'elles ne se transforment en sous-stations des grandes centrales publiques, et, comme conséquence, les installations de chauffage à distance commencent à se séparer des usines produisant l'énergie électrique, pour revenir à leur forme primitive, celle de simples centrales de chaleur. En Amérique, où les grandes centrales électriques jouent un rôle beaucoup plus important qu'en Europe, cette séparation est déjà faite dans un grand nombre de cas. Il en est de même pour le chauffage central du grand hôpital d'Essen, et pour plusieurs autres installations plus importantes, actuellement en construction ou en projet.

Dans les principales usines de chauffage à distance de l'Allemagne, d'après des documents officiels, le capital total de premier établissement est, généralement, plus élevé pour la canalisation que pour les bâtiments et les chaudières, et les pertes de chaleur sont, en moyenne, de 12 à 18 % des quantités de chaleur transmises, par période de chauffage.

Frais d'exploitation. — En ce qui concerne les frais annuels d'exploitation, indépendamment de l'intérêt et de l'amortissement du capital de premier établissement, le conseiller de finances et de construction Trautmann, de Dresde, donne dans une note publiée à l'occasion de la sixième assemblée des spécialistes du chauffage et de l'aération, en 1907, les tableaux suivants, se rapportant à l'usine de chauffage à distance de Dresde :

Frais d'exploitation annuels du chauffage à distance.

	1903	1904	1905
Combustible	38 739	35 664	40 187
Traitements et salaires	27 162	26 532	29 556
Frais généraux	2 852	1 727	1 930

Digitized by Google

	1903	1904	1905
Entretien des chaudières, canalisations, bâtiments, etc	4 942	4 480	8 956
Total	73 695	68 403	80 629

Frais d'exploitation annuels de l'usine électrique.

	1903	1904	1905
Combustible	22 678	20 323	19 433
Traitements et salaires	24 870	24 626	24 791
Frais généraux	2 852	1 736	1 930
Huile de graissage, acides pour batteries, lampes et autres matériaux d'exploitation	10 789	10 582	12 294
Entretien des machines, chaudières, canalisations, bâtiments, etc	7 400	6 700	14 185
Total	68 589	63 967	72 633

	1903	1904	1905
Lignite consommé dans l'année	6 394 750	6 200 400	6 719 540
Prix par wagon de 10 tonnes en fr	88,3	88,53	87,01
Quantité de vapeur produite dans l'année en kg	30 213 700	31 279 000	33 821 500
Vaporisation obtenue pour 1 kg de lignite brûlé	4 725	5 045	5 033
Frais de production de 1 000 kg de vapeur en fr	1,974	1,755	1,729

Dans les commentaires relatifs à ces tableaux, le conseiller Trautmann dit que, pour 100 000 calories fournies aux bâtiments alimentés, les prix de revient, non compris l'intérêt et l'amortissement, furent : 0 fr 803 en 1903, 0 fr 693 en 1904, 0 fr 7 16 en 1905.

Mais le prix de 8 fr 75 pour la tonne de combustible est exceptionnel. Le prix habituel, en gros, est de 21 fr à 22 fr la tonne pour un charbon ayant un pouvoir calorifique de 6500 calories environ. En tablant sur ce prix, les frais de production pour 100000 calories deviennent : 1 fr 119 pour 1903, 0 fr 975 pour 1904, 1 fr pour 1905. Le capital de premier établissement atteignit, à Dresde, 1 000 000 de francs, dont 625 000 fr pour les conduites et les caniveaux et 375 000 fr pour les bâtiments et les chaudières. Dans ces conditions, la charge de l'intérêt et l'amortissement, calculés ensemble au taux de 7 %, sont, toujours pour 100 000 calories, de 0 fr 762 en 1903, 0 fr 710 en 1904, 0 fr 619 en 1905, ce qui conduit au prix de revient total, pour 100 000 calories, de 1 fr 831 en 1903, 1 fr 681 en 1904, 1 fr 621 en 1905.

Emploi du gaz de gazogène. — En jetant un coup d'œil en arrière, nous voyons que les installations de chauffage à distance sont revenues, après un grand détour, à être de simples centrales de chaleur, dont le fluide transporteur sera désormais principalement l'eau, dont le rayon d'action ne peut guère dépasser 2 000 m ; en raison des canalisations coûteuses et des pertes de chaleur, ces centrales ne sont pas, en dépit des perfectionnements techniques, plus économiques que le chauffage central habituel, avec foyer local à combustible solide.

Pour l'alimentation centrale en chaleur de toute une ville, on est donc conduit à rompre avec tout ce système et à choisir, comme véhicule de chaleur, un fluide autre que la vapeur ou l'eau, et dont le transport à distance soit possible d'une façon simple.

Il y a environ deux ans, dans la *Technischer Gemeindeblatt* de 1909, un auteur proposa un système, qui se prête éminemment bien à l'alimentation en chaleur de toute une ville. Au lieu d'utiliser l'énergie calorifique du charbon par sa combustion sous une chaudière, la caractéristique de ce nouveau système de chauffage est la gazéification complète d'un combustible solide dans une centrale et le transport à distance d'un gaz combustible.

Cette gazéification est obtenue, d'après le principe des gazogènes, par l'aspiration, au moyen d'un ventilateur, d'un courant d'air et de vapeur d'eau à travers une colonne de combustible incandescent. Le carbone brûle en donnant de l'acide carbonique qui est ensuite réduit en oxyde de carbone. La vapeur d'eau donne de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Ici, on évite toute perte de chaleur par entraînement dans les gaz de la combustion, qui sont, comme on sait, la principale source des pertes aux chaudières. Le rendement thermique des gazogènes est de 80 à 85 % et on peut employer toutes sortes de combustibles : bois, charbon de bois, coke, lignite, houille, etc.

Le tableau ci-dessous donne la composition du gaz obtenu, dans un générateur Hilger, avec un combustible de faible valeur : houilles de la Silésie septentrionale, dont la teneur en cendres atteint jusqu'à 50 % :

Acide carbonique	3,20	3,60	3,35	3,55
Oxygène	0,15	0,20	0,24	0,44
Oxyde de carbone	31,84	30,12	30,00	29,50
Hydrogène	8,50	8,17	9,00	7,60
Méthane	2,94	3,32	2,31	2,34
Azote	53,57	54,59	54,10	56,77
Eléments combustibles	43,28	41,61	41,31	39,44
Pouvoir calorifique par m^3	1 426	1 398	1 330	1 251

Dans ce système, l'installation est extraordinairement simple ; elle occupe une surface égale à la moitié de celle d'un bâtiment de chaudières de même puissance ; le service est limité à l'ouverture et à la fermeture d'un orifice et comme il n'est besoin ni de cheminée ni de fondations robustes, le coût de premier établissement est moins élevé que pour les installations de chauffage par la vapeur ou par l'eau chaude.

Dans les petites installations, le gaz, une fois débarrassé de quelques impuretés, est refoulé dans la conduite de distribution à une pression d'environ 500 mm d'eau, par le même ventilateur qui aspire le courant d'air et de vapeur à travers la colonne incandescente. Les conduites, munies de manchons avec joints au plomb, sont placées en terre, comme le sont généralement les canalisations de gaz. Par suite de la pression relativement élevée, une petite conduite de 200 mm de diamètre environ suffit pour transporter, à plusieurs kilomètres, des quantités de chaleur horaires de 2,5 millions de calories. Les frais de premier établissement du réseau des canalisations — lequel peut s'étendre jusqu'à 15 km environ — sont dans le rapport de 1 à 10 ou 20 comparativement à ceux du chauffage par la vapeur ou par l'eau chaude avec pompe et les pertes sont presque nulles, au lieu d'atteindre de 10 à 18 % malgré l'emploi des meilleurs calorifuges.

Dans chaque bâtiment relié à la conduite de distribution, l'installation intérieure est identique à celle d'un chauffage particulier par la vapeur ou par l'eau chaude ; la seule différence consiste dans l'emploi d'une chaudière à gaz, à la place d'une chaudière chauffée au charbon ou au coke. En réglant exactement l'admission du gaz, on peut obtenir un rendement qu'il est impossible d'obtenir avec des chaudières utilisant des combustibles solides. En pratique, ce rendement atteint 85 à 90 %. En outre, la chaudière chauffée au gaz n'a besoin d'aucune surveillance et son coût d'installation n'est guère plus élevé que celui d'une chaudière à combustible solide.

Il faut reconnaître que les distributions de chaleur par la vapeur ou par l'eau chaude ne constituent pas, à proprement parler, des centrales de chaleur, puisqu'on n'a trouvé, jusqu'à présent, aucun moyen de leur faire fournir l'énergie calorifique nécessaire aux cuisines. Au contraire, avec le gaz de gazogène, une seule alimentation distribue à un appartement toute la chaleur dont il peut avoir besoin pour le chauffage et pour la cuisine. On a bien alors une distribution centrale de chaleur, dans toute l'acception du mot.

Digitized by Google

Sous-produits. — De grandes usines à gaz de gazogène, comme en comporte l'alimentation de toute une ville, peuvent pratiquer la récupération des sous-produits, ammoniaque et goudrons, perdus dans la combustion directe du charbon sous les chaudières. Tandis que dans la distillation sèche de la houille — fabrication du gaz d'éclairage, fours à coke — on ne recueille que 15 °/₀ de l'azote du charbon, il est possible dans le gaz de gazogène d'en récupérer 70 °/₀.

L'expérience a démontré que, si on augmente la proportion de vapeur d'eau, le rendement en azote augmente; d'autre part, l'intérieur du générateur se refroidissant, le gaz obtenu devient plus pauvre en oxyde de carbone et plus riche en acide carbonique ainsi qu'en hydrogène. Le tableau I donne la composition des différents gaz.

On voit qu'après le gaz de fours à coke et le gaz de houille, le gaz de gazogène est celui dont la teneur en oxyde de carbone est la plus faible (10 à 11 °/₀). Ce fait est très important, car de nombreux hygiénistes, dont certains font autorité, considèrent le gaz de gazogène comme tout particulièrement dangereux à cause de sa teneur élevée en oxyde de carbone. C'est une crainte qu'exagère l'ignorance des compositions relatives des différents gaz: d'ailleurs la Berlin-Anhaltische-Maschinenbau-A-G construit actuellement, pour de petites localités de 1 000 à 2 000 habitants, des installations de gaz d'huile, d'après le procédé Rincker et Wolter, et ce gaz est employé, sans hésitation, pour l'éclairage et pour la cuisine, dans les appartements et dans les chambres à coucher, bien que sa teneur en oxyde de carbone soit de 15 °/₀.

Tableau. I. — Composition des différents gaz.

	Gaz d'éclairage	Gaz de fours à coke	Gaz de gazogènes avec récupération des sous-produits	Gaz de gazogènes sans récupération des sous-produits	Gaz d'huile d'après le procédé Rincker et Wolter (Bamag)	Gaz à l'eau
	°/₀	°/₀	°/₀	°/₀	°/₀	°/₀
CO. . .	8,9	7,8	11,0	23	15	40
H . . .	46,2	46,9	27,5	17	46	50
CH^4 . .	34,2	34,8	3,0	3	23	»
C_nH_{2n} . .	5,1	6,5	»	»	4	»
CO^2 . .	3,0	2,1	16,5	5	2	4
Az . . .	2,8	1,9	42,0	52	10	6

Le refroidissement du gazogène par l'augmentation de la vapeur d'eau a pour effet de réduire le rendement de 1 °/₀. Mais il n'y a pas lieu de s'en préoccuper en tenant compte du prix de l'ammoniaque.

En moyenne, la houille allemande contient environ 1,5 °/₀ d'azote. En supposant un rendement de 70 °/₀, on obtient par tonne de houille : $1000 \times 0{,}015 \times 0{,}7 = 10$ kg,5 d'azote, c'est-à-dire $10{,}5 \times \frac{17}{14} = 12$ kg 5 d'AzH^3 correspondant à $12{,}5 \times \frac{132}{34} = 50$ kg de sulfate d'ammoniaque. Le prix de vente de ce sulfate est, en moyenne, de 33 fr les 100 kg; d'autre part, la production de 100 kg de sulfate exige 100 kg de SO^4H^2, qui coûtent environ 5 fr. Cela fait ressortir le prix de l'AzH^3 à $33 - 5 = 28$ fr pour 100 kg de sulfate. Donc, pour une tonne de charbon gazéifié, la valeur de l'AzH^3 récupéré est de 14 francs. On peut recueillir encore, comme sous-produit, une quantité de goudron, égale en poids à 5 °/₀ du charbon gazéifié et dont la valeur, à raison de 2 fr 50 par 100 kg, ressort à 1 fr 25 par tonne de charbon gazéifié. La valeur totale des sous-produits atteint donc 15 fr 25 par tonne de charbon, c'est-à-dire plus de la moitié du prix d'achat d'une houille de bonne qualité; dans certains cas même, si on emploie des combustibles de moindre valeur, — de 7 fr. 50 à 12 fr, — on peut arriver à couvrir entièrement leur prix d'achat.

En ce qui concerne la récupération de ces sous-produits, on doit beaucoup à l'ingénieur allemand L. Mond, qui, après avoir fait ses études à Heidelberg, a exercé son activité presque exclusivement en Angleterre, où il est devenu un homme considérable dans la science et l'industrie. Actuellement, il existe environ une cinquantaine d'usines à gaz de gazogène pratiquant la récupération des sous-produits par le procédé Mond et l'une d'elles correspond à une puissance de production de 100 millions de calories à l'heure, c'est-à-dire cinq fois celle de la plus grande usine de chauffage à distance de l'Allemagne.

La plus intéressante est l'usine de Dudley-Port (South Staffordshire), mise en service en février 1905 et qui, depuis, travaille nuit et jour. Une fois terminée, sa puissance de production maximum sera de 200 millions de calories à l'heure. Son réseau s'étend sur un territoire de forme à peu près rectangulaire, de 310 km carrés de superficie, ayant 27 km de long sur 12 de large. Les conduites maîtresses sont en fonte de 900 mm de diamètre; le siège de consommation le plus éloigné est à 15 km de l'usine. Une station de compression refoule le gaz dans la canalisation à une pression de 3 500 mm d'eau, qui sera, plus tard, portée à 7 000 mm d'eau. Les compteurs, du type Rotary ont un débit horaire de 28 000 m³.

Le prix de vente varie, suivant la consommation et la distance, entre 1,5 et 2,5 pence pour 1 000 pieds cubes, ce qui correspond à 0 fr 59 et 0 fr 95 par mètre cube.

L'emploi d'un gazomètre n'a pas été reconnu indispensable, parce que les gazogènes travaillent, avec un rendement presque constant, à des charges variant de 1/4 à 5/4 de leur charge normale et que ces limites ne sont jamais atteintes.

Un exemple classique du sens économique de notre époque est le suivant : à Budapest, on construit actuellement une grande usine à gaz d'éclairage. Comme le coke y est d'un prix extrêmement élevé et qu'on peut y avoir, à des prix modérés, des lignites de bonne qualité, on proposa de chauffer les fours, non pas avec du coke, comme cela se pratique partout, mais au moyen de gaz de gazogène, obtenu par la combustion des lignites bon marché, avec récupération des sous-produits. Les prix moyens, dans le commerce de gros, des matières en question sont les suivants :

Lignites	1,45	les 100 kg
Coke	3,20	—
Goudron	3,20	—
Sulfate d'ammoniaque	30,65	—
Acide sulfurique	8,40	—

D'après les calculs, l'économie réalisée sur le chauffage au coke serait de 1 143 fr par jour, sans compter la valeur des sous-produits qui serait de 0 fr 445 par 100 kg de lignite gazéifié, ce qui correspond à 30 °/₀ de leur prix d'achat.

Prix de revient du chauffage central par distribution urbaine. — La distribution centrale de chaleur de Dudley-Port, parfaitement capable d'entreprendre l'alimentation totale en chaleur des maisons particulières, est loin d'avoir pénétré partout. Cela peut tenir, d'une part, aux contrats en cours avec les Compagnies gazières, ainsi qu'au bon marché du gaz d'éclairage en Angleterre, et d'autre part à l'esprit conservateur de la population anglaise, tellement attachée au foyer de la cheminée, qu'aujourd'hui, même dans la classe aisée, on trouve très peu de maisons ayant le chauffage central.

Il en est tout autrement en Allemagne. D'après l'architecte du gouvernement Dr. Schröder, entre 1905 et 1908, le nombre des habitations a augmenté à Charlottenbourg de 7 046, sur lesquelles 4 094, c'est-à dire 61 °/₀, possèdent le chauffage central. La proportion est la même pour les autres faubourgs de Berlin et pour les autres grandes villes.

En ce qui concerne la consommation de chaleur d'un chauf-

Digitized by Google

fage central pendant une période de chauffage, laquelle comprend 200 à 220 jours, il a régné, pendant longtemps, une certaine obscurité, jusqu'à ce que l'ingénieur diplômé de Grahl, de Zehlendorf, le théoricien auquel l'industrie du chauffage doit beaucoup, ait éclairci la question. Dans son excellent ouvrage *L'économie du chauffage central*, de Grahl montre, d'après plusieurs installations dans de belles maisons de Berlin-Ouest, que la production moyenne d'un chauffage central, pendant une campagne, est de 27 à 28 % du maximum que pourrait atteindre la production durant toute l'année, c'est-à-dire si l'installation fonctionnait pendant $24 \times 365 = 8\,760$ heures avec la puissance maximum pour laquelle la chaudière a été calculée, en supposant — 20° C de température extérieure.

Si nous voulons avoir une idée du côté économique de la distribution de chaleur, prenons le cas d'un quartier urbain, dans lequel 1 000 maisons ayant chacune 10 appartements de 5 pièces sont alimentées par une centrale à gaz de gazogène. On peut estimer à 436 000 m³ la consommation totale annuelle de calorique pour le chauffage et la cuisine d'une de ces maisons.

D'après des devis de sociétés allemandes et anglaises, une telle usine, avec récupération des sous-produits, coûtera de 4,5 à 6 millions de francs. On pourrait adopter, bien que ce soit le chiffre le plus élevé, celui que donne la Mondgasgesellschaft, qui possède la plus grande expérience. Pour la canalisation et le raccordement des maisons, la somme de 1 250 000 fr est très suffisante et, pour les terrains, on peut compter 1 250 000 fr, en sorte que les frais de premier établissement sont les suivants :

Usine centrale	6 000 000 fr
30 000 m de conduites	1 250 000
Achat de terrains	1 250 000
Total	8 500 000 fr

D'après les résultats obtenus en Angleterre, la gazéification de 1 kg de charbon d'un pouvoir calorique de 6 250 calories, donne, en moyenne, 2,5 m³ utiles de gaz pauvre à 1 300 calories. Pour 436 millions de mètres cubes, il faudra donc $\frac{436}{2,5} = 175$ millions de kilogrammes de charbon annuellement.

Les frais d'exploitation se décomposent donc, pour une année, de la façon suivante :

I. — 175 000 tonnes de houille à 21 fr 25	3 718 750
8 750 tonnes de SO^4H^2 à 37 fr 50	328 125
	4 046 875
A déduire, les recettes des sous-produits, savoir :	
8 750 tonnes de sulfate d'ammoniaque à 350 fr	3 062 500
8 750 tonnes de goudron à 25 fr	218 750
Frais de combustible = 0 fr 225 par m³ de gaz utile.	
II. — Intérêt et amortissement (8 % sur 6 000 000 de fr)	480 000
Intérêt et amortissement (7 % sur 1 250 000 fr)	87 500
Intérêt (4 1/2 % sur 1 250 000)	53 125
Renouvellements et entretien (2 % sur 7 500 000)	150 000
Salaires	227 500
Administration	62 500
	1 060 625
= 0 fr 240 par m³ de gaz utile.	

Nous voyons donc que, dans ces conditions, en Allemagne, malgré l'emploi de charbon d'un prix élevé, et même si le sulfate ne se vendait que 300 fr, il est possible de ne pas dépasser 0 fr 50 environ comme prix de revient du mètre cube de gaz de gazogène, pour distribution centrale de chaleur.

Dans le chauffage à distance de Dresde, le prix de revient de 100 000 calories utiles atteint 1 fr 375, et quelle que soit la combinaison à laquelle on puisse recourir, l'emploi de la vapeur pour le chauffage ne peut guère revenir à meilleur marché.

Le chauffage à eau chaude, même exploité comme pure centrale de chaleur, revient, lui, à peu près au même prix que le chauffage central ordinaire avec foyer local à combustible solide et ce prix varie entre 100 et 112,5 cent pour 100 000 calories utiles. Comme il n'est cependant pas en situation de fournir la chaleur nécessaire à la cuisine, les frais de la fourniture totale de chaleur, par eau chaude et gaz d'éclairage — ce dernier étant au prix de 16 cent 25 le mètre cube — sont de 1 fr 50 à 1 fr 75 pour 100 000 calories utiles.

L'usine de Dudley-Port vend le gaz de gazogène de 1 300 calories à raison de 0 fr 60 à 0 fr 95, d'après l'éloignement; le prix de revient y est de 0 fr 31 à 0 fr 37 le mètre cube de gaz utile.

Si nous prenons pour l'Allemagne le prix de 0 fr 50 que nous avons trouvé précédemment, pour le mètre cube de gaz pauvre utile, le coût de 100 000 calories effectivement fournies pour la cuisine et le chauffage est de 0 fr 44 à 0 fr 506, donc pas même la moitié du prix auquel revient le chauffage central avec foyer au coke et la cuisine au gaz d'éclairage, prix qui, d'après les données des essais de de Grahl varie de 1 fr à 1 fr 25 comme le montre le tableau II :

TABLEAU II. — PRIX DE REVIENT DES DIVERS MODES DE CHAUFFAGE.

FOYERS	COMBUSTIBLES	PRIX pour 100 000 cal utiles
Poêles d'appartements et fourneaux de cuisine	Coke de 7 000 cal au kg.	2,25 à 3,00
Chauffage central		0,81 à 1,00
Bouillottes à gaz	Gaz d'éclairage de 5 000 cal au m³.	3,75 à 5,62
Poêles d'appartements		2,50 à 2,90
Bouillottes à gaz	Gaz de gazogène à 1 300 cal au m³.	0,62 à 0,95
Chauffage central		0,45 à 0,50
Consommation annuelle par tête de 8 000 000 de calories pour le chauffage et de 450 000 calories pour la cuisine :		
Chauffage central	Coke.	1,00 à 1,25
Cuisine	Gaz d'éclairage.	
Chauffage central	Gaz de gazogène.	0,44 à 0,506
Cuisine		

Prix de revient des combustibles :

Coke	31 fr 25	pour 1 000 kg
Gaz d'éclairage	11 cent. 25	pour 1 m³
Gaz de gazogène	0 cent. 5	pour 1 m³

En examinant ces chiffres, on est conduit à se demander quel serait l'avenir des usines à gaz d'éclairage, si elles venaient à perdre leurs consommateurs de gaz pour la cuisine. En effet, partout leur importance comme centrales d'éclairage diminue comparativement à leur importance comme centrales de chaleur. D'après les affirmations d'électriciens éminents, on envisage actuellement la possibilité d'éclairer à l'électricité les rues et les habitations pour des prix sensiblement égaux à ceux de l'éclairage au gaz. Comme, d'autre part, la fourniture de la chaleur nécessaire à la cuisine est possible avec le gaz de gazogène pour le quart du prix auquel revient la cuisine au gaz d'éclairage, les usines à gaz pauvres et les usines électriques pourraient, peut-être, un jour être appelées à recueillir l'héritage des usines à gaz de houille.

En réalité, la technique cherche à supprimer le dualisme existant actuellement dans l'alimentation en énergie des villes et à centraliser la fourniture que se partagent les usines à gaz et les usines électriques. Vers 1895, Schimming, de Berlin, a déjà essayé, en montrant tout le parti que l'on peut tirer du procédé du gaz à l'eau. Dix ans après environ, Kobbert, de Konigsberg, tenta encore de diriger dans cette voie le développement des usines à gaz d'éclairage. Mais où le

Digitized by Google

gaz à l'eau a échoué, le gaz de gazogène réussira peut-être. Comme la période de la consommation maximum du chauffage ne coïncide pas avec celle de l'éclairage, il est possible d'utiliser l'usine à gaz pauvre, non seulement à fournir la chaleur nécessaire aux habitations, mais à produire de l'énergie électrique, soit en brûlant le gaz sous des chaudières et en se servant des installations de machines à vapeur habituelles, soit en utilisant directement le gaz de gazogène et le goudron lequel peut être extrait, en grande quantité, comme sous-produit, au moyen de la turbine à gaz qui, comme on sait, n'est plus un problème, mais qui se trouve déjà à l'essai chez Brown, Boveri et C°, à Mannheim, sous une forme appropriée à un service important.

La fusion de l'usine électrique avec l'usine à gaz de gazogène présenterait encore cet avantage de réaliser, en majeure partie, l'utilisation, déjà essayée si souvent en vain, des chaleurs perdues des machines à vapeur. En effet, le procédé du gaz de gazogène, avec récupération des sous-produits, réclame par kilogramme de houille gazéifiée, 2 à 3 kg de vapeur à 0,5 atmosphère de surpression, qui peuvent être fournies par les machines motrices de l'usine électrique.

On est en droit de conclure que l'emploi du gaz de gazogène rendra possible la suppression du dualisme existant actuellement dans l'alimentation en énergie des villes et la création d'importantes centrales d'énergie, appelées à un réel succès.

G. B

HYDRAULIQUE

LES INSTALLATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES NORVÉGIENNES POUR LA PRODUCTION DE L'AZOTE

Généralités. — La Société norvégienne de l'azote et ses filiales ont entrepris l'aménagement, pour les besoins de cette industrie, d'une série d'installations hydro-électriques dont la puissance totale atteindra le chiffre énorme de 540 000 ch. Cette force servira à alimenter les usines de nitrates, dans lesquelles l'azote atmosphérique est fixé par oxydation, sous l'action de l'arc électrique produit dans des fours spéciaux; un tel procédé de fabrication ne peut être adopté que si l'on dispose d'une source d'énergie abondante et peu onéreuse, car les fours du dernier modèle, donnant un arc-flamme en forme de disque de près de 3 m de diamètre, absorbent chacun 4 000 kw (1).

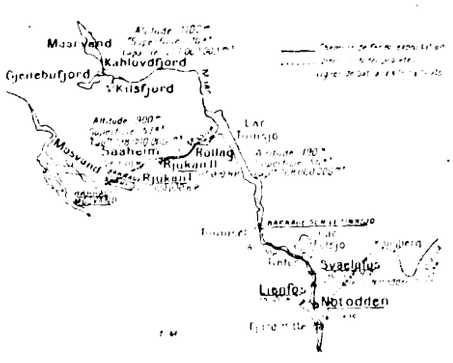


Fig. 1. — Plan des installations hydro-électriques du bassin de Notodden.

Pour obtenir économiquement l'énergie nécessaire à ses usines de produits chimiques (nitrates de chaux, d'ammoniaque, de potasse, nitrite de soude, biphosphates, acide azotique, etc.), la Société de l'azote a organisé méthodiquement l'aménagement des forces hydrauliques du massif du Gausta, la plus haute montagne du sud de la Norvège (1 884 m). Cette région est très riche en houille blanche : de nombreux lacs forment les réservoirs d'alimentation naturels de rivières importantes (fig. 1), telles que la Maana, qui comportent de nombreuses chutes franchissant d'un bond jusqu'à 100 m de hauteur. Cette situation privilégiée a été largement exploitée, malgré l'inclémence du climat et la nature désertique de la région, pourtant peu éloignée de Christiania.

Les forces hydrauliques alimentant, isolément ou par groupes, les diverses usines d'azote, sont ainsi réparties :

1° Fabriques de Notodden, utilisant 96 400 ch des chutes de :

Svaelgfos (en service)	47 000 ch
Lienfos (en service)	16 900
Tinfos (en service)	2 500 ch
Svaelgfos-réserve (en projet)	20 000
Aarlifos en projet)	10 000

2° Fabriques de Saaheim, alimentées par les 227 000 ch de :

Rjukan I en service	120 000 ch
Rjukan II (en aménagement)	107 000

3° Plusieurs fabriques disséminées dans d'autres districts norvégiens :

Vamma (en aménagement)	57 000 ch
Tyin (en projet)	80 000
Matre (en projet)	80 000

On voit que les plus puissantes de ces installations sont celles de Rjukan, qui viennent d'être partiellement mises en service : la chute est en effet utilisée en deux étapes, aménagées successivement (fig. 2). Elle est formée par une cascade de la rivière Maana, laquelle sort du lac Mosvand, vaste réservoir naturel, d'une superficie de 57 km², situé à une altitude de 900 m et assurant, par un barrage peu coûteux, une réserve d'eau de 800 millions de mètres cubes.

Usine de Rjukan I. — La prise d'eau s'opère à Skarfos, à 10 km de l'exutoire du lac, au moyen d'un grand barrage à déversoir (fig. 3); une galerie d'amenée d'eau, constituée par un souterrain de 4 km de long et 30 m² de section, débite 50 m³ par seconde, dans un vaste château d'eau alimentant l'usine dite « Rjukan I ». Des vannes permettent de déverser l'eau au moyen

Fig. 2. — Schéma des aménagements de la chute de Rjukan (227 000 HP).

d'une chute sur la colline un peu en amont de l'usine située sur la rive de la Maana; la chute brute obtenue est de 360 m, sur lesquels une charge utile de 282 m est réalisée aux turbines.

Du château d'eau partent dix conduites forcées munies de soupapes d'admission à double commande automatique, qui en permettent la fermeture en 10 secondes. Ces conduites sont for-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 5 (mai 1910), p. 257.

Digitized by Google

mées, à la partie supérieure, de tuyaux en tôle, rivés, de 1m,55 de diamètre, et, à la partie inférieure, de tuyaux en tôle soudés de 1m,25 de diamètre. L'épaisseur des tôles, de 10 mm au départ, augmente de 5 mm à chaque section de 175 m de longueur. Ces tôles de fer doux ont une résistance de 36 à 42 kg par millimètre carré et une limite d'élasticité de 19 kg par millimètre carré. L'effort normal étant de 7 kg, les conduites sont donc capables de supporter des surpressions considérables; elles sont ancrées dans de forts massifs en béton échelonnés sur la hauteur.

Chacune des dix conduites alimente une turbine, avec admission par vannes à commande hydraulique. Ces turbines sont du type roues Pelton doubles, construites par les maisons Escher Wyss ou Voith; neuf d'entre elles peuvent absorber tout le débit d'amenée, en cas d'arrêt de la dixième. Chaque conduite ayant un débit maximum de 5 m³ 220, sous une chute de 282 m, la turbine donne, avec un rendement de 80 %, une force de 15 700 ch, transmise à l'alternateur par un manchon d'accouplement. Le réglage est opéré sur les turbines au moyen de servomoteurs et de régulateurs de pression à huile. Une turbine plus petite donnant 1 000 ch alimente l'excitatrice de réserve et le service de l'usine.

Les génératrices, accouplées directement aux turbines, sont des alternateurs doubles de 17 000 kw, avec $\cos \varphi = 0{,}6$, donnant, à la vitesse de 250 tours-minute, du courant à 11 000 volts 50 périodes. Chaque machine est composée, en réalité, de deux moitiés semblables fournissant chacune 8 500 kw et pouvant marcher en parallèle ou séparément; elles ont été construites par les Sociétés Allmanna Svenska et Brown-Boveri. Dans les deux types, l'excitatrice est placée en porte-à-faux à bout d'arbre. La lubrification est double : un graissage simple par bagues peut suppléer momentanément le graissage forcé, alimenté par une pompe à courroie, montée sur l'arbre de la turbine; une petite pompe à main permet de procéder au graissage avant la mise en marche. Le poids de chacun de ces alternateurs atteint près de 250 t.

Ces dix groupes générateurs étant placés dans une même salle de machines, on a dû prévoir une installation de ventilation spéciale, eu égard à la rigueur de la température, qui aurait rendu impossible une ventilation faisant entrer en jeu l'air de la salle; des canaux ménagés dans les fondations amènent l'air extérieur aux génératrices, dont le rotor fait office de ventilateur, grâce à l'adjonction de quelques ailettes spéciales. L'air, après avoir parcouru la carcasse, est expulsé, à la partie inférieure, par des canaux d'évacuation aménagés de façon à pouvoir communiquer avec les conduites d'amenée; l'air chaud peut être ainsi mélangé à l'air aspiré, qu'il débarrasse de la neige, fréquente en ces régions. La quantité d'air ainsi absorbée atteint près de 300 m³ à la seconde, pour les dix machines.

Le courant produit par l'usine génératrice de Rjukan I est transporté sous une tension de 10 500 volts aux usines électrochimiques de Saaheim, à une distance de 4 650 m, par soixante câbles répartis en dix lignes doubles correspondant aux groupes d'unités génératrices, soit vingt systèmes à trois câbles.

Ces câbles sont en aluminium sur les deux tiers de la distance, l'emploi de ce métal ayant procuré une notable économie sur les frais de premier établissement. Pour le premier tiers du parcours seulement, on a employé le cuivre, à cause du passage de longues portées, où l'on pouvait craindre des tourmentes de vent dangereuses pour un métal léger. Les câbles en cuivre, composés de trente-sept fils, ont une section de 150 mm²; les câbles en aluminium ont une section de surface double correspondant à dix-neuf fils.

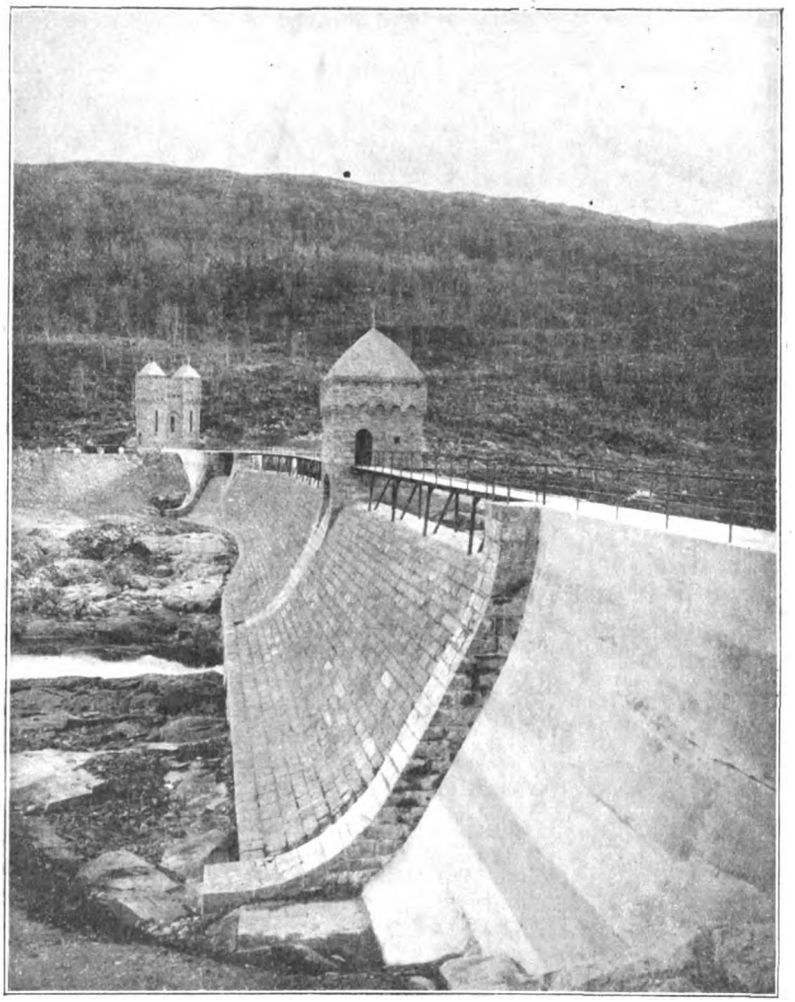


Fig. 3. — Vue du barrage de prise d'eau de Skarfos.

Comme supports, on a adopté des pylônes métalliques placés par rangées de cinq, avec des portées variant de 70 à 256 m réparties entre trente-cinq rangées de cinq pylônes. Chaque pylône supporte douze câbles placés en quinconces, et présentant un écartement minimum de 90 cm, les pylônes ayant en moyenne de 10 m à 13m,50 de hauteur. Les supports intermédiaires, entre les pylônes d'angle, sont élastiques, et ne présentent qu'une résistance assez faible dans le sens de la ligne. Le tracé de cette ligne a d'ailleurs été combiné pour limiter à trois les angles horizontaux, malgré la nature accidentée du terrain nécessitant deux traversées de la vallée. La longueur des portées elles-mêmes a été déterminée exclusivement par la configuration des lieux, ce qui explique l'irrégularité de leurs longueurs.

Usine de Rjukan II. — A la sortie de l'usine Rjukan I, l'eau évacuée par les canaux de fuite des turbines se déverse, à raison de 50 m³ par seconde, dans un bassin formant la chambre de mise en charge d'un second tunnel de 5 km environ, lequel amène l'eau aux conduites forcées d'une deuxième station génératrice dite « Rjukan II », où une installation analogue à la première fournira environ 107 000 ch.

Cette utilisation d'une seule dérivation d'eau, en deux chutes successives, présente l'avantage de ne nécessiter qu'un seul barrage pour les deux usines génératrices, grâce aux dénivellations favorables de la rivière Maana. L'installation de la chute et l'usine de Rjukan II sont en cours d'aménagement. Le tracé du tunnel, établi presque à flanc de coteau, a permis de commencer les travaux par huit attaques, qui seront conservées et qui permettront de faciles visites ultérieures. Ce tunnel, dont la section

Digitized by Google

est égale à celle du premier souterrain (30 m²), est cimenté pour diminuer les infiltrations et la perte de charge due aux frottements.

L'installation de l'usine de Rjukan II ne nécessitera pas de transport de force, car elle est située à côté des usines électrochimiques de Saaheim, dans lesquelles le courant est utilisé pour la fabrication des nitrates. Toutefois, une certaine partie de l'énergie produite est utilisée pour l'alimentation d'un chemin de fer électrique, long de 16 km, construit pour les besoins de la Société et conduisant au lac Tinnsjo; les trains traversent ce lac en ferry-boats pour reprendre ensuite le rail jusqu'à Notodden, centre d'exploitation de la Société norvégienne de l'azote.

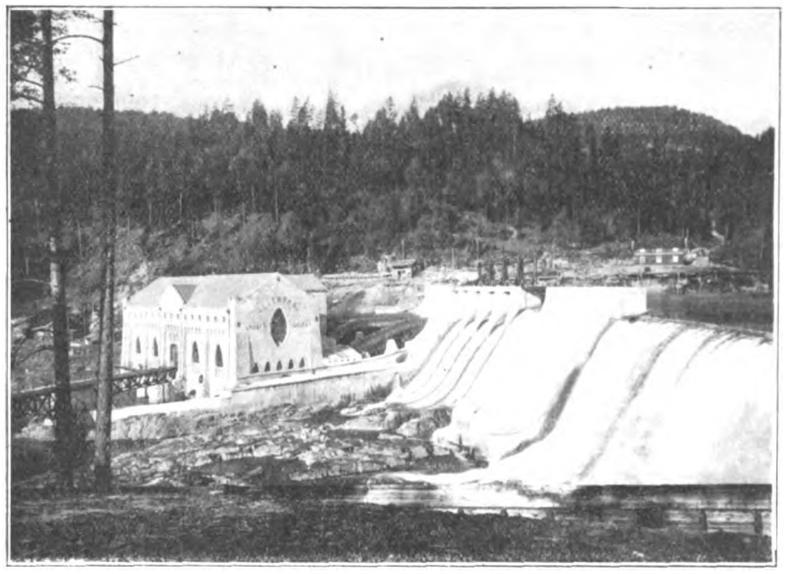


Fig. 4. — Barrage et conduites forcées et usine hydro-électrique de Lienfos (15 000 HP).

Usines de Svaelgfos et de Lienfos. — Sur ce même parcours sont situées les deux installations de Svaelgfos et Lienfos, alimentant les usines de Notodden. Ces deux chutes se trouvent, l'une en dessous de l'autre sur la rivière Tinne, émissaire du lac Tinnsjo ; le lac est lui-même utilisé comme réservoir de 170 millions de m³, au moyen d'un barrage construit à son exutoire (fig. 4).

L'usine de Svaelgfos (40 000 ch) fonctionne sous une hauteur de chute de 46m,50; les conduites forcées, en tôle de 10, 12 et 14 mm, sont en tronçons de 1m,25, renforcés par des joints-fourrures en fer cornière. Son équipement comprend quatre turbines à doubles couronnes mobiles, commandant des alternateurs triphasés de 10 500 kw, par accouplement direct, tournant à 250 tours; le courant produit à 10 000 volts, 50 périodes, est transporté au même voltage à Notodden (5 km) par quatre lignes parallèles comportant chacune six câbles de 120 mm de section.

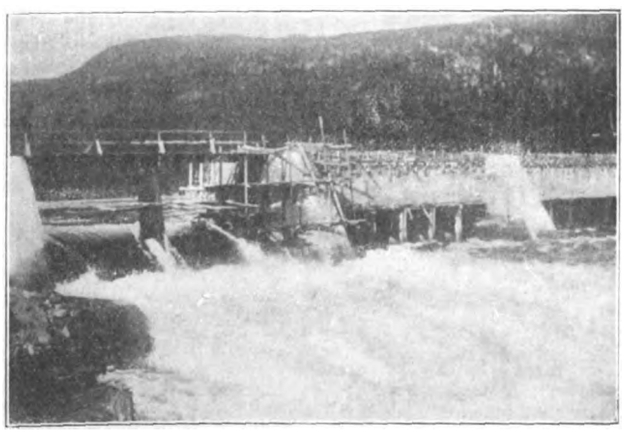


Fig. 5. — Barrage à la sortie du lac Tinnsjo.

Comme la précédente, l'installation de Lienfos (15 000 ch) (fig. 4) utilise les 90 m³ d'eau débités par la rivière Tinne et envoie son courant à Notodden. Elle comporte quatre turbines de 5 150 ch à 187 tours, du type à doubles couronnes avec distributeurs mobiles ; les alternateurs correspondants développent 6 600 kw sous 10 000 volts.

Usines diverses. — Dans une autre direction, à 53 km au sud-est de Christiania, on achève la construction de l'usine de Vamma, sur le fleuve Glommen. Utilisant un débit moyen moyen de 285 m³, sous une hauteur de chute de 26 m, cette installation produira 74 000 ch; les onze turbines de 9 000 ch permettront même d'utiliser les 92 000 ch produits aux époques de crues. L'usine est placée en aval, et au pied même du barrage (fig. 6 ; l'énergie sera utilisée par des fabriques électrochimiques installées à proximité. Une certaine quantité de courant doit de plus être transportée à Christiania pour l'alimentation de cette ville.

Enfin, deux autres chutes seront aménagées dans une région beaucoup plus septentrionale, au-dessus de Bergen, au fond d'un grand « fjord ». La chute supérieure, celle de Tyin, offre une hauteur utilisable de 950 m avec un débit de 8 m³ 1/2 à la seconde, donnant 80 000 ch. L'autre installation, à Matre, produira une force de même importance, en deux échelons, comportant l'un, une chute de 315 m, d'un débit de 9 m³, le second une chute de 487 m avec un débit de 10 m³. L'utilisation industrielle de hauteurs de chute aussi considérables présentera d'ailleurs un grand intérêt au point de vue de l'aménagement des conduites et des usines.

Cette série d'installations, représentant la captation de plus d'un demi-million de chevaux hydrauliques, constitue un ensemble des plus remarquables, réalisé uniquement pour la fabrication des engrais azotés, dont le champ d'emploi s'est élargi considérablement avec les progrès de la technique agricole.

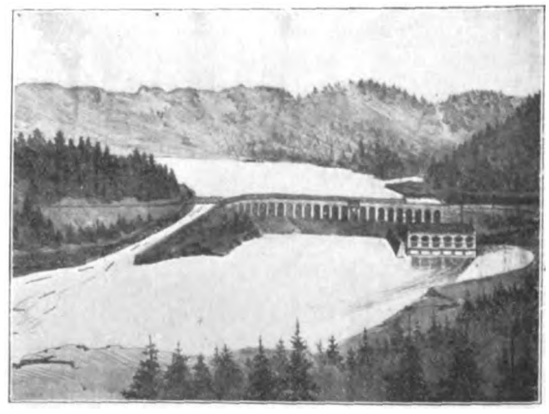


Fig. 6. — Vue de l'installation hydro-électrique de Vamma (92 000 HP).

Ces engrais sont livrés sous forme de nitrates de chaux, de soude, de potasse ou d'ammoniaque, de phosphates d'ammoniaque ou de biphosphate de chaux ; leur fabrication fournit, en outre, de l'acide azotique et du nitrite de soude. L. D. F.

Digitized by Google

INDUSTRIE TEXTILE

LE MÉTIER CONTINU A FILER [1]

(*Suite et fin.*)

RÉSISTANCE DE L'AIR S'OPPOSANT AU MOUVEMENT DU FIL BALLON (R_B) (fig. 4). — Lorsqu'une surface F se déplace normalement à elle-même, à la vitesse de V (*m/sec*), l'air lui oppose une résistance :

$$W = 0{,}13\,F \times v^2 (kg).$$

Nous supposerons, pour le calcul de cette résistance, que l'élément de fil a une surface rectangulaire de 1 cm de longueur et d'une largeur égale au diamètre du fil. Si on calculait ce diamètre, en prenant pour base le numéro du fil et le poids spécifique, on obtiendrait une valeur trop faible, car le fil considéré n'a pas d'homogénéité, mais est en réalité de structure lâche.

Ainsi, pour un fil n° 20 et d'un diamètre mesuré $= 0^{mm},1$, la surface correspondante est :

$$F_{12} = 10 \times 0{,}1 = 1\ mm^2.$$

Le rayon de rotation étant $r_{12} = 28^{mm},5$ et la vitesse :

$$v_{12} = \frac{2\pi\,8\,000}{60} \times 0{,}0205.m/s. = 23{,}9.m/s.$$

La résistance de l'air :

$$R_{12} = 0{,}12 \times F \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 r^2_{12} (kg). = 0{,}12 \times 1 \times 10^{-6} \times 23{,}9^2 \times 10^3 = 0\ gr\ 068.$$

La résistance de l'air pour tout le fil ballon est :

$$R_B = 0{,}12 \times F \times \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 (r_1^2 + r_2^2 + \dots r_n^2) = 0{,}12 \times 1 \times \left(\frac{\pi . 8\,000}{30}\right)^2 \times 8\,140 \times 10^{-9} = 0\ gr\ 68.$$

Elle devrait être décomposée en ses composantes tangentielles, comme l'a été la résultante des forces centrifuges. On obtiendrait ainsi les tensions Q_R et U_R qui, par combinaison avec Q_c et U_c, donneraient les tensions totales Q et U, agissant respectivement au curseur et au guide-fil d'entrée. Le procédé graphique sera remplacé ici de préférence par un simple raisonnement, car il n'est pas possible de déterminer exactement par photographie le ballonnement résultant de la résistance de l'air.

La force centrifuge et la résistance de l'air agissent sur le fil d'une façon analogue, mais la première exerce son action radialement, tandis que l'autre l'exerce tangentiellement. Pour entrer dans la composition de la tension Q requise, elles seront réparties naturellement, en tenant compte de leurs valeurs absolues et elles agiront d'une façon analogue lors de leur décomposition. En réalité, les essais faits sur de grands ballons de 1 à 2 m de diamètre et de 2 à 3 m de longueur, ont confirmé que le ballonnement latéral est approximativement égal au ballonnement radial. Or, comme $C_B = 7$ gr 25 est, d'après le calcul, environ dix fois supérieur à la résistance de l'air $R_B = 0$ gr 68, il suffit d'augmenter les tensions Q_c et U_c de 10 °/₀ et de les regarder comme tensions totales Q et U ; on aura ainsi :

Lors du renvidage sur bobine pleine (fig. 7) :

$$Q_D = 1{,}1 \times 12{,}6 = 13\ gr\ 9$$
$$V_D = 1{,}1 \times 13{,}4 = 14{,}gr\ 8$$

Lors du renvidage sur tube nu (fig. 8) :

$$Q_d = 1{,}1 \times 17{,}4 = 19\ gr\ 2$$
$$V_d = 1{,}1 \times 18{,}0 = 19\ gr\ 8$$

Poids G_L du curseur. — 1.000 curseurs n° 3 pèsent 75 gr donc

$$G_L = 0\ gr\ 075.$$

Cette force est négligeable vis-à-vis des autres.

Force centrifuge C_L du curseur :

$$C_L = \frac{0{,}075}{9.81} \times \left(\frac{\pi\,8\,000}{30}\right)^2 \cdot 23 \times 10^{-3}\ grammes.$$
$$C_L = 124\ gr.$$

Les valeurs de f, déterminées par des essais pratiques faits dans des conditions normales, sont comprises entre 1,87 et 2,2.

Les tensions du fil P entre le curseur et la bobine sont :

$$P_D = 1{,}87 \times 13{,}9 = 26\ gr$$
$$P_d = 2{,}2 \times 19{,}2 = 42\ gr\ 3$$

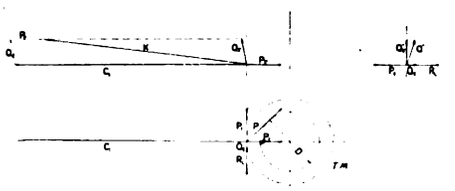


FIG. 9. — Forces agissant sur le curseur dans l'exemple calculé (grand diamètre de bobine).

Elles varient donc d'environ 60 °/₀ suivant que le renvidage se fait sur le grand diamètre (fig. 5) D = 32 mm, correspondant à une bobine pleine, ou sur tube nu (fig. 6), d'un diamètre $d = 16$ mm.

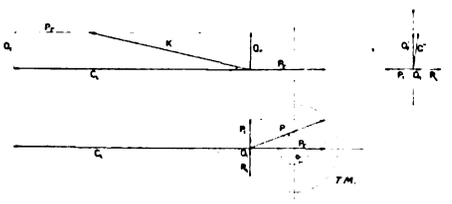


FIG. 10. — Forces agissant sur le curseur dans l'exemple calculé (petit diamètre de bobine).

Les tensions critiques X entre le guide fil et le système étireur sont environ 10 °/₀ plus faibles que les tensions V, à cause du frottement dans le guide-fil, d'où :

$$X_D = 0{,}9 \times 14{,}8 = 13\ gr\ 3$$
$$X_d = 0{,}9 \times 19{,}8 = 17\ gr\ 8$$

Elles varient donc dans ce cas de 35 °/₀.

Les figures 9 et 10 montrent les rapports de grandeur des diverses tensions agissantes et permettent de suivre, pour ainsi dire, la marche de l'opération, et d'apprécier à chaque instant l'influence de chaque tension en particulier.

Etant donné les petites inexactitudes de la méthode, la valeur de la force faisant équilibre au frottement R_L, obtenue en soustrayant Q_t de P_t est à peu près la même dans les deux cas.

Ceci correspond d'ailleurs à la supposition que nous avons faite au début (fig. 3), mais on reconnaît maintenant que la composante P_r est capable d'équilibrer une fraction importante de la force centrifuge G_L du curseur, et de diminuer, par conséquent, la pression résultante K du curseur sur l'anneau.

Le frottement R_L ne devrait donc pas varier de seulement 8 °/₀ (13 à 12 gr), mais bien à peu près en proportion des pressions

**

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 2 (15 janvier 1913), p. 49.

Digitized by Google

normales K_D à K_d (106 à 86 gr), c'est-à-dire d'environ 20 °/₀ si l'on suppose un coefficient de frottement μ constant.

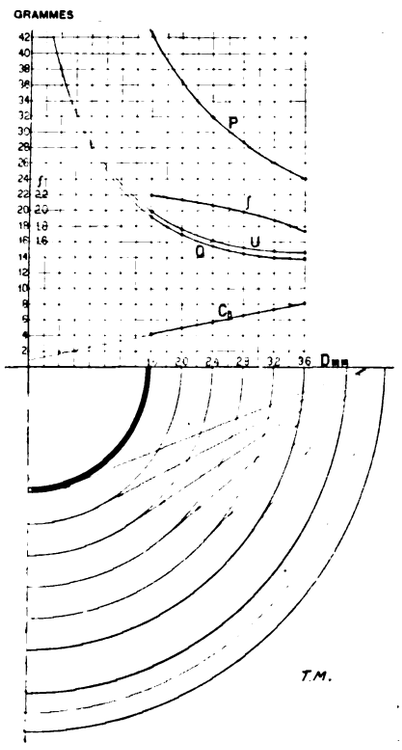


FIG. 11. — Tensions en fonction du diamètre de renvidage pour une couche de la bobine.

On a déduit des valeurs extrêmes calculées plus haut, et de quelques valeurs intermédiaires dont il n'est pas question dans ce qui précède, les courbes représentatives de la variation des différentes tensions pendant le renvidage.

La figure 11 est toute intuitive : il est bon toutefois de faire remarquer que, pour des diamètres de tubes décroissants jusqu'à $d = 0$, les tensions P, Q et U croîtraient au delà de toutes limites, tandis, qu'au contraire, la force centrifuge C_R diminuerait constamment pour tendre vers $C_R = 0$, quand la ligne du ballon tendrait à devenir une droite (¹).

INFLUENCE DE LA POSITION DU CHARIOT. — En dehors de l'exemple donné, la figure 12 représente les résultats d'une autre expérience pratique dont l'intérêt est de montrer l'influence qu'exerce, sur la variation des forces agissantes, la position du chariot par rapport au guide-fil.

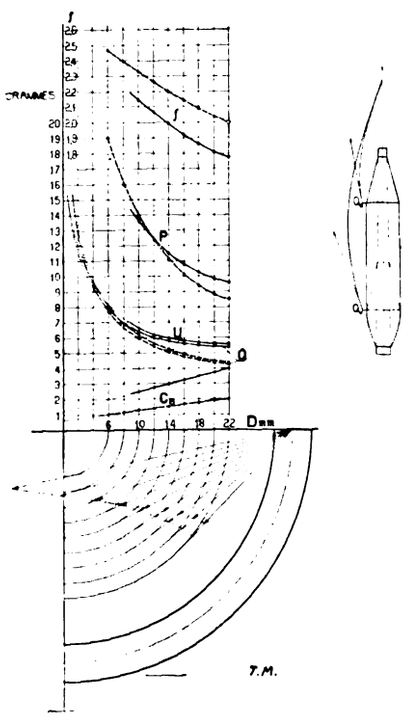


FIG. 12. — Tensions en fonction des diamètres de renvidage pour une position inférieure et une position supérieure d'une couche de la bobine.

Numéro du filé : 40 anglais (34 français).

Diamètre de l'anneau : 1 1/8″ = 28 mm.

Curseur : n° 7/0.

Tours de broches : 10 000.

Il ressort de la figure 12 que les forces elles-mêmes, au début et à la fin de la levée, ne sont que très peu influencées; elles le sont principalement par la modification de l'angle entre les tensions P et Q, et par suite par la variation du facteur *f*.

CONCLUSIONS. — Le jugement à porter sur la marche du métier continu à filer à vitesse constante peut, en se basant sur les courbes précédentes, se résumer en cinq points :

1° Dans la marche à vitesse constante, la tension du fil, entre le curseur et la bobine, varie beaucoup avec le diamètre de renvidage. Il s'ensuit une formation imparfaite de la bobine, dont les couches internes sont bien serrées, alors que la partie extérieure ne l'est pas assez. La bobine présente donc peu de consistance;

2° Dans la marche à vitesse constante, la tension au guide-fil, et entre le guide-fil et le système étireur, varie également beaucoup avec le diamètre de renvidage. Ces tensions sont, il est vrai, plus faibles que celles qui se développent entre le curseur et la bobine, mais, par contre, la résistance du fil non tordu, à la sortie des cylindres, est très faible en comparaison de celle du fil qui a subi la torsion; il y a donc toujours à cet endroit non seulement danger de casse, mais encore étirage irrégulier, ce qui nuit à la qualité;

3° Dans la marche à vitesse constante, les phénomènes mentionnés ci-dessus (1° et 2°) se répètent pour toutes les positions du chariot; mais la variation de tension qui se produit, suivant que le fil est renvidé sur grand ou sur petit diamètre, est plus prononcée pour les positions supérieures du chariot, vers la fin de la levée, que pour les positions inférieures, au commencement de la levée. Il est intéressant de remarquer que si on suppose que le renvidage a lieu constamment sur même diamètre, la tension du fil diminue au fur et à mesure que le chariot se rapproche du guide-fil, alors qu'elle est maximum lors de la formation du noyau;

4° Quand le renvidage a lieu sur grand diamètre, il se forme un ballon plus large; quand il a lieu sur petit diamètre, le ballon est moins prononcé;

5° Quand le chariot arrive à la partie supérieure de sa course, le ballon disparaît presque complètement, ce qui augmente considérablement les chances de casse et amoindrit la qualité. Chaque fois qu'il se forme de petits nœuds ou d'autres irrégularités, il se produit, au passage du curseur, des tensions momentanées qui atteignent plusieurs fois la valeur normale. Si le ballon est peu prononcé, ces tensions ne se propageant pas jusqu'au système étireur, ont seulement pour effet de provoquer un rétrécissement momentané du ballon. Le phénomène est facilement perceptible, et il est évident que l'élasticité du ballon, qui joue le rôle d'intermédiaire, amoindrit considérablement les inconvénients causés par l'irrégularité du fil.

La disparition du ballon se produit donc justement quand les tensions atteignent leurs valeurs maxima; la vitesse constante du métier est déterminée par des circonstances qui ne se présentent que passagèrement dans le cycle du filage, mais qui empêchent de la dépasser, quoiqu'elles n'intéressent qu'une faible fraction de la durée de la levée. Le nombre de tours du métier pourrait donc être augmenté sensiblement pendant la plus grande partie du temps de la formation de la bobine par rapport à sa valeur dans la commande à vitesse constante; en d'autres termes :

Les ressources productives du métier continu ne sont pas, à beaucoup près, convenablement utilisées dans le travail à vitesse constante. Cet inconvénient de la commande à vitesse constante est-il compensé par certains avantages? Au contraire, car cette commande, dite régulière, a pour conséquence qu'on n'arrive à produire ni un filage ni un renvidage parfaits.

On est donc très limité dans l'emploi du métier continu à filer, puisqu'il faut en exclure les matières premières de qualité médiocre, et ne travailler que du bon fil de préparation soigneusement cardé. Si l'on renvide sur des tubes épais, ou si l'on réduit la différence entre les diamètres extrêmes de la bobine, on utilise mal l'espace disponible, la machine et la main-d'œuvre.

PERFECTIONNEMENTS. — On a tâché de remédier à ces inconvénients, tout au moins en partie, en donnant au système étireur une certaine inclinaison, afin que le fil subisse une torsion dès qu'il en sort et devienne ainsi plus résistant, ou en appliquant des dispositifs d'antiballonnement qui devraient rendre possible, avec des curseurs plus légers, un renvidage plus régulier.

On a aussi essayé de rendre la longueur du fil ballon constante, en faisant varier la position du guide-fil par un mouvement

Digitized by Google

synchrone de celui du chariot. Tous ces dispositifs, peu employés dans la pratique, offrent tous l'inconvénient de ne pouvoir comporter aucune amélioration sensible, à cause des inconvénients résultant de la variation de tension du fil, dont ils sont indépendants.

Le seul moyen de généraliser l'emploi du continu à filer, c'est de lui appliquer la commande à vitesse variable pendant la levée.

Influence du nombre de tours. — La force centrifuge du fil ballon, la résistance de l'air qui s'oppose à son mouvement, la force centrifuge du curseur et le frottement du curseur contre l'anneau, sont tous proportionnels au carré du nombre de tours.

Il en est de même pour toutes les tensions de fil qui existent entre la bobine et les cylindres étireurs, puisqu'elles font équilibre aux dites forces. Quand on passe d'un nombre de tours à un autre, toutes ces forces augmentent ou diminuent donc dans la même proportion, sans qu'il y ait de changement apparent pour les mêmes diamètres et pour des positions identiques du chariot.

On pourrait penser que, pour une variation très rapide de la vitesse, la tension P doive augmenter du fait de l'inertie du curseur. Le calcul de la force nécessaire pour produire l'accélération du curseur, dans des conditions normales, montre toutefois que la valeur de cet accroissement est négligeable vis-à-vis de celle de la tension totale P. En effet, si le nombre de tours de broche s'élève, par exemple, en cinq secondes, de 8 160 à 9 650, les nombres de tours correspondants du curseur étant de 8 000 et de 9 500, l'accélération totale du curseur sera de $19^m,3$ à $22^m,9$, d'où en une seconde :

$$b_L = \frac{22,9 - 19,3}{5} = \frac{3,6}{5} = 0\text{ m }72.$$

La force nécessaire pour produire cette accélération sera :

$$B_L = M_L . b_L = \frac{G_L}{9,81} b_L = \frac{0,075}{9,81} \cdot 0\text{ gr }72 = 0\text{ gr }0055.$$

Variation du nombre de tours. — La relation entre le nombre de tours et les tensions qui s'exercent sur le fil étant connue, il devient naturel d'en rechercher l'application rationnelle pour diminuer les tensions trop fortes et ramener, à une valeur normale, les tensions trop faibles.

On peut se placer pour utiliser la variation du nombre de tours à des points de vue différents. On peut se proposer de réaliser des tensions de fil constantes pour tous les diamètres, d'adapter la vitesse aux formes variables du ballon, ou enfin de combiner ces deux problèmes.

On réalisera la condition de régularité de tension du fil soit pour la partie comprise entre le système étireur et le guide fil, soit pour celle comprise entre le curseur et la bobine, suivant que l'on voudra s'attacher plus spécialement à régulariser le danger de casse et la quantité du fil, ou réaliser un renvidage absolument régulier.

Que l'on adopte d'ailleurs l'un ou l'autre de ces points de vue pour appliquer la variation de vitesse, on trouvera toujours que l'amélioration de la qualité est intimement liée à une augmentation de la production; en d'autres termes, celui qui augmente la production de son continu par variation du nombre de tours, améliore toujours en même temps la qualité de son produit.

Il ne s'agira jamais de réduire les tensions jusqu'aux valeurs les plus petites atteintes dans le cas du nombre de tours constant, mais seulement de les faire croître jusqu'aux plus grandes valeurs admissibles dans ce cas.

C'est ainsi que, si la tension du fil sur le guide-fil varie avec le diamètre, comme il est indiqué dans la figure 13, courbe I, on s'efforcera d'atteindre à l'avenir la valeur constante correspondant à la ligne II, ou par exemple à la ligne III, si on veut couper les pointes extrêmes.

Si on règle la vitesse en tenant compte de la dimension du ballon, c'est-à-dire en admettant une tension constante du fil à la sortie du cylindre, on doit conserver pour toutes les positions supérieures du chariot, renvidant sur le plus petit diamètre du tube nu, le nombre de tours possible dans le cas de commande à vitesse constante, mais on peut par contre élever le nombre de tours pour toutes les positions inférieures. Ce n'est que pour la formation du noyau qu'on adoptera de préférence une vitesse réduite.

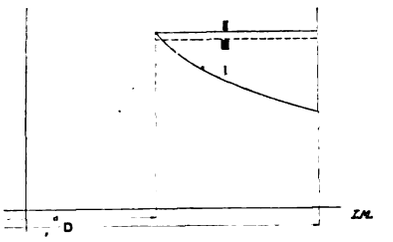


Fig. 13. — Schéma des tensions variables et constantes.

La figure 14 montre la valeur correspondante des tensions et des nombres de tours de broches pour différentes vitesses, de telle façon que la tension reste constante au guide-fil, quel que soit le diamètre de la bobine.

Cette tension constante et normale a été abaissée un peu au-dessous de la valeur qu'elle atteint en pointes à vitesse constante (comme par exemple suivant le tracé III de la fig. 13). La figure 15 représente ce réglage pendant le cours d'une levée.

La figure 14 a pour bases les données pratiques suivantes :

Fil n° 40 anglais;

Curseur n° 8/0;

Diamètre de l'anneau $1'1/8 = 28$ mm.

Dans cet exemple, la vitesse varie pendant la plus grande partie de la levée de 10 500 (renvidage sur petit diamètre) à 11 600 tours (grand diamètre); vers la fin de la levée, les valeurs limites sont de 9 700 et 13 100 tours.

La tension du fil U au guide-fil est constante et inférieure de 6 °/₀ environ à la valeur maximum atteinte dans le cas du nombre de tours constant (fig. 12). La tension du fil P, entre le curseur et la bobine, croît de 24 °/₀ dans les conditions les plus défavorables, tandis que, dans le cas du nombre de tours constant, l'accroissement maximum a été de 123 °/₀. La valeur maximum de cette tension est ici d'environ 7 °/₀ inférieure à celle qu'on atteint dans le cas du nombre de tours constant.

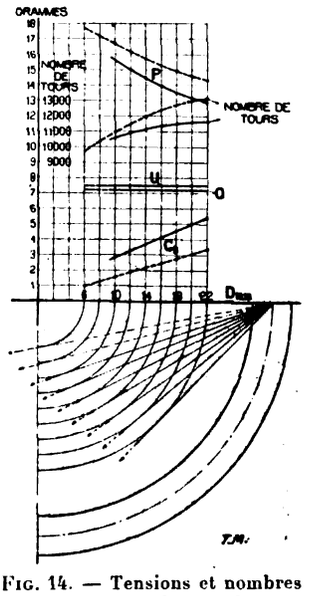


Fig. 14. — Tensions et nombres de tours pour des couches supérieures et inférieures de la bobine en supposant la tension du guide-fil constante.

Bien qu'on ne soit pas arrivé à des valeurs de tensions aussi élevées que dans le cas de la commande à vitesse constante, on constate une augmentation de production d'environ 15 °/₀; cette augmentation est encore d'environ 13 °/₀ si on renvide le noyau à vitesse réduite.

Cette augmentation de production est favorisée par ce fait qu'on renvide plus longtemps sur les grands diamètres que sur les petits, grâce à la plus grande longueur de fil nécessaire pour former une spire; c'est ce que montre la figure 15, par l'arrondi, vers le haut, de la courbe représentative de vitesse.

On doit choisir, dans chaque cas, celui des points de vue discutés plus haut, d'après lequel on doit opérer le réglage, ainsi que les valeurs à donner à la vitesse. Il faut remarquer que l'exemple donné plus haut ne réalise pas un cas exceptionnellement favorable; en effet, l'augmentation de production peut, dans certaines conditions, atteindre même 25 °/₀, car la commande électrique individuelle permet la réalisation de vitesses plus élevées que la commande par courroie, même si l'on ne tient pas compte du réglage.

Digitized by Google

On doit examiner différents points d'importance secondaire, lors du réglage du nombre de tours au continu. On doit choisir le curseur en tenant compte du plus grand ballon admissible ; il est recommandable, dans certaines circonstances, de produire le

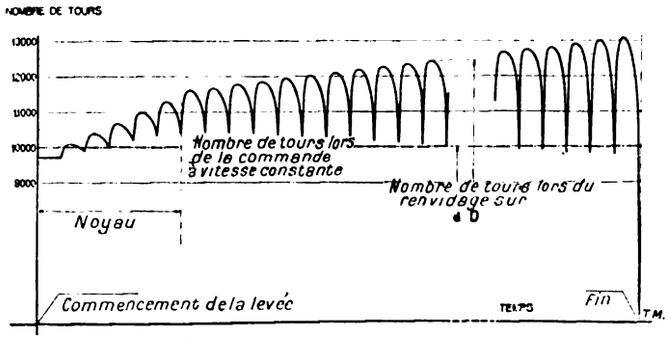


FIG. 15. — Réglage du nombre de tours sans tenir compte de la grandeur du ballon. Tension constante du guide-fil pendant la période principale et la fin du renvidage ; tension réduite pour la formation du noyau.

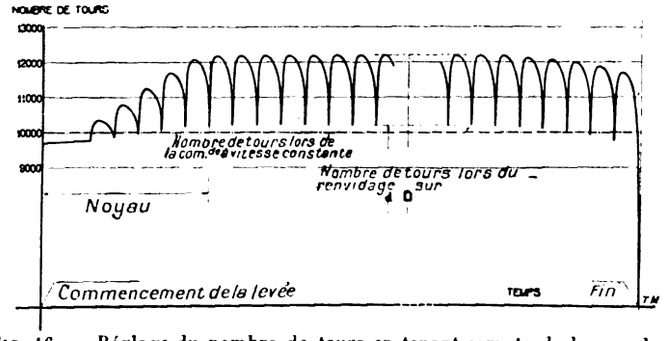


FIG. 16. — Réglage du nombre de tours en tenant compte de la grandeur du ballon. Tension réduite vers la fin du renvidage.

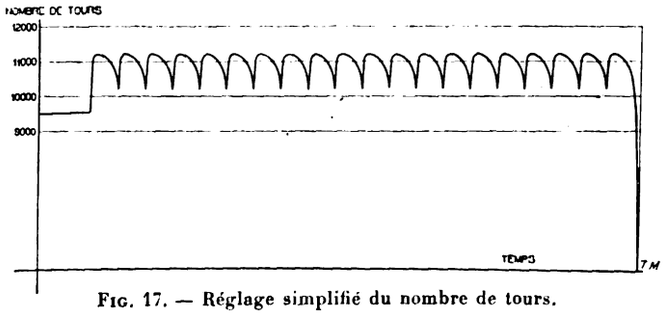


FIG. 17. — Réglage simplifié du nombre de tours.

mouvement de montée et d'abaissement du chariot un peu moins rapidement, et de changer éventuellement la hauteur de couche ; un fil grossier nécessite un autre travail qu'un fil fin. On peut avoir en vue une augmentation de la production ou une amélioration du produit. En résumé, on a la faculté, avec un continu réglable, de pouvoir remplir une série de conditions qui jusqu'ici avaient été complètement négligées ou satisfaites d'une manière tout à fait imparfaite.

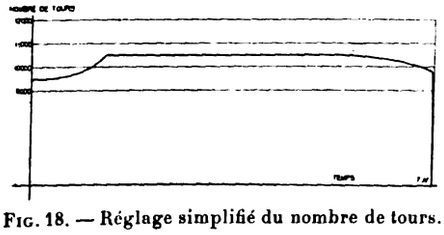


FIG. 18. — Réglage simplifié du nombre de tours.

La figure 16 montre la variation du nombre de tours pendant une levée, dans un cas où l'on a tenu compte de la formation du noyau, de la tension du fil et de la grandeur du ballon.

On peut naturellement se contenter d'un réglage plus approximatif si, par exemple, les appareils nécessaires pour le réaliser doivent être sensiblement plus simples (fig. 17).

Si on veut tenir compte seulement de la formation du noyau et de la grandeur du ballon, on peut adopter (fig. 18) un réglage, par réduction de la vitesse vers la fin de la levée, permettant en même temps d'éviter d'arriver au maximum de l' (fig. 12).

VARIATION DU NOMBRE DE TOURS. — On indiquera brièvement la commande par courroie et l'emploi des poulies-cônes ; ces dispositions n'ont pas fait leurs preuves et ne doivent même plus être envisagées dans une filature moderne (1).

COMMANDE ÉLECTRIQUE INDIVIDUELLE AVEC VARIATION DU NOMBRE DE TOURS. — D'après ce qui précède, cette commande doit permettre, en première ligne, que le couple moteur puisse varier progressivement entre des limites déterminées ; la variation de vitesse doit s'effectuer non seulement sans secousse, mais aussi en un laps de temps réduit quelconque. Il est nécessaire, en second lieu, qu'elle travaille avec un bon rendement pour chaque nombre de tours à réaliser et, enfin, qu'elle soit d'une construction très simple ; on assure ainsi la commodité du service et la sécurité de l'exploitation.

Électriquement, il existe, pour obtenir les variations de vitesse, plusieurs procédés qu'on va énumérer brièvement en exposant leurs avantages et leurs inconvénients.

1° *Moteur à courant continu à réglage du champ.* — Ce procédé de réglage de la vitesse est économique et rationnel, mais présente différents inconvénients.

Le collecteur et les balais demandent un entretien attentif et continuel et peuvent donner naissance à des étincelles, ce qu'il faut absolument éviter dans une filature. Le rendement de ces moteurs est en général élevé, mais ce mode de commande ne peut être avantageux que si l'on dispose de courant continu en quantité suffisante et sous une tension convenable. De plus en plus, les fabriques se branchent sur les réseaux à courant alternatif des grandes centrales et la transformation en courant continu donne lieu à une perte d'au moins 15 %.

2° *Moteur triphasé à bagues et réglage de la vitesse par résistances intercalées dans l'induit.* — Ce réglage irrationnel cause une grande perte d'énergie ; de plus, la constance de la vitesse, n'est pas suffisamment assurée par suite de la variation du couple.

3° *Moteur triphasé à induit en court-circuit et réglage de vitesse par variation du nombre de pôles.* — Le moteur triphasé, placé sur un petit socle en fonte, est accouplé au métier par l'intermédiaire d'un manchon élastique. Devant le moteur, à la même hauteur que la commande du porte-anneau, est fixé, sur le socle, un coffret fermé contenant le commutateur interrupteur et les fusibles. Le moteur possède deux enroulements qui lui donnent deux vitesses différentes. L'induit du type en « court-circuit » est spécialement étudié pour permettre un démarrage très régulier. Les moteurs ordinaires à induit en court-circuit ont en effet un démarrage difficile et lent au début, mais qui, s'accélérant tout d'un coup, peut causer des ruptures de fils dans les métiers.

Par suite de sa construction spéciale, le moteur démarre avec un couple considérable, sans donner pour cela à la machine une accélération dangereuse pour les fils ; il atteint automatiquement et tout à fait graduellement sa vitesse normale.

Le filage a lieu de la façon suivante : le courant est envoyé dans le moteur, au moyen du commutateur (sans l'intermédiaire de résistances) et le démarrage se fait dans la position correspondant à la faible vitesse, qui est à peu près celle des anciennes transmissions mécaniques. Le moteur met le métier en mouvement et l'opération commence. Une fois que quelques couches sont enroulées sur la bobine, c'est-à-dire après environ un quart d'heure ou une demi-heure de marche, on passe à la marche à grande vitesse que l'on maintient jusque vers la fin du filage ; pendant ce temps, qui comprend la période la plus longue d'une opération, la machine tourne à grande vitesse et

(1) Voir la revue *L'Industrie textile*, 1909.

Digitized by Google

peut fournir une quantité notablement supérieure de marchandise. Un peu avant le remplissage complet de la bobine, on revient à la faible vitesse pour ne pas trop serrer les dernières couches.

Ce moteur permet d'augmenter d'une façon simple la production des machines et de filer des numéros de fils différents avec la même machine; il suffit de choisir la vitesse s'adaptant le mieux à la quantité de la matière. Le filateur a donc le moyen d'augmenter la variété des produits qu'il peut manufacturer avec la même machine.

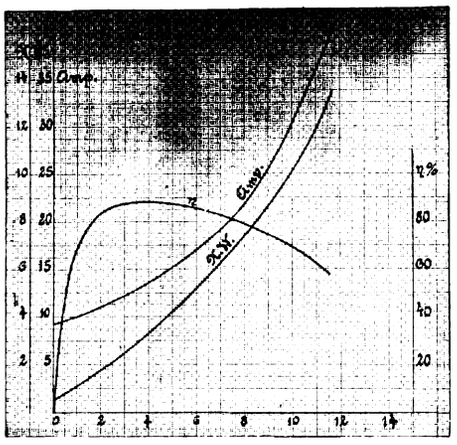


Fig. 19. — Diagrammes correspondant à la plus grande vitesse d'un moteur pour métier à filer.

Les progrès réalisés dans la technique des moteurs monophasés à collecteur place aujourd'hui, au deuxième plan, ce procédé de réglage de vitesse par variation du nombre de pôles, mais on doit insister sur son rendement qui atteint, dans le cas 83 % (marche à faible vitesse) même 88 % (vitesse maximum). Ces rendements particulièrement élevés ne sont relevés que sur des moteurs très soigneusement construits.

Les courbes caractéristiques de la figure 19 peuvent être choisies de façon que les maxima des rendements (petite et grande vitesse) soient réalisés pour les puissances moyennes fournies réellement par le moteur. Le fournisseur du moteur et le constructeur du métier devront s'entendre à cet effet, car le constructeur connaît exactement par expérience les puissances nécessaires à l'entraînement des métiers de sa fabrication, pour les différents nombres de broches et les différentes sortes de fil; l'électricien, se basant sur ces données, peut alors calculer le moteur en vue du rendement le plus favorable.

Le filateur peut donc apporter ainsi des améliorations importantes dans son exploitation et se procurer d'emblée les machines les plus rationnelles; en faisant une commande nouvelle, il se mettra en relation à la fois avec les constructeurs des parties mécanique et électrique et obtenir une garantie déterminée de consommation d'énergie électrique par kilogramme de fil produit.

Des essais ont eu lieu à ce point de vue dans une filature, avec un moteur actionnant un métier à filer sortant d'une maison de premier ordre : le nombre des broches était de 336, le moteur pouvait développer de 4 à 6 1/2 chevaux à 710 et 960 tours. Les essais, très complets, ont donné des résultats excellents.

La consommation d'énergie pendant les différentes phases du filage accusait les valeurs suivantes :

PÉRIODE de filage	CONSOMMATION moyenne d'énergie électrique en watts	CONSOMMATION d'énergie par 100 broches en watts
—	—	—
1/4	3 860	1 150
1/2	3 975	1 100
3/4	4 085	1 215
1/1	4 185	1 240
Moyennes . .	4 026	1 190

La consommation d'énergie nécessaire pour filer 1 kg n° 32 étant en moyenne de 1 kw-h 45, la production du métier a été de 8 gr 2 par broche et par heure. La qualité était excellente et le nombre de ruptures pendant le filage négligeable.

D'autres essais ont permis de constater que l'énergie consommée par kilogramme de fil des numéros moyens reste sensiblement la même: pour les fils plus fins, la différence peut atteindre 2 % environ.

4° *Moteur monophasé à collecteur* (*Système Déri*). — La Société Brown-Boveri, qui exploite le brevet Déri (1), est arrivée depuis quelques années à mettre au point un moteur monophasé à collecteur, répondant parfaitement aux conditions énumérées précédemment pour la commande du métier continu à filer.

Dans les filatures où les métiers continus devront être commandés par ces moteurs, l'installation électrique sera triphasée et on répartira les moteurs monophasés à collecteur en nombre égal sur chaque phase. Tous les autres moteurs à vitesse constante nécessaires seront des moteurs d'induction triphasés.

Le moteur monophasé à collecteur, construit par la Compagnie électro-mécanique, a un bobinage de stator excessivement simple offrant toute sécurité et établi pour marcher sans interposition de transformateur, même dans les petits moteurs, pour un voltage de 500 volts et plus. Dans l'enroulement du rotor, tout à fait indépendant de celui du stator, règne un faible voltage, atteignant tout au plus 100 volts au démarrage, et environ 10 volts en marche normale. Le démarrage, la variation du nombre de tours et l'arrêt sont réalisés uniquement par déplacement des balais.

Au démarrage, on dispose d'un couple moteur multiple du couple normal et on peut faire croître ce couple lentement, à volonté et sans à-coups, de la valeur 0 à la valeur maximum. Au moment où l'on ferme l'interrupteur, le courant est environ 1/3 du courant normal, puis il croît progressivement, suivant le couple nécessaire, jusqu'à 1,5 à 2 fois la valeur du courant normal.

Par un simple réglage de la position des balais, il est facile de réaliser, pendant la marche, la vitesse exactement désirée, dans les limites possibles pour le métier, sans variation sensible du rendement.

Au démarrage, comme lors d'une augmentation de couple pendant la marche, le champ du moteur se renforce en même temps que l'appel de courant est plus fort, si bien que le moteur peut prendre une accélération très rapide avec une consommation de courant relativement faible.

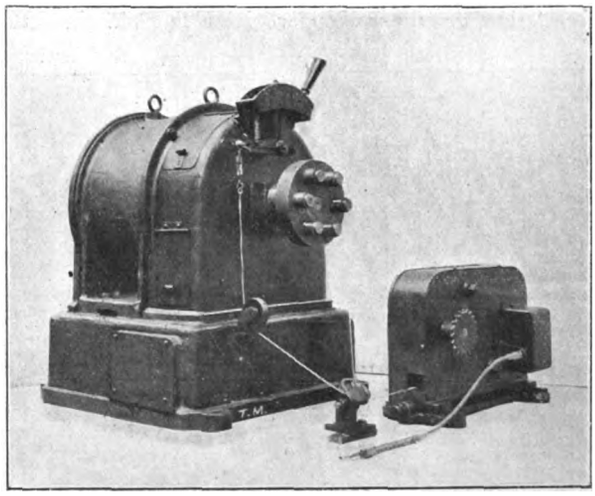


Fig. 20. — Moteur monophasé à collecteur, système Déri, pour commande de métier à filer avec réglage automatique de nombre de tours. Type complètement fermé 10 HP 500 volts 50 périodes, vitesse variable de 750 à 1 100 tours minute.

(1) Ces moteurs sont construits en France par la Compagnie électromécanique.

Digitized by Google

La conduite du moteur, muni on non d'appareil automatique, est des plus simples.

On effectue la mise en marche en déplaçant un levier que l'on doit ramener sur un repère bien visible; pour l'arrêt, on ramène le levier dans sa position initiale.

Le déplacement des balais pour réaliser les variations de vitesse désirées pendant la levée, s'effectue par l'intermédiaire d'un appareil automatique qu'on met au point une fois pour toutes et dont le personnel n'a pas à se préoccuper. La machine peut à volonté être arrêtée ou remise en marche aussi souvent qu'on veut pendant la levée, sans que la variation de vitesse à réaliser se trouve pour cela influencée dans son cours.

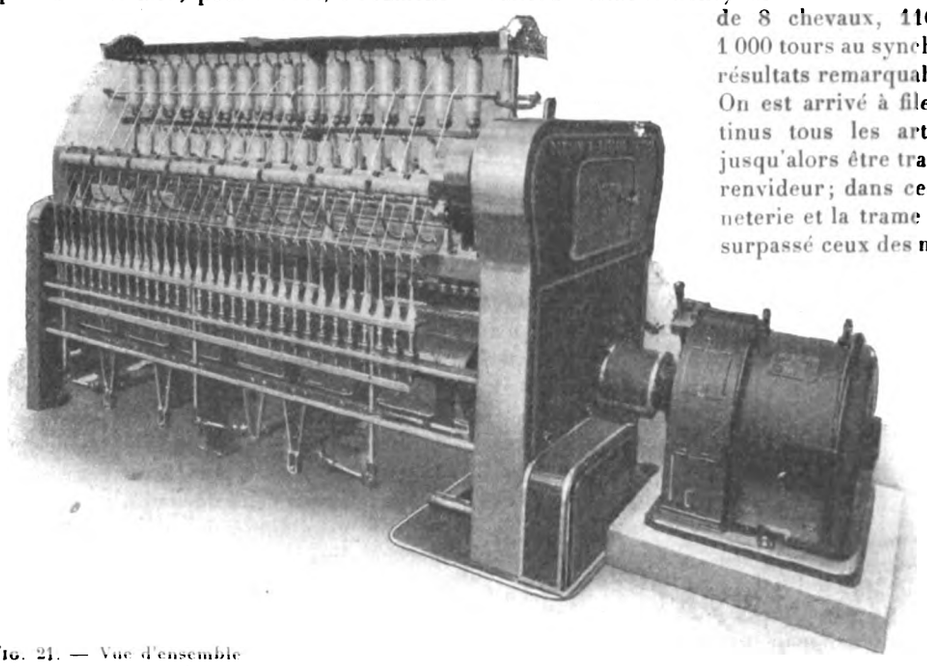


Fig. 21. — Vue d'ensemble d'un moteur monophasé à collecteur, de l'appareil automatique et d'une machine à filer.

L'appareil automatique est commandé par le métier; il produit le déplacement des balais au moment approprié et avec une vitesse convenable; il peut s'adapter facilement à chaque type de métier, mais sa forme et son mode d'action diffèrent naturellement suivant la construction des machines auxquelles on l'applique.

La figure 20 représente un moteur monophasé à collecteur système Déri (type complètement fermé) avec appareil automatique de réglage.

La variation de vitesse s'opère ici à la main, ou automatiquement et le dispositif permet de réaliser les conditions de la figure 18.

La figure 21 représente un moteur monophasé à collecteur, avec appareil automatique et machine à filer. Enfin, les figures 22 et 23 représentent des filatures équipées avec des moteurs monophasés à collecteur système Déri, construits en France par la Compagnie électro-mécanique du Bourget (Seine).

Des essais effectués chez MM. Chazy-Marduel frères, Polot et Vallet à Gleizé (Rhône) sur des moteurs monophasés à collecteur de 8 chevaux, 110 volts, 50 périodes, 1 000 tours au synchronisme, ont donné des résultats remarquables à tous points de vue. On est arrivé à filer sur des métiers continus tous les articles qui n'avaient pu jusqu'alors être travaillés que sur le métier renvideur; dans certains cas, pour la bonneterie et la trame 28, 34, les résultats ont surpassé ceux des métiers renvideurs; cette surproduction est uniquement due aux torsions très faibles données aux fils.

Essais avec moteur monophasé à collecteur muni d'un appareil automatique de réglage de vitesse.

1° *Cotons asiatiques* en numéros moyens : 11 à 20 bobines ont été très bien filées sans casses;

2° *Cotons Américains* :

a) Chaîne : 28 écru vitesse majorée sans casses de 12 °/₀;

b) Bonneterie 16 : torsion floche obtenue comme au self-acting;

c) Canettes de tous calibres en numéros mi-fins de 20 à 34 : torsion trame et même trame floche obtenue sans casses;

Essais sur cotons teints de toutes nuances pour la bonneterie et pour la mercerie.

A) *Essais sur* 100 *bobines tubes lourds en carton* (*Chaîne*) :

1° Nuance : Jaspé noir, mèche 40 noir, mèche 40 écru : cotons asiatiques contenant 40 °/₀ Broach et 60 °/₀ Adana (moyenne de 18 à 20 mm).

Torsion : 38.

Tours : 7 500, 8 000-9 200, 7 500-8 300.

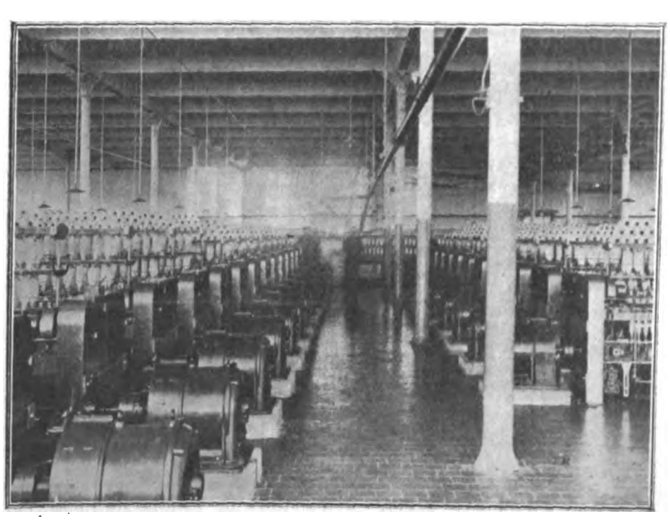


Fig. 22. — Salle de filature des Établissements P. Desurmont et Cie, à Tourcoing (Nord), comportant 28 moteurs monophasés à collecteur de 9 chevaux, 220 volts, 50 périodes, 700 à 1 100 tours minute.

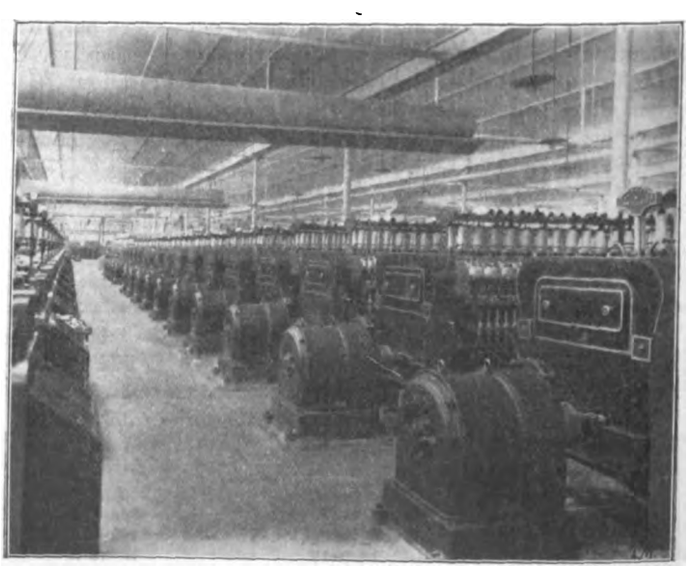


Fig. 23. — Salle de filature de MM. P. Journé et Cie, au Raboteau, par Moyenmoutiers (Vosges), comprenant 50 moteurs monophasés à collecteur de 7 chevaux, 500 volts, 50 périodes, 700 à 1 100 tours minute (équipée par la Compagnie électromécanique).

Digitized by Google

Numéro du fil obtenu : 16.
Casses : 16.
Moyenne des essais dynamométriques : 32 kg pour 100 m.
Cette force correspond à la 1/2 chaîne environ ;
2° Nuance : Jaspé noir, mèche 40 noir, mèche 40 écru : 40 % Broach, 60 % Adana.
Torsion : 32.
Tours : 7 500, 8 000-9 200, 7 500-8 300.
Numéro du fil obtenu : 18.
Casses : 10.
Moyenne des essais dynamométriques : 26 kg au 100 m.
Force comprise entre le 1/4 et la 1/2 chaîne.

B) *Essais sur* 100 *bobines tubes lourds* (*Bonneterie*) :
Coton Amérique 24-25 mm. Nuance cachou. Mèche 20.
Article courant de la filature, filé exclusivement actuellement sur renvideur.
Constantes du métier : Pignon cannelé, 56 ; change, 34 ; moteur, 25 ; torsion, 62 ; cœur, 20 ; curseur, 2 ; Rochet, 48.
Tours : 7 500, 8 200-9 800, 8 000-9 000.
Numéro du fil obtenu : 16 Bonneterie.
Casses : 15.
Moyenne des essais dynamométriques : 23 kg pour 100 m de fil.
Moyenne des essais dynamométriques avec fil renvideur : 23 kg.
On a obtenu sur métier continu, à une vitesse moyenne d'environ 10 % supérieure à celle du renvideur, une qualité de filé tout à fait comparable.

C) *Essais sur* 50 *canettes tubes en papier* 130/22 (*Trame*) :
Coton Amérique 24-25 mm.
Nuance : Jaspé noir et gris avec mèche 40 noir et mèche 40 écru.
Constantes du continu : cannelé, 56 ; change, 27 ; moteur, 25 ; torsion, 58 ; cœur, 25 ; rochet, 25 ; curseur, 2/0.
Vitesse des broches : 7 500, 7 900-9 500, 7 500-8 500.
Numéro obtenu à la romaine : 20.
Casses : 10.
Moyenne des essais dynamométriques effectués sur 100 m de fil : 21 kg, qui correspond à une torsion inférieure au 1/4 chaîne obtenu au renvideur.
Nuances : Noir uni (5 % coton asiatique, mèche 40 ; Marengo clair (Amérique), mèche 40.
Constantes du continu : cannelé, 56 ; change, 39 ; moteur, 25 ; torsion, 46 ; cœur, 25 ; rochet, 40 ; curseur, 7/0.
Vitesse des broches : 7 500, 7 900-9 500, 7 500-8 300.
Numéro obtenu à la romaine : 28.
Casses : 18.
Moyenne des essais dynamométriques sur 100 m de fil : Noir uni, 11 kg ; Marengo clair, 15 kg.

Ces deux derniers chiffres sont absolument remarquables, la moyenne des essais de canettes venant des renvideurs donnant de 17 à 18 kg.

Les casses étant insignifiantes, on se rend aisément compte de l'augmentation de production due uniquement à la torsion très faible que l'on a donnée au fil. C'est ce qu'on pourrait appeler une torsion extra-floche. Le fil, très régulier, pourrait être utilisé pour le tissage.

Nous nous sommes efforcés de faire ressortir les avantages de la commande électrique des métiers à filer ; le filateur qui mettra à profit ces améliorations modernes fera franchir à l'industrie textile une nouvelle étape dans la voie du progrès, car cette branche si importante de l'industrie a su attirer vers elle l'intérêt toujours croissant du monde scientifique et technique.

V. Sylvestre,
Ingénieur électricien A. M. et I. E. G.

MACHINES THERMIQUES

LA PRODUCTION DE LA VAPEUR

AUX NOUVELLES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ (1)

(Planche III.)

Les chaufferies des usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité comprennent (1) :

A l'usine Nord, un groupe de 10 chaudières Belleville et 10 chaudières Babcock, et un groupe de 20 chaudières Babcock.

A l'usine Sud-Ouest, un groupe de 10 chaudières Belleville et 10 chaudières Babcock.

Chacune des chaudières doit fournir par heure 10000 kg de vapeur à 16 kg en marche normale, et 14 000 kg en surcharge. Rappelons leurs caractéristiques :

	CHAUDIÈRES BABCOCK	CHAUDIÈRES BELLEVILLE
Surface de chauffe.	420 m²	320 m²
Volume d'eau.	12 m³	3m³,400
Volume de vapeur.	5m³,400	4m³,300
Surface totale de grille . .	15m²,50	14 m²
Surface du surchauffeur . .	113 m²	185 m²
Surface de l'économiseur .	240 m²	240 m²
Température de surchauffe.	325°-370° c	325°-370° c

Les économiseurs sont placés au-dessus de chaque chaudière et les carneaux de chaque rangée aboutissent à une seule et même cheminée placée dans l'axe de la rue de chauffe au-dessus de tout l'ensemble.

Nous allons décrire en détail les chaudières système Babcock et Wilcox.

Chaudières système Babcock et Wilcox. — Les chaudières du type marine des Fonderies et ateliers de la Courneuve (fig. 1, 2 et 3) sont timbrées à 16 kg. Chacune est munie d'une grille mécanique double, système Babcock et Wilcox, d'un surchauffeur de 113m² et d'un économiseur système Green de 240 tubes (Pl. III). Au lieu de 10 000 kg de vapeur prévus lors de l'établissement du projet, chacune d'elles peut produire largement 12 000 kg de vapeur à l'heure, en marche normale, et 14 000 kg en surcharge à une température comprise entre 325° et 350° C.

Le faisceau tubulaire de chaque chaudière est composé de 2 faisceaux superposés comprenant chacun 33 sections. Les sections du faisceau inférieur comportent 9 tubes en hauteur et celles du faisceau supérieur 5 tubes. Ces tubes sont en acier sans soudure ; ils ont une longueur de 3m,10 et un diamètre extérieur de 82 mm. Les tubes de coup de feu ont 5 mm d'épaisseur et les autres, 4 mm.

Les tubes de chaque section sont reliés à l'avant et à l'arrière par des collecteurs ondulés en acier forgé, dans lesquels ils sont

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 5 ; n° 2 (15 janvier 1913), p. 59.

Digitized by Google

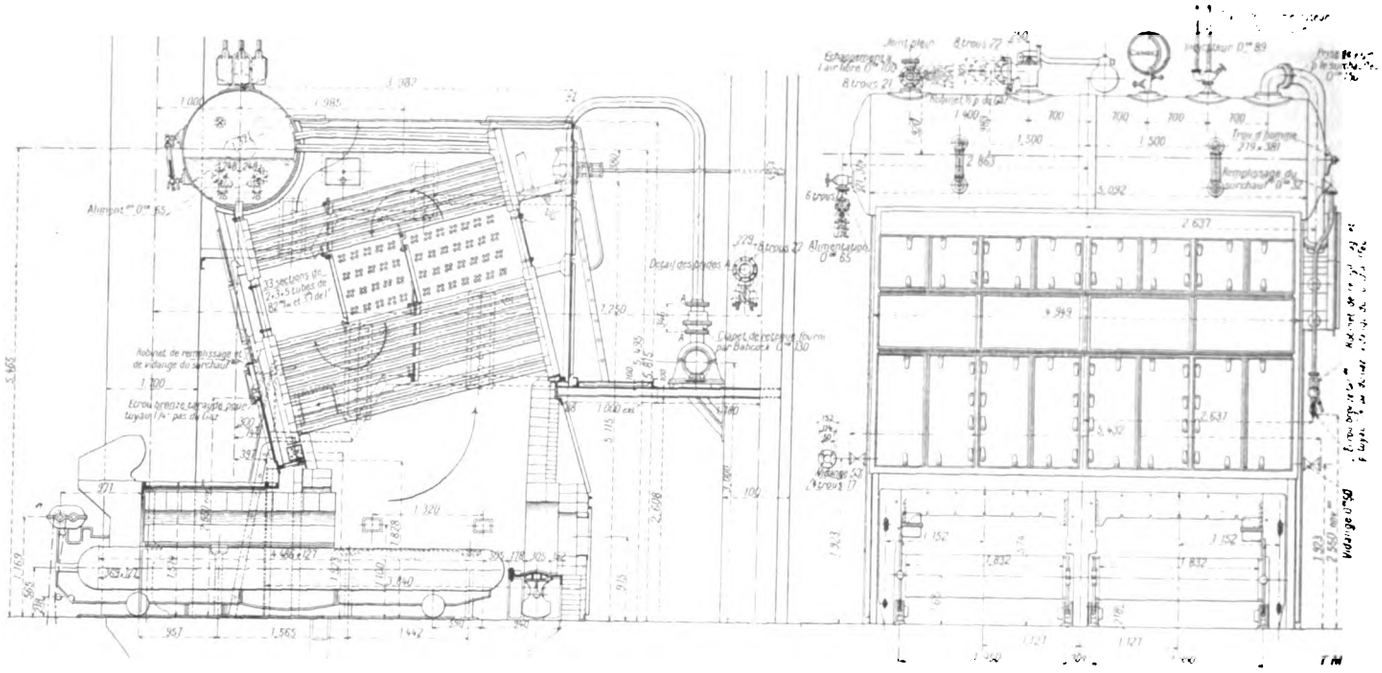
mandrinés. En face de chaque tube se trouve un tampon de trou de poing autoclave permettant la visite et le nettoyage.

A la partie inférieure du faisceau tubulaire et sur l'avant se trouve le collecteur de dépôts, construit également en acier forgé et sur lequel sont placés les robinets de vidange de la chaudière.

Le réservoir d'eau et de vapeur est placé transversalement au-dessus du faisceau tubulaire auquel il est relié par une série de tubes verticaux et horizontaux. Il a un diamètre de 1m,37 et

Fig. 1. — *Coupe longitudinale.*

Fig. 2. — *Elévation latérale*



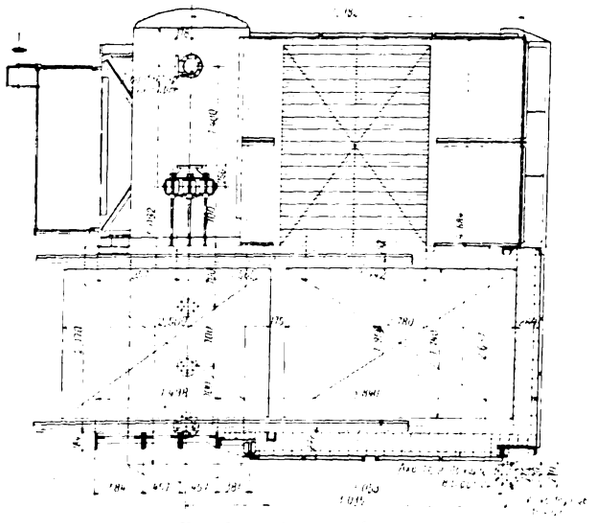


Fig 3. — *Vue en plan.*

Fig. 1, 2 et 3. — Ensemble d'une des chaudières, système Babcock et Wilcox, des nouvelles usines de la C. P. D. E.

une longueur de virole de 5m,10 environ. Il est construit en tôles d'acier doux Siemens-Martin de 18 mm d'épaisseur avec couvre-joints intérieur et extérieur. Les fonds emboutis ont une épaisseur de 22 mm.

Le réservoir est muni à l'intérieur d'une cloison placée en face des tubes horizontaux de retour d'eau et de dégagement de vapeur et qui sert à séparer l'eau de la vapeur. Cette vapeur est ensuite prise dans le réservoir par l'intermédiaire d'un sécheur de vapeur pour être conduite aux surchauffeurs.

Surchauffeurs. — Chaque chaudière est munie d'un surchauffeur système Babcock et Wilcox de 113 m² de surface de chauffe, qui comporte un faisceau tubulaire en tubes d'acier sans soudure de 38 mm de diamètre extérieur, mandrinés à chaque extrémité dans des boîtes en acier forgé formant collecteurs d'arrivée et de départ de vapeur.

Chaque surchauffeur, relié au réservoir de vapeur par un tuyau de 150 mm de diamètre, est muni d'une valve régulatrice de température placée à sa sortie et d'un robinet de remplissage et de vidange.

La prise de vapeur a un diamètre de 125 mm, et un pyromètre permet de se rendre compte de la température.

Grilles mécaniques. — Chaque chaudière comporte 2 grilles mécaniques à chaîne ayant chacune une largeur de 1m,83 et une longueur de 4m,25 soit une surface totale d'environ 15m²,50.

Chaque grille comporte :

La grille proprement dite composée d'une série de maillons en fonte spéciale articulés formant chaîne sans fin.

Le chariot portant la chaîne et muni de galets de roulement, de façon que la grille puisse être enlevée facilement des foyers.

La trémie de chargement du charbon en façade avec son obturateur et sa porte de foyer.

Les montants en fonte avec plaque de devanture et supports de voûte formant avant foyer.

La porte de cendrier oscillante avec son levier de manœuvre.

Le mouvement d'entraînement de la grille avec changement de vitesse.

Les volets de réglage d'air à l'arrière de la grille, et enfin les trémies placées en dessous pour recueillir les cendres et les mâchefers.

Le décrassage se fait automatiquement ; toutefois, des regards sont ménagés dans le soubassement de la chaudière pour que l'on puisse surveiller la combustion. Un déprimomètre indique, d'ailleurs, à chaque instant, la différence de pression entre le dessus et le dessous de la grille.

Chaque chaudière est munie des garnitures suivantes :

Une soupape triple de sûreté, orifice 90 mm ;

Deux robinets d'alimentation à clapets combinés de 65 mm d'orifice ;

Digitized by Google

Demi-Coupe d'un groupe de chaudières
système Babcock et Wilcox.

Digitized by Google

Digitized by Google

Une valve d'arrêt et de prise de vapeur avec clapet de retenue automatique, orifice 125 mm;
Deux robinets de vidange de 50 mm;
Deux indicateurs de niveau;
Un indicateur à sifflet;
Un alimentateur automatique.

Toute la chaudière est recouverte par une enveloppe en tôle garnie intérieurement de diatomites et de briques réfractaires. Cette enveloppe est munie, à l'extérieur, de tôles à bords tombés formant écrans d'air. Le soubassement très robuste supporte le faisceau tubulaire à l'avant et à l'arrière, et contient la fumisterie du foyer.

Les passerelles de service, placées entre et derrière les chaudières, permettent l'accès facile de toutes les parties et, notamment, le ramonage et le nettoyage.

Economiseurs. — L'économiseur, système Green, de chaque chaudière comporte 240 tubes divisés en vingt sections de 12 tubes. Ces tubes sont munis de racloirs mécaniques permettant d'enlever la suie à mesure qu'elle se dépose.

Un registre, placé à la sortie de l'économiseur et manœuvrable du plancher de chauffe, permet de régler le tirage de chaque groupe vaporisateur.

L'économiseur est, comme la chaudière, contenu dans une enveloppe entièrement métallique.

Carneaux. — Les carneaux, allant des économiseurs à la cheminée, sont également entièrement métalliques, de sorte qu'aucune rentrée d'air n'est à craindre.

Ils sont composés de tôles de 5 mm d'épaisseur à bords tombés, assemblées par boulons, avec interposition de joints en amiante. L'intérieur est garni de plateaux de diatomite et de briques réfractaires pour éviter les déperditions de chaleur.

A l'arrivée sur la plate-forme de la cheminée, ces carneaux ont été disposés de manière à recevoir les appareils Prat (1), placés dans la cheminée, proprement dite, pour assurer le tirage.

POMPES D'ALIMENTATION DES CHAUDIÈRES. — Les chaudières sont alimentées par des pompes. Les usines disposent bien de châteaux d'eau, mais ces réservoirs sont surtout considérés comme organes de secours. L'alimentation des chaudières doit d'ailleurs se faire sous une pression assez grande.

Voici les caractéristiques des pompes servant à l'alimentation des 10 chaudières Belleville de l'usine Nord; ces pompes ont été construites par les Etablissements Weyher et Richemond :

1° Deux pompes centrifuges horizontales multicellulaires, à développante, système Neumann, type HP 150/325 à 5 disques pour haute pression, accouplées directement à des moteurs électriques de la Compagnie Electro-Mécanique de 110 ch chacun (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	90 m³
Orifices	D=150 mm
Vitesse	1 700 t/m
Pression manométrique au refoulement	20 kg

2° Deux pompes centrifuges horizontales multicellulaires, à développante, système Neumann, type HP 175/350 à 5 disques pour haute pression, accouplées directement à des moteurs électriques de la Compagnie Electro-Mécanique, de 205 ch chacun (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	180 m³
Orifices	D=175 mm
Vitesse	1 550 t/m
Pression manométrique au refoulement	20 kg

3° Deux pompes centrifuges horizontales multicellulaires à développante, système Neumann, type HP 150/300 spéciales à 2 disques, pour haute pression, actionnées directement par des turbines à vapeur de 220 ch de la Compagnie Electro-Mécanique :

Débit à l'heure par pompe	180 m³
Orifices	D=150 mm
Vitesse	2 800 t/m
Pression manométrique au refoulement	20 kg

POMPES POUR L'ALIMENTATION DES CHATEAUX D'EAU ET LA VIDANGE DES GALERIES D'EAUX DE CONDENSATION. — Ces pompes ont un débit beaucoup plus considérable que les pompes d'alimentation des chaudières. Elles sont à moyenne ou basse pression, alors que les précédentes étaient à haute pression. Prenons encore comme exemple les pompes fournies par les Etablissements Weyher et Richemond. Nous trouvons à l'usine Nord :

1° Trois pompes centrifuges horizontales à développante, système Neumann, type M 200/350 à disque unique, accouplées directement à des moteurs électriques de la Société l'Eclairage Electrique, de 40 ch chacun (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	200 m³
Orifices	D=200 mm
Vitesse	1 300 t/m
Hauteurs d'aspiration et de refoulement	5m,50 et 28m,50

2° Une pompe centrifuge horizontale à développante, système Neumann, type HZ 350/550 à disque unique pour basse pression, accouplée directement à un moteur électrique de 100 ch de la Société l'Eclairage Electrique (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	1 000 m³
Orifices	D=350 mm
Vitesse	730 t/m
Hauteurs d'aspiration et de refoulement	7m,5 et 10m,5

A l'usine Sud-Ouest, quatre pompes seulement ont été établies :

1° Deux pompes M. 200/350 à disque unique identiques à celles fournies pour l'usine Nord et accouplées directement à des moteurs électriques Schneider et Cie, 40 ch, 220 volts;

2° Deux pompes centrifuges horizontales à développante, système Neumann, type HZ 300/450 à disque unique pour basse pression, accouplées directement à des moteurs électriques des Ateliers Schneider et Cie, de 55 ch chacun (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	500 m³
Orifices	D=300 mm
Vitesse	960 t/m
Hauteurs d'aspiration et de refoulement	7m,5 et 10m,5

POMPES CENTRIFUGES POUR LAVAGE DES CONDENSEURS. — Des pompes ont été installées pour le lavage des condenseurs. A l'usine Sud-Ouest, deux pompes système Neumann présentent les caractéristiques suivantes : Pompes horizontales à développante, type HP 70/175 à 5 disques pour haute pression, accouplées directement à des moteurs électriques Schneider et Cie, de 21 ch chacun (courant continu 220 volts) :

Débit à l'heure par pompe	25 m³
Orifices	D=70 mm
Vitesse	2 450 t/m
Hauteur manométrique d'élévation	120 m

B. C.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 687.

***

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

ARTILLERIE

Les nouveaux ateliers du Creusot pour l'usinage des canons de gros calibres.

Pour assurer l'exécution des commandes de gros canons de marine qui leur ont été confiées, MM. Schneider et Cie ont été conduits à augmenter dans de notables proportions leurs moyens de production. A cet effet, ils ont installé, dans leurs établissements du Creusot et à proximité de leurs ateliers d'Artillerie, dans lesquels on procède déjà à cette fabrication, un nouvel atelier de machines-outils spécialement affecté à l'usinage des canons de gros calibres, une fosse de frettage et une chambre à sable pour les essais de tir.

Atelier de machines-outils. — Cet atelier, renfermé dans un bâtiment entièrement métallique, comprend quatre grandes nefs : la nef principale mesure 145 m de longueur sur 26 m de largeur; trois autres nefs de 12 m de largeur chacune, lui sont accolées.

Les machines-outils, dont quelques-unes atteignent 50 m de longueur, sont disposées parallèlement les unes aux autres et leurs axes sont perpendiculaires au sens de la longueur du bâtiment. Le côté tête des machines et leurs bancs principaux sont placés dans la nef principale, les bancs secondaires traversent les autres nefs.

Onze machines-outils, toutes à commande électrique, sont ainsi aménagées; elles comprennent des tours à charioter et à fileter, des tours-foreuses, des foreuses, des machines à fileter et à sectionner les culasses, à chambrer et à rayer.

A l'un des bouts de l'atelier, un emplacement de 1 200 m² est réservé au frettage horizontal, c'est-à-dire à la mise en place des petites frettes sur le tube de canon, à l'ajustage et au montage des culasses.

Les engins de levage comprennent 4 ponts-roulants à commande électrique, dont un de 120 t à charpente entièrement métallique et trois de 10 t.

Le pont de 120 t, qui court sur toute la longueur de la nef principale, a une portée de 24 m; il est muni d'un treuil auxiliaire de 15 t servant à manœuvrer les petits éléments de canons.

La hauteur maximum du crochet du pont au-dessus du sol de l'atelier est de 7m,550.

Les trois ponts de 10 t circulent sur toute la longueur des trois nefs latérales; la hauteur de leur crochet au-dessus du sol de l'atelier est de 4m,800.

Fosse de frettage. — La fosse pour le manchonnage et la mise en place des frettes est installée dans un bâtiment mesurant 30 m de longueur et 13 m de hauteur sous fermes.

La profondeur totale de 27 m est divisée en trois étages de dimensions appropriées. Au premier étage, qui constitue le chantier de manœuvre et qui se trouve à une profondeur de 13 m, sont placés les appareils de chauffage. Cette partie a 19 m de longueur et 10 m de largeur.

Des planchers mobiles, situés entre le premier et le deuxième étage, permettent d'effectuer toutes les opérations voulues en tous les points du canon.

La fosse de frettage est desservie par un pont-roulant électrique de 100 t sur chevalet, muni d'un treuil auxiliaire de 15 t. Sa portée est de 14 m et la course verticale des crochets est de 20 m.

Un système d'épuisement complète l'installation.

Chambre a sable. — La chambre à sable, destinée aux essais de tir, et construite en béton armé a 8 m de largeur, 20 m de profondeur et 10 m de hauteur.

Deux couloirs latéraux, venant déboucher tout près du fond, servent à la visite de la chambre et à la recherche des projectiles. Une ouverture pratiquée à la partie supérieure de la voûte arrière permet l'évacuation des gaz.

Un affût d'expériences, placé sur la ligne de tir, et muni de tous les accessoires d'un affût de tourelle, peut recevoir les pièces de gros calibres. S. C.

CHIMIE INDUSTRIELLE

État actuel de l'industrie du blanchiment du coton.

Généralités. — Le blanchiment industriel du coton constitue une industrie chimique excessivement importante, non seulement par le chiffre de ses transactions, mais aussi parce qu'il est la base d'une teinture rationnelle. Aucune teinture ou aucune impression ne peut se faire sur un tissu ou sur un filé sans qu'il ait été préalablement dépouillé des matières étrangères. Le blanchiment peut naturellement être poussé plus ou moins loin, selon la nuance qu'il s'agit de teindre. Pour des nuances foncées ou pour un noir uni, il sera inutile de blanchir la fibre ; il suffira de la traiter de façon appropriée pour qu'elle prenne la teinture d'une façon absolument uniforme. Par contre, le blanchiment sera porté à son point extrême, s'il s'agit de la production de nuances claires, de blanc de vente ou de pièces destinées à l'impression.

Marche des opérations. — En se limitant au blanchiment en pièces, qui est certainement celui qui a été le plus étudié scientifiquement et industriellement, on peut distinguer deux opérations principales. Premièrement, le débouillissage ou dégraissage, qui a pour but d'enlever les impuretés contenues dans la fibre du coton et notamment les matières grasses, qu'elles soient naturelles ou accidentelles. Secondement, le blanchiment proprement dit, qui consiste à décolorer la fibre en détruisant la matière colorante naturelle à peu près exclusivement par voie d'oxydation en se servant de chlore sous forme d'hypochlorites. Cette seconde opération pourra être évitée dans bien des cas, notamment dès qu'il s'agira de produire des nuances moyennes ou foncées qui viendront souvent mieux sur la fibre non décolorée ; mais la première opération est indispensable et constitue le point capital du blanchiment.

Comme les pièces venant du tissage sont généralement chargées de parement qui a servi à l'encollage des fils de chaîne et qui est surtout constitué par un empois à base de fécule, il s'agit d'enlever cette substance étrangère. On y arrivait jadis par une espèce de fermentation qui dissolvait l'amidon. On se sert aussi couramment d'acide sulfurique plus ou moins dilué, à froid ou à chaud, dont l'action saccharifiante sur l'amidon est bien connue. Plus récemment, on a obtenu d'excellents résultats en employant des extraits d'orge germée ou de malt, que l'on trouve dans le commerce à l'état concentré sous le nom de diastafor (Compagnie française du Diamalt) et qui ont l'avantage d'être d'un maniement très pratique et d'agir avec beaucoup de régularité (1).

(1) M. Ed. Justin Mueller : Note sur le déparementage des tissus de coton, *Bull. Soc. Ind. Mulh.*, 1910, p. 96. — MM. Scheurer et Gilliéron, *Ibid.*, p. 99. — Battegay : Diastase als Stärkelösungsmittel, *Färberztg*, 1912, p. 133. — G. Tagliani et W. Krostewitz : Einige Bemerkungen über die Vorbereitungsoperationen beim Bäuchen baumwollener Gewebe, *Färberztg*, p. 1912, p. 41, 62.

Digitized by Google

Dégraissage. — Le tissu déparementé doit subir l'opération principale qui est le dégraissage proprement dit et qui a pour but de le débarrasser non seulement des impuretés naturelles, substances incrustantes et matières pectiques, mais avant tout des graisses et des cires, que la fibre contient naturellement, surtout des graisses et des impuretés qui sont venues s'ajouter au cours de la filature et du tissage. Les matières étrangères empêchent la fibre de se mouiller et seule une fibre complètement dépouillée possède la précieuse propriété de se mouiller instantanément et de se teindre d'une façon absolument uniforme.

Le traitement permettant d'arriver à ce résultat consiste dans l'emploi de liqueurs alcalines qui saponifient les graisses en les transformant en savons. Si l'on utilise, comme autrefois, la chaux, dont l'emploi va en diminuant pour des raisons que nous exposerons plus loin, les savons calcaires formés sont insolubles et restent adhérents à la fibre. Pour les enlever, il faut d'abord passer en acide pour décomposer le sel calcaire, puis procéder à une seconde lessive pour transformer l'acide gras en savon soluble. C'est généralement le carbonate de soude (sel de soude) plus ou moins caustifié qui sert à cet usage. On peut y ajouter avantageusement de la colophane qui, en se dissolvant dans l'alcali, forme un résinate alcalin dont l'action détersive agit favorablement lors du débouillissage. Le cas échéant, on répète la cuisson en sel de soude pour transformer complètement les corps gras en savons, qui sont ensuite enlevés par un rinçage à l'eau chaude suivi d'un lavage à fond.

Le procédé tel qu'il vient d'être esquissé et qui date de plus d'un demi-siècle (Scheurer-Rott en 1837) est certainement le procédé de dégraissage le plus complet que nous connaissions. Mais il a un grave inconvénient : il est excessivement long et coûteux et ne correspond plus guère aux méthodes actuelles de fabrication de plus en plus rapides. Quelles sont maintenant les simplifications qui peuvent y être apportées ? Le progrès le plus important a été l'emploi de la soude caustique pour le débouillissage. Au lieu de donner une première cuisson en chaux, suivie forcément d'un acidage pour décomposer le savon calcaire et d'un second lessivage dans un alcali soluble, il est évidemment plus simple de traiter le tissu directement par un alcali soluble, dont l'action est plus efficace et qui, en outre, a l'avantage de donner immédiatement des savons solubles. Le produit le plus énergique, dans cet ordre d'idées, est certainement la soude caustique qui, dans les blanchiments modernes, a remplacé presque partout le procédé plus compliqué à la chaux et au sel de soude. L'action de la soude peut être rendue plus efficace par l'emploi de grandes concentrations, par une circulation méthodique provoquée par des moyens mécaniques appropriés, par un dispositif permettant d'empêcher la dilution de la lessive en adaptant un réchauffeur, puis en élevant la température de la lessive, c'est-à-dire en travaillant sous pression, en faisant le vide dans la chaudière pour bien permettre au liquide de pénétrer aussi profondément que possible dans la fibre ou par tout autre des perfectionnements mécaniques qui distinguent les divers systèmes de blanchiment actuellement en usage. On peut remplacer en partie la soude caustique par du carbonate et y ajouter, comme dans l'ancien procédé, de la colophane pour former un savon de colophane. Mais quel que soit le dispositif employé, il ne semble pas qu'il existe un moyen de remplacer, à l'heure actuelle, le débouillissage alcalin par une autre opération ou par l'emploi d'autres ingrédients chimiques.

Comme on le faisait remarquer plus haut, le dispositif employé pour effectuer le lessivage peut varier et, de fait, chaque constructeur ayant réalisé un appareil plus ou moins approprié, les types sont forcément excessivement variés. On ne dira que quelques mots du blanchiment au large qui, dans certains cas, permet d'effectuer le blanchiment plus rapidement que le blanchiment habituel en boyau (1). Il consiste généralement à exposer le tissu imprégné de soude caustique et au large à un vaporisage qui opère la destruction des corps étrangers. Toutefois, on obtient ainsi un dépouillement qui est beaucoup moins intense que celui des anciens procédés de blanchiment en boyau, où la cuisson prolongée avec une lessive toujours en circulation produisait une action plus énergique. Le blanchiment rapide au large n'est donc indiqué que dans certains cas bien spéciaux.

Enlèvement des taches d'huile. — Depuis la substitution, pour le graissage des métiers à filer et à tisser, des huiles minérales aux huiles végétales, le blanchiment s'est compliqué d'un nouveau problème, et l'enlèvement de ces huiles n'a pas encore trouvé, à l'heure actuelle, une solution satisfaisante. Les huiles végétales complètement saponifiables par les alcalis ; les huiles minérales, qui sont des hydrocarbures, ne sont, par contre, pas altérées. Le blanchiment aux alcalis, tel qu'il a été établi, il y a une cinquantaine d'années, et qui suffisait alors complètement, se trouve insuffisant actuellement. Cette constatation n'est pas nouvelle et a souvent été signalée ; on en parle beaucoup en ce moment, car il semble y avoir des périodes, où la fréquence des taches d'huile minérale augmente, soit que l'on apporte au graissage des métiers un soin variable, soit aussi que la composition des huiles diffère. Il semble, en effet, ressortir des essais que les taches d'huiles minérales fraîches peuvent être enlevées assez complètement, grâce à l'action enrobante des savons de résine, notamment en présence d'huile végétale, dont le pouvoir émulsionnant facilite l'enlèvement de ces taches. Elles résistent, par contre, très énergiquement dès qu'elles sont vieilles, parce que l'évaporation des parties plus volatiles abandonne, sur le tissu, de la paraffine imperméable et indifférente aux liquides aqueux. Le même effet peut se produire lors du grillage ou du flambage de la marchandise, qui a pour but de la débarrasser par combustion de la partie duveteuse des fils. L'élévation de température provoque également une évaporation des parties volatiles de l'huile et donne un résidu très résistant.

Certains blanchisseurs verraient comme remède à cet état de choses le retour aux anciens modes de graissage aux huiles végétales. Cette solution ne nous semble toutefois guère recommandable. Les avantages résultant de l'emploi des nouveaux lubrifiants sont tels, qu'excepté quelques articles spéciaux, où le prix de revient est très élevé, il ne faut pas songer à revenir en arrière. Il vaut mieux, croyons-nous, envisager le problème à un autre point de vue, qui est celui d'enlever les taches d'huiles minérales en modifiant le blanchiment actuel. Différentes solutions sont possibles. On peut, par exemple, en se basant sur la solubilité des pétroles dans les solvants organiques, procéder à un dégraissage avec un solvant approprié avec récupération du solvant employé. L'industrie construit des appareils suffisamment perfectionnés pour réaliser cette méthode d'une façon industrielle. Si ce procédé paraît d'une application trop difficile, on peut, d'autre part, adjoindre à la lessive des substances appropriées : sulforicinates, aniline ou carbures aromatiques possédant une action dissolvante. Ces produits ont déjà été essayés (1) ; si leur action n'a pas toujours été trouvée suffisamment efficace, c'est que la proportion employée était certainement trop faible. En tous les cas, une solution soit dans l'un ou l'autre sens semble possible. Mais il faut bien se rendre compte qu'il en résultera une augmentation des frais de blanchiment. Toutefois, ceux-ci seront moins considérables que si l'on obligeait le tisseur à avoir recours aux huiles végétales beaucoup plus chères que les huiles minérales. Nous n'avons pas tenu à indiquer une solution industrielle définitive, qui ne peut être trouvée que par des essais systématiques, mais il nous a semblé nécessaire de bien poser la question qui, surtout dans ces derniers temps, a beaucoup attiré l'attention des

(1) A signaler entre autres les systèmes Endler-Welter, Tagliani et Rigamonti, qui ont fait leurs preuves industrielles.

(1) Voir brevets allemands, nos 61668, 85689, 88432 ; brevets anglais, nos 25042/97, 3071/1900.

Digitized by Google

blanchisseurs, de qui nous ne partageons pas complètement la manière de voir au sujet des remèdes à apporter au mal (1).

Blanchiment proprement dit. — Examinons, enfin, rapidement le blanchiment proprement dit qui consiste à détruire la matière colorante jaune de la fibre. Autrefois, on employait l'étendage sur pré où l'ozone oxydait cette matière colorante; depuis plus d'un siècle, on se sert à peu près exclusivement du chlore sous forme d'hypochlorite. L'emploi de l'eau oxygénée, du peroxyde de sodium, des persels, persulfates, percarbonates ou perborates est peu important pour l'industrie du blanchiment, le prix de revient de l'oxydation étant beaucoup trop élevé. Rien d'impossible, toutefois, que ces produits acquièrent de l'importance le jour où l'on pourra en réduire sensiblement le prix (2). Par contre, leur emploi est tout indiqué pour le blanchissage du linge, où leur infiltration va en croissant.

L'hypochlorite a servi d'abord et sert encore actuellement sous forme de chlorure de chaux en solution très diluée. Toutefois, la chaux a l'inconvénient de provoquer sur la fibre la formation d'un carbonate de chaux qui ne s'enlève que par un acidage final; il en résulte une augmentation sensible des frais, car il faut d'habitude se servir d'acide chlorhydrique, le sulfate de chaux étant peu soluble et difficile à enlever, quand on ne dispose pas de grandes quantités d'eau. Le premier progrès à réaliser consiste à remplacer le sel de chaux par un sel alcalin. Ainsi, dans le procédé électrolytique, où, par électrolyse du chlorure de sodium, on produit de l'hypochlorite de soude, lors de sa décomposition, ce sel fournit du chlorure de sodium, qu'un simple lavage suffit à enlever, d'où une notable économie, à condition toutefois que l'on puisse se procurer, à bon marché, l'énergie électrique nécessaire à l'électrolyse, ce qui arrive, par exemple, quand on dispose d'une chute d'eau. Sans cela, il faut bien avoir recours au chlorure de chaux.

Toutefois, il existe une solution intéressante qui mériterait d'être étudiée à nouveau. Au début du blanchiment au chlore, on blanchissait au chlore gazeux, que l'on produisait en faisant agir de l'acide chlorhydrique sur du bioxyde de manganèse. Avec les moyens mécaniques dont on disposait, il y a un siècle, ce procédé était difficile à exécuter, et l'on comprend qu'il fut remplacé par le chlorure de chaux, découvert, en 1807, par Tennant. Ce sel représente, en effet, du chlore rendu stable et facilement transportable, mais dont les inconvénients sont de contenir une notable quantité de chaux excédente comme poids mort, de donner beaucoup de boues lors de sa dissolution, et de précipiter du carbonate de chaux sur la fibre.

Actuellement, les conditions sont tout autres. L'électrolyse des chlorures produit de grandes quantités de chlore, qui peut être facilement condensé par le procédé Knietsch. On peut donc se le procurer en cylindres, comme une série d'autres gaz comprimés. Il y aurait peut-être intérêt à revenir au blanchiment au chlore gazeux, qui pourrait se faire en passant les tissus à décolorer dans une chambre remplie de ce gaz. On établirait facilement les conditions exactes dans lesquelles le blanchiment se fait le plus rapidement avec la moindre altération du coton. Non seulement on supprimerait ainsi l'acidage final, absolument nécessaire quand on travaille avec le chlorure de chaux, mais on réaliserait encore une économie notable sur l'emploi du chlorure de chaux qui lui-même est préparé en partant du chlore gazeux.

Pour terminer, nous signalerons enfin un procédé de blanchiment assez curieux, dû à M. Richard Muller, d'Eilenbourg (brevet allemand, n° 240037). Il consiste à introduire de l'air dans la cuve de blanchiment, le lessivage une fois effectué, en présence de la soude caustique. L'oxygène de l'air agirait comme oxydant pour détruire la matière colorante. Le procédé est trop récent pour que l'on puisse se prononcer sur sa valeur; il aurait évidemment l'avantage d'employer un oxydant ne coûtant rien, et il simplifierait sensiblement le blanchiment, qui est passablement compliqué actuellement, par suite des nombreux lavages nécessaires entre les différentes opérations. L'idéal serait d'arriver à un blanchiment complet dans une cuve, sans être obligé d'en sortir la marchandise au cours de la fabrication. On arriverait ainsi à éviter les nombreux accidents mécaniques dus aux multiples machines qui servent pour le lavage.

Comme le montre ce court exposé, l'industrie actuelle du blanchiment arrive à produire un résultat qui donne satisfaction à bien des égards. Si l'idéal d'une fabrication chimique est de préparer un produit à l'état de pureté, le blanchiment se rapproche de cet idéal, car le coton blanchi constitue de la cellulose à peu près chimiquement pure.

Toutefois, il reste encore de multiples problèmes à résoudre; en faisant complètement abstraction des modifications mécaniques que l'on n'a pu envisager pour ne pas trop allonger cet article, il reste encore beaucoup à faire dans le domaine chimique. S'il est bien vrai qu'il semble difficile de trouver des agents chimiques sensiblement meilleur marché que les alcalis, les acides et le chlore actuellement en usage, même dans l'emploi de ces produits, des variantes sont possibles pouvant donner lieu à des perfectionnements intéressants. E. G.

(1) Alb. Scheurer : Blanchiment des tissus de coton. Etude des taches d'huile minérale. *Bull. Soc. Ind. Mulhouse*, 1910, p. 343, 349, Protestation de dix établissements de blanchiment, teinture et impression contre l'abus des huiles minérales dans le graissage des métiers à tisser. *Bull. Soc. Ind. Mulhouse*, 1910, p. 357.

(2) Voir à ce sujet : Oglobin, *Färberzeitung*, 1910, p. 79 et *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (janvier 1913), p. 19.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

Projet de loi sur l'assurance des employés du commerce et de l'industrie en Allemagne.

I. Analyse du projet. — Aux termes du projet de loi publié en janvier 1911, sont soumis à l'obligation de l'assurance, à l'exception des ouvriers proprement dits, les employés de l'industrie privée âgés de seize à soixante ans, dont le salaire annuel ne dépasse pas 5000 marks. Aucune distinction n'est faite entre les employés suivant la qualité ou l'importance des fonctions qu'ils occupent (1).

Pour le versement des cotisations, les employés sont répartis, d'après leurs salaires, en neuf classes dont les cinq dernières (jusqu'à 2000 marks) coïncident avec celles de l'assurance invalidité. La cotisation est fixée, pour chaque classe, à une somme invariable, dont l'employeur et l'employé paient chacun la moitié. Le rapport de la cotisation au salaire assuré est compris entre 3 1/2 et 8 %. Aucune subvention de l'Etat ne vient, comme dans l'assurance-invalidité, bonifier les versements des intéressés.

En échange de ces versements, une pension de retraite est servie à l'assuré; s'il meurt, ses survivants (veuve ou orphelins) touchent une rente. Le droit à la pension est acquis quand l'assuré a effectué un certain nombre de versements mensuels (120 pour les hommes, 60 pour les femmes); il doit avoir atteint l'âge de soixante-cinq ans ou se trouver, par suite d'accident ou de maladie, frappé d'incapacité professionnelle physique ou morale. La pension s'élève au 1/4 des cotisations payées, pour les 120 premiers versements mensuels, et au 1/8 pour les autres. La rente de veuve, fixée à 40 % de la pension, sera acquise, dans les dix premières années qui suivront la promulgation de la loi, après 60 versements mensuels, et après 120 versements par la suite. Le veuf d'une femme employée ne peut obtenir une rente que s'il est hors d'état de gagner sa vie. Chaque orphelin reçoit, aux mêmes conditions que la veuve, le 1/5 de la pension de celle-ci; la proportion est portée au 1/3 pour l'orphelin de père et de mère.

(1) *Stalh und Eisen*, XXXI, 785 (1911).

Digitized by Google

En moyenne, on peut dire que la pension de retraite s'élèvera à 10 °/₀ du salaire assuré, après dix ans de services, à 18 °/₀ après vingt-cinq ans et à 35 °/₀ après cinquante ans. La progression de la pension est donc de moins en moins rapide à mesure que l'on s'éloigne de l'époque d'entrée en fonctions. Le projet de loi n'admet le remboursement des cotisations que pour les assurés qui en auront versé pendant soixante mois et qui s'adonneront à une profession analogue à celles que vise l'assurance. Auront donc versé en pure perte ceux qui cesseront d'être des employés ou qui dépasseront, avant le délai de six mois, le traitement limite de 5 000 marks.

Le fonctionnement de la loi sera assuré par un Institut impérial de l'Assurance pour les Employés, créé à Berlin, et comportant cinq divisions : Conseil de direction, Conseil d'administration, Comité d'administration, Comité de rentes et Vertrauensmänner (hommes de confiance). Des tribunaux d'arbitrage et un tribunal supérieur d'arbitrage fonctionneront comme tribunaux d'appel. Tous les délégués des assurés (patrons et employés) formeront un personnel considérable, mais dont l'influence sera très restreinte. Les Vertrauensmänner auront pour mission, à peu près unique, d'organiser les élections aux différents conseils. Les opinions du Conseil d'administration n'auront jamais qu'une valeur consultative; quant aux membres du Comité d'administration, ils pourront bien assister aux séances du Conseil de direction, mais on peut affirmer que les décisions importantes seront prises non dans ces séances, mais en dehors.

Le dernier titre du projet de loi est consacré aux rapports de l'assurance officielle avec les institutions de prévoyance existantes, notamment avec les caisses de pensions privées qui, réduites au rôle de guichets de versement, dans la rigueur du texte, seraient chargées de recueillir les cotisations des assurés affiliés et de payer les arrérages de leurs pensions. Devant les réclamations unanimes des intéressés, le Ministère impérial de l'Intérieur a promis de modifier le projet sur ce point; la plupart des caisses privées pourront devenir des « Instituts auxiliaires », de telle sorte que leurs affiliés seront dispensés de verser une cotisation pour l'assurance officielle.

II. Critique du projet. — Les critiques adressées au projet de loi peuvent se ramener à trois chefs principaux : 1° la limite supérieure de 5 000 marks est beaucoup trop élevée ; 2° la création d'une nouvelle assurance sociale, absolument différente de celles qui existent déjà en Allemagne, conduit à la création de toute une bureaucratie nouvelle et fort coûteuse; 3° malgré l'importance des dépenses, entièrement supportées par les assurés, et la suppression des institutions de prévoyance privées, les rentes servies par l'Institut impérial seront très faibles, ce qui provoquera un vif mécontentement dans le monde des employés.

C'était un principe fondamental de la législation sociale allemande d'imposer l'assurance obligatoire aux seuls travailleurs qui, avec un revenu supérieur au minimum nécessaire à l'existence, ne peuvent remplir par leurs propres forces, leur devoir de prévoyance. En portant de 2 000 à 5 000 marks la limite de l'obligation, le projet de loi en discussion rompt avec le principe traditionnel, car il fait entrer dans le cadre de l'obligation des gens qui disposent de revenus suffisants pour assurer par eux-mêmes leur avenir et celui de leur famille. C'est vainement que l'on veut limiter aux seuls employés l'application du principe nouveau. Les ouvriers, séparés des employés par une frontière bien imprécise, demanderont à bénéficier des mêmes avantages; la maladie des pensions (Rentensucht) gagnera ensuite les diverses couches de la classe moyenne : artisans et petits marchands, puis jeunes avocats ou médecins, dont les revenus se tiennent souvent en deçà de la limite fixée par le projet.

Une pareille extension de l'assurance obligatoire peut avoir, pour le peuple allemand, de graves conséquences morales et financières. L'expérience des assurances ouvrières montre qu'en laissant à l'Etat le soin de prévoir et de garantir l'avenir, on amoindrit chez les individus le sentiment de la responsabilité; il faut mettre les classes moyennes à l'abri d'un pareil danger.

Au point de vue financier, les charges pesant annuellement sur le travail national, du fait des assurances sociales, atteignaient en 1909, 800 millions de marks; les extensions prévues des assurances existantes entraîneront une nouvelle dépense de 150 millions de marks environ, et la surcharge résultant de l'Assurance-Employés ne peut être évaluée à moins de 150 millions de marks. Aucun autre Etat ne supporte de pareilles charges sociales.

Il serait plus prudent de ne pas quitter le terrain, reconnu solide, de l'Assurance-Invalidité et d'élever simplement à 3 000 marks, aussi bien pour les ouvriers que pour les employés de 2 000 marks, la limite supérieure de l'obligation; les jeunes employés munis d'une instruction supérieure et appelés à un avenir plus brillant seraient autorisés à accomplir librement leur devoir de prévoyance. Une réforme ainsi limitée éviterait les dépenses d'une organisation administrative nouvelle et les dangers résultant de l'introduction de la Rentensucht dans les classes moyennes. On ne peut faire à cette contre-proposition qu'une objection d'ordre fiscal : le projet ne coûterait rien à l'Empire, tandis qu'une extension de l'Assurance-Invalidité grèverait lourdement son budget. Mais, d'autre part, il serait bon que les pouvoirs publics fussent financièrement intéressés au sort de la réforme.

On peut craindre encore que les avantages offerts aux employés par le projet de loi ne soient hors de proportion avec les sacrifices qui leur sont demandés. Vu les grosses dépenses administratives à prévoir, certains actuaires se demandent si l'Institut impérial pourrait tenir toutes les promesses de projet de loi. De plus, les caisses de pensions et les assurances sur la vie actuellement existantes et très avantageuses pour les employés seront, pour la plupart, obligées de se dissoudre pour obéir aux exigences de la législation nouvelle; il est douteux qu'elles se reconstituent toutes sur de nouvelles bases.

En résumé, le projet de loi pourrait être amendé par l'abaissement de 5 000 à 3 000 marks de la limite de l'obligation, par le développement des facilités offertes aux sociétés d'assurance privées qui voudront prendre part à la réalisation de ce progrès, et par une liaison aussi étroite que possible entre l'organisme nouveau et les assurances sociales déjà existantes. L.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Sur les cloisonnements pour barres omnibus et sectionneurs dans les installations à haute tension

A l'époque où apparurent les premières installations à haute tension, les cellules destinées à la protection des barres omnibus étaient généralement établies en briques et munies de cloisonnements d'ardoise. Actuellement, on accorde la préférence au ciment armé : ce genre de construction permet de réaliser simplement et économiquement tous les tracés, si complexes qu'ils soient et présente une résistance mécanique uniforme, facilitant l'établissement de points d'appui solides et l'exécution des scellements.

Les dimensions données aux compartiments servant de cloisonnements pour barres et pour sectionneurs sont principalement déterminées par la distance minimum reconnue nécessaire entre les organes sous tension et les matériaux supports, ainsi que par la dimension des appareils. Toutefois, pour des raisons d'agencement ou d'accessibilité, aussi bien que pour tenir compte de l'effet des surtensions possibles, ces distances minima sont toujours largement observées en pratique.

La figure 1 et la légende qui l'accompagne fournissent les cotes de dimensions approximatives des cloisonnements pour barres omnibus et sectionneurs correspondant à différentes tensions de service. Ces indications pratiques, relevées sur un

Digitized by Google

grand nombre d'installations ne sont qu'approchées. Elles sont, en effet, surtout subordonnées au type d'isolateur, à la section des barres omnibus et au tracé des connexions.

Parmi les types de sectionneurs les plus couramment employés, la préférence doit être donnée à ceux qui sont montés sur une base métallique rigide supportant les isolateurs. Grâce à cette base, qui maintient l'exactitude du montage, on peut n'effectuer la fixation de l'appareil qu'après achèvement des maçonneries, ce qui facilite les démontages et écarte tout danger de ruptures.

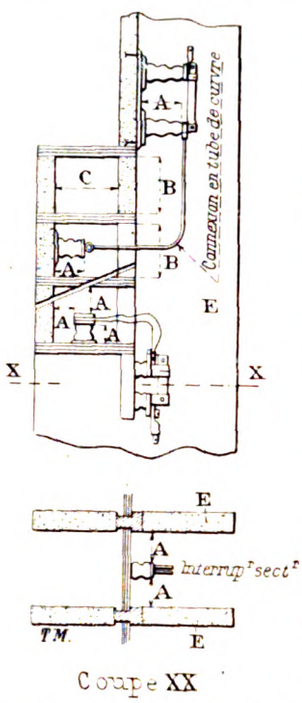


FIG. 1. — Section d'une cellule pour barres omnibus :

VOLTS	COTE A	COTE B	COTE C
—	—	—	—
15 000	90 mm	320 mm	350 mm
22 000	150	480	480
35 000	250	625	625
45 000	350	850	850
70 000	430	1 140	1 140
90 000	690	1 425	1 425
110 000	840	1 800	1 800

Le type de sectionneur muni d'isolateurs scellés sur barres ardoise ou marbre, exige généralement un montage quelque peu différent. La fixation sur cloison présente en effet des risques de rupture de la base, tandis que le montage de l'appareil, au cours de la construction des cloisonnements, l'expose à des chocs et avaries. D'ailleurs, cette disposition rend difficile toute opération de démontage après pose. Une disposition simple permettant d'éliminer ces difficultés est figurée en XX. Les cellules destinées à recevoir ces sectionneurs ont des dimensions telles que leur hauteur soit légèrement supérieure à celle des bases qu'elles sont destinées à recevoir ; leur largeur est inférieure de 50 mm environ à celle des bases qui, par conséquent, les recouvre de 25 mm de chaque côté.

Dans ces conditions, les sectionneurs sont montés après achèvement des cloisonnements et fixés par des cales en bois ultérieurement enduites de ciment, conformément à la figure 1.

Les sectionneurs pour barres omnibus sont généralement disposés dans le sens des barres qu'ils servent à jonctionner. Lorsque la section de ces barres le permet, on simplifie la construction en utilisant leurs extrémités libres comme parties constitutives de l'interrupteur. Dans ce cas, on prend soin de renforcer les supports de barres, afin que les efforts résultant de la manœuvre des appareils ne puissent les fausser ni les dérégler. Si la section des barres ne permet pas d'adopter cette disposition, on choisit des interrupteurs d'un type analogue aux sectionneurs de circuit, leur base prenant appui sur le mur arrière, à l'intérieur du compartiment. Quel que soit le type d'appareil et de montage employés, il convient de tenir compte des distances entre les sectionneurs et la masse dans leurs positions d'ouverture et de fermeture.

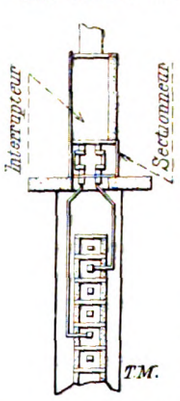


FIG. 2. — Dispositif de sectionneurs montés entre cloisons au-dessous des interrupteurs à huile.

Les interrupteurs à huile, employés en conjugaison avec les couteaux destinés à isoler des barres ou des circuits d'utilisation, font l'objet d'un grand nombre de combinaisons. On se préoccupera dans tous les cas, de donner aux sectionneurs un emplacement permettant de reconnaître, avant la manœuvre, la position d'ouverture de l'interrupteur à huile auquel ils sont conjugués. C'est pourquoi, dans le cas où les barres omnibus occupent l'étage immédiatement inférieur à celui sur lequel reposent les interrupteurs à huile, les maçonneries supports sont, de préférence, disposées de façon à ménager, au-dessous de ces derniers, une cellule qui sera réservée aux couteaux d'isolement. La figure 2 montre l'application de cette disposition dans l'hypothèse d'un sectionnement de barres par interrupteur à huile.

On notera enfin que si le local affecté à l'aménagement des barres omnibus est également utilisé pour l'installation d'un matériel nécessitant de fréquentes visites, il sera judicieux de prévoir entre, les cloisons, des panneaux de fermeture protégeant le matériel à haute tension contre tout contact accidentel.

A. R. GARNIER.

Sur les perfectionnements récents apportés aux commutatrices.

Parmi les différents appareils ou groupements d'appareils appropriés à la transformation du courant alternatif en courant continu et moins fréquemment, à la transformation du courant continu en courant alternatif, la commutatrice offre l'avantage d'un rendement et d'une capacité de surcharge particulièrement élevés. Sauf le cas où la régulation de la tension est basée sur la variation du facteur de puissance, celui-ci peut être maintenu pratiquement égal à l'unité, de sorte que la réaction d'armature, aussi bien que la déformation du champ, sensiblement nulles, facilitent la commutation en surcharge, assurent une économie notable sur le poids du cuivre inducteur, et réduisent le couple mécanique à la valeur des pertes dans la machine. D'ailleurs, il convient de remarquer que si l'on réalise dans les deux cas $\cos \varphi = 1$ et si les conditions d'échauffement sont les mêmes, les enroulements d'armature d'un convertisseur polyphasé, peuvent être choisis de section inférieure à ceux d'un générateur, car l'intensité du courant mis en jeu résulte à chaque instant donné de la différence entre les courants alternatifs et continus qui les parcourent dans des directions opposées.

En raison de la propriété classique concernant la constance du rapport de la tension alternative à la tension continue, les premières commutatrices étaient inaptes à toute régulation, sans adjonction d'auxiliaires offrant la possibilité d'un réglage du voltage alternatif. Le premier dispositif employé à cet effet a consisté dans l'emploi de bobines de réactance extérieures, permettant de faire varier la tension polyphasée aux bornes de la commutatrice, dans le but de maintenir la constance de la tension continue, distribuée sans variation excessive du facteur de puissance.

Ce dispositif, généralement utilisé dans les sous-stations de traction, peut être étendu à toutes les applications caractérisées par des charges variables. Dans le cas où la charge est sensiblement constante et où l'on exige une variation de tension supérieure à celle que provoque la chute de potentiel alternative, il devient préférable de réaliser la variation de tension alternative, au moyen de prises supplémentaires prévues sur le transformateur d'alimentation ou mieux, par l'emploi d'un survolteur alternatif entraîné par la commutatrice ou séparément. Cette dernière méthode est particulièrement recommandable en raison de sa simplicité et des résultats satisfaisants obtenus en pratique.

Enfin, on doit signaler l'introduction récente, dans l'industrie du convertisseur à pôles divisés, qui offre la propriété curieuse de modifier le rapport de la tension continue à la tension alternative, sans intervention d'auxiliaires extérieurs.

Régulation de la tension par l'emploi de réactances. — Ainsi qu'on l'a signalé, ce procédé est généralement appliqué aux réseaux à débit variable, tels que ceux de traction. Le facteur de charge étant généralement faible, on règle l'excitation de manière

Digitized by Google

à obtenir un courant dévatté en arrière pour les débits faibles. A mesure que la charge augmente, ce courant se trouve réduit par l'accroissement d'excitation résultant de l'enroulement inducteur série, de sorte que l'échauffement dû au courant dévatté, est automatiquement porté au minimum à mesure que celui qui est dû au courant principal, tend vers son maximum. Il se produit ainsi un équilibre dans l'échauffement de la machine, et les effets thermiques de la surcharge peuvent être maintenus entre des limites acceptables. La réactance artificielle, employée pour réduire le courant dévatté nécessaire à la régulation, introduit par elle-même une faible composante dévattée, qui rend impossible le maintien simultané sur le générateur et sur la commutatrice d'un facteur de puissance égal à l'unité. La valeur de la réactance utilisée est fréquemment fixée à 15 °/₀ : taux qui suffit aux variations de tension normalement exigées en pratique, en évitant l'introduction d'écarts inadmissibles du facteur de puissance entre le générateur et le convertisseur (fig. 1.)

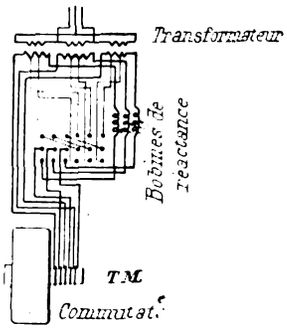


FIG. 1. — Schéma de montage d'une commutatrice hexaphasée avec bobines de réactance et démarrage par le courant alternatif.

Régulation de la tension par contrôle de la tension alternative. — Le procédé qui consiste à utiliser certaines prises supplémentaires du transformateur n'a été que peu employé jusqu'ici, parce qu'il expose à des complications d'appareillage et de connexions, ainsi qu'à des dangers de court-circuit.

Le régulateur d'induction, tout en évitant l'adjonction d'interrupteurs, fournit une variation graduelle et continue de la tension alternative, manifestement préférable aux variations saccadées du dispositif précédent. Cet appareil est constitué par un transformateur polyphasé, dans lequel la position relative de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire est modifiable par rotation du premier de ces enroulements. Le primaire, excité sous la tension alternative distribuée, induit une force électro-motrice sensiblement constante dans le secondaire relié en série avec la ligne. Il résulte des déplacements apportés à la position relative des enroulements primaires et secondaires, une relation de phase différente entre les tensions vectorielles mises en jeu, d'où résulte un survoltage ou un dévoltage progressif du circuit. Il devient ainsi possible d'accroître et de décroître la tension appliquée à la commutatrice, de toute quantité prédéterminée entre des limites fixées par l'amplitude de voltage du régulateur.

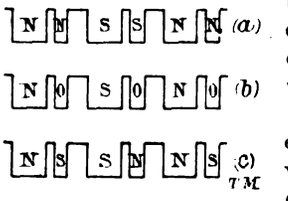


FIG. 2. — Schéma relatif à un convertisseur à pôles divisés.

Le survolteur alternatif, qui peut être actionné directement par le convertisseur ou par un moteur synchrone indépendant, est relié en série avec le circuit principal, de sorte que sa tension peut être additive ou soustractive et réglable en grandeur, suivant le sens et l'intensité du courant d'excitation. Ce procédé présente sur l'emploi du régulateur l'avantage d'une simplicité plus grande quant au montage des connexions.

Convertisseur à pôles divisés. — Jusqu'à ces dernières années, on admettait comme invariable le rapport de la tension alternative à la tension continue mises en jeu dans une commutatrice. Toutefois, en divisant chaque pôle en plusieurs sections munies respectivement d'enroulements inducteurs, susceptibles de modifier la distribution du flux à travers la face polaire, il devient possible de faire varier le rapport ci-dessus et de régler ainsi le voltage continu, selon des valeurs déterminées à l'avance, sans autre dispositif complémentaire.

L'arrangement le plus simple et le plus économique consiste à adopter deux sections par pôle, assurant la variation maximum de voltage pour une distorsion moindre de l'onde de tension alternative.

Afin de montrer clairement le fonctionnement d'un tel convertisseur, on a représenté figure 2 (*a*, *b*, *c*,) l'ordre et le sens d'excitation de sections polaires consécutives. Si l'on imagine que la machine démarre avec une excitation nulle du pôle de régulation, l'arc polaire est réduit à celui de la section principale. La longueur effective de l'arc polaire s'accroît ensuite graduellement, par suite de l'augmentation progressive de l'excitation de ce pôle. Ce mécanisme a pour effet d'introduire, dans le bobinage de l'armature, une onde de force électro-motrice déformée, dont l'ordonnée maximum augmente avec l'arc polaire. On conçoit ainsi que, pour un même voltage alternatif efficace appliqué, la tension continue, dans tous les cas égale à l'ordonnée maximum de la tension alternative induite, puisse acquérir des valeurs différentes, inférieures ou supérieures à sa valeur théorique.

Le convertisseur à pôles divisés, de même que le survolteur synchrone, présente sur les procédés analogues l'avantage d'une grande simplification des connexions et d'aménagement. D'ailleurs, il convient de noter que les craintes qu'avait provoqué l'introduction de ce matériel quant aux perturbations possibles sur la distribution, furent reconnues injustifiées en pratique, après qu'il eut été fait choix d'un mode de connexion des transformateurs annulant les effets de l'harmonique 3 particulièreé ment préjudiciable.

Commutatrices à pôles supplémentaires. — Les avantages présentés par l'addition de pôles supplémentaires aux commutatrices, peuvent être résumés comme suit :

1° Pour une capacité déterminée et pour des charges très variables, possibilité de construire une machine moins encombrante par suite de la réduction de son diamètre ;

2° La capacité de la machine n'est plus limitée que par son échauffement, la commutation ne devenant plus une cause limitative de la charge.

On déduira aisément de ces considérations le bénéfice possible tant dans le choix de l'emplacement nécessaire que dans le prix d'achat de la machine, principalement dans le cas où il y a lieu de compter sur de fortes surcharges.

Il convient de remarquer que l'excitation des pôles supplémentaires d'une commutatrice se réduit à celle que rend nécessaire la création du flux de commutation. Contrairement au cas du générateur à courant continu, aucune excitation additionnelle n'est nécessaire à la compensation de la réaction d'armature, de sorte que le nombre d'ampères-tours inducteurs supplémentaires n'est pas supérieur au tiers de celui qu'on atteint sur un générateur à courant continu pourvu d'un entrefer normal entre les pôles et l'armature.

Néanmoins, en pratique, on accroît légèrement l'excitation ainsi définie, dans le but de réduire les perturbations résultant d'un déséquilibrage entre les courants continus et alternatifs mis en jeu. On réalise cette condition en employant de larges entrefers. Toutefois, une telle solution présente, sur les machines privées de pôles auxiliaires, l'inconvénient de provoquer des crachements au démarrage par courant alternatif. Il devient alors nécessaire de prévoir dans ce cas un mécanisme de relevage des balais pour assurer un fonctionnement satisfaisant.

L'excitation est alors obtenue au moyen de deux balais de faible section, fixés à demeure sur le collecteur, pendant le démarrage.

De même que pour les machines à courant continu, on utilise un shunt inductif, d'inductance supérieure à celle des enroulements supplémentaires, dont on évite ainsi de diminuer la sensibilité.

A. R. GARNIER.

Digitized by Google

MACHINES THERMIQUES

Robinets de jauge de niveau d'eau pour chaudières.

Aux termes de la réglementation française concernant les appareils à vapeur, toute chaudière doit être munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre, et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation. L'un de ces indicateurs est un tube en verre disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et remplacé au besoin. Quant à l'autre appareil, il n'est pas défini par les règlements, mais il consiste presque toujours en un jeu de trois robinets étagés. Le plus bas indique le niveau au-dessus duquel l'eau ne doit jamais descendre; à cet effet, lorsqu'on l'ouvre, il doit toujours donner de l'eau. Le plus haut indique le niveau supérieur, ou la hauteur maximum que peut atteindre l'eau dans la chaudière; il doit toujours donner de la vapeur lorsqu'on l'ouvre. Enfin, le troisième, placé à mi-hauteur entre les deux autres, correspond au niveau moyen de l'eau dans la chaudière; il doit donner de l'eau lorsqu'on l'ouvre.

Ces robinets, qu'on désigne communément sous le nom de *robinets de jauge de niveau d'eau*, ne fournissent une indication que si on les ouvre; ils constituent un appareil de secours permettant de connaître assez approximativement le niveau de la chaudière lorsque l'appareil principal, c'est-à-dire le *tube de niveau d'eau*, est brisé, ou hors de service pour une cause quelconque.

Ces robinets doivent donc toujours être prêts à fonctionner; malheureusement, avec certains types de robinets, il n'en est pas toujours ainsi. En effet, les tubes de niveau d'eau sont en général bien établis; ils ne se brisent qu'accidentellement; ce sont des appareils indicateurs sur lesquels on peut compter et ils suffisent presque toujours pour renseigner le chauffeur sur le niveau de l'eau dans sa chaudière. Par suite, le chauffeur n'ayant pas à se servir des robinets de secours, ne les manœuvre presque jamais; ils s'entartrent, se bouchent, et, au moment où on en aurait besoin, ils ne peuvent donner aucune indication. La statistique officielle des accidents occasionnés par les appareils à vapeur fournit la preuve de ce qui précède : dans un très grand nombre de cas, les appareils de secours, qui devaient indiquer le niveau de l'eau des chaudières, ont été reconnus défectueux et hors d'état de fonctionner.

Les constructeurs d'appareils à vapeur se sont préoccupés, tant en France qu'à l'étranger, d'améliorer cette situation. Leurs efforts ont porté : 1° sur la suppression ou sur l'atténuation des effets de l'entartrage des robinets; 2° sur la simplification et sur la facilité de manœuvre de ces robinets. On a rassemblé ici les meilleurs modèles de robinets de jauge de niveau d'eau établis en vue de la réalisation de ce double résultat; en les examinant et en les comparant, on verra comment le but a été atteint.

Les robinets de jauge de niveau d'eau peuvent se répartir en trois classes, que l'on énumère ici en commençant par les types les plus anciens, et en terminant par les types les plus nouveaux; ce sont :

1° Les robinets à tournant et à boisseau;
2° Les robinets à pointeau;
3° Les robinets à soupape.

Ces derniers se subdivisent eux-mêmes en deux catégories, suivant que la fermeture de la soupape est obtenue *du dehors*, par un ressort ou par un contrepoids, ou bien *du dedans*, par la pression de la vapeur.

Robinets a tournant et a boisseau. — Ces robinets, qui sont trop connus pour qu'on en donne le dessin, ont le défaut capital d'être très durs à manœuvrer; s'ils ne sont pas durs, ils fuient constamment. Ce défaut ne provient pas d'une malfaçon dans la fabrication, mais d'un vice de conception. Ce modèle de robinet donne satisfaction pour l'eau et pour les gaz circulant à la température ordinaire, mais il ne convient pas du tout pour la vapeur; on a mis longtemps à le reconnaître; toutefois, aujourd'hui, il est généralement exclu des canalisations de vapeur et voici pourquoi :

Lorsque le robinet sort de l'atelier, où il vient d'être ajusté et rodé, les surfaces du boisseau et du tournant, parfaitement en contact l'une avec l'autre, forment un joint étanche. Mais, dès que le robinet est placé sur la chaudière, en communication avec la vapeur ou avec l'eau bouillante, il se produit des dilatations dans ses différentes parties. D'abord, le corps du robinet se dilate plus vite et davantage que le tournant, auquel la chaleur est transmise par l'intermédiaire du boisseau dont il se trouve séparé par un intervalle minime, il est vrai, mais enduit de matière lubrifiante ou de tartre; cela suffit pour que l'un se dilate plus que l'autre, d'où chances de fuites.

Ce mauvais effet s'accentue, d'autre part, en raison de la forme du corps de robinet. Celui-ci se compose de plusieurs parties d'épaisseurs inégales : l'avant et l'arrière, où le métal est plus épais, se dilatent dans un autre sens que le milieu, ou boisseau proprement dit, dont l'épaisseur est relativement plus faible; il en résulte que l'alésage du boisseau tend à s'ovaliser, au détriment de l'étanchéité. Pour éviter les fuites, les conducteurs de chaudières ont une tendance à serrer fortement les robinets à boisseau, et à ne plus y toucher. Les robinets s'entartrent alors assez vite, le tournant adhère au boisseau avec lequel il ne fait bientôt plus qu'un seul bloc.

Ces robinets exigeraient, au contraire, une surveillance et un entretien de tous les instants; aussi, les constructeurs soigneux et soucieux de donner satisfaction à leurs clients ont-ils abandonné ce modèle de robinets — notamment comme indicateurs de jauge de niveau d'eau — et ils ont adopté, pour les canalisations de vapeur, les robinets à pointeau ou à soupape.

Robinets a pointeau. — Les robinets à pointeau échappent aux mauvais effets de la dilatation; ils sont faciles à rendre étanches, car le pointeau se rode pour ainsi dire de lui-même sur son siège, à condition de le manœuvrer fréquemment, une fois par jour, par exemple, afin d'éviter les dépôts de tartre.

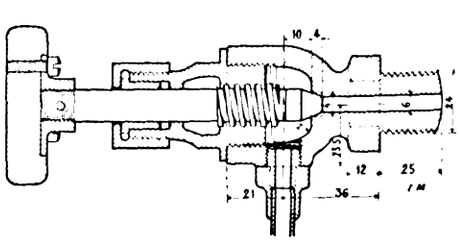


Fig. 1. — Robinet à pointeau de construction française.

On donne, sur les figures 1 et 2 ci-contre, les dessins de deux robinets à pointeau pour niveau d'eau de chaudières : le premier, de construction française; le second, de construction américaine. Dans l'un comme dans l'autre, le pointeau proprement dit est rapporté dans la vis qui sert à la manœuvre, de sorte qu'il est facile de le remplacer lorsqu'il est avarié ou usé. Dans l'un comme dans l'autre aussi, toutes les parties du robinet peuvent être fabriquées sur le tour et enlevées dans du jet de bronze ce qui supprime l'intervention du mouleur et du fondeur. Dans le modèle français, le corps du robinet est en deux pièces : cette disposition facilite le rafraîchissage des sièges de pointeau usés.

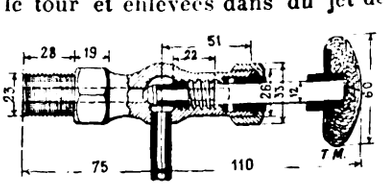


Fig. 2. — Robinet à pointeau de construction américaine.

Il est bon de faire remarquer que la vis de manœuvre du pointeau des figures 1 et 2 est placée de telle sorte que, même desserrée à fond, elle ne peut pas sortir, retenue qu'elle est par le presse-étoupes dans lequel elle passe. Il serait mauvais d'adopter la disposition

Digitized by Google

indiquée par la figure 3, que l'on rencontre quelquefois cependant et qui peut devenir dangereuse, car si on desserre trop la vis, elle risque d'être chassée violemment au dehors par la pression; alors, la vapeur ou l'eau bouillante s'échappant par l'orifice demeuré ouvert, peuvent occasionner des brûlures graves aux personnes qui se trouvent dans le voisinage du robinet.

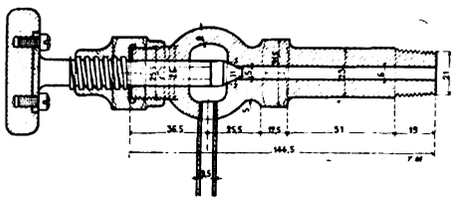


Fig. 3. — Robinet de construction défectueuse, la vis du pointeau pouvant s'échapper inopinément.

Robinets a soupape. — Les robinets à soupape, comme on l'a déjà dit, peuvent se répartir en deux catégories :

1° Ceux où la soupape est appliquée sur son siège par un ressort ou par un contrepoids; il suffit d'annuler l'action du ressort, ou de soulever le contrepoids pour ouvrir le robinet;

2° Ceux où la soupape est appliquée sur son siège par la pression de la vapeur; on ouvre alors le robinet en repoussant, au moyen d'un levier, la soupape obturatrice.

Robinet à soupape et à ressort. — Ce robinet (fig. 4) comporte une soupape de bronze au centre de laquelle est inséré un petit disque en métal tendre, qui s'applique sur l'orifice de sortie de la vapeur; un piston à épaulement, poussé par un ressort, appuie la soupape sur l'orifice et la maintient fermée. En tirant sur le levier à chaînette qui est à gauche de la figure, on libère la soupape, qui est alors refoulée par la pression du fluide, eau ou vapeur; ce fluide s'échappe par l'orifice ménagé à la partie inférieure du corps du robinet, et suivant qu'il s'écoule par cet orifice de l'eau ou de la vapeur, on se rend compte de la position du niveau de l'eau dans la chaudière.

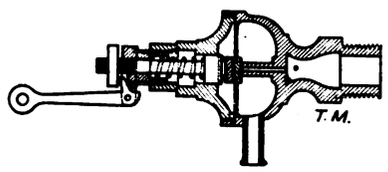


Fig. 4. — Robinet à soupape et à ressort.

Le petit cylindre formant soupape est placé au centre d'un diaphragme qui sépare nettement la chambre contenant le piston et le ressort, de la chambre où arrivent l'eau chaude et la vapeur; celles-ci ne peuvent entrer dans la chambre du piston dont la tige n'a pas besoin de garniture, ce qui simplifie à la fois sa construction et son entretien.

Ce robinet est intéressant; il marque un progrès, car sa manœuvre s'effectue par un simple tirage, tandis que, pour ouvrir les robinets à pointeau décrits précédemment, il faut faire faire un ou deux tours à la poignée de la vis. Toutefois, le robinet de la figure 4 est compliqué, car il ne comporte pas moins de douze pièces, sans compter la chaîne ni la poignée de tirage du levier. De plus, l'insertion de la soupape dans le diaphragme doit donner un guidage et une étanchéité précaires. Les modèles de robinets décrits ci-après sont préférables.

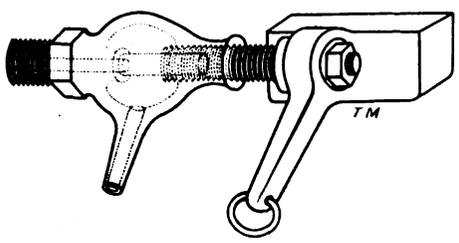


Fig. 5. — Robinet à soupape et à contrepoids latéral.

Robinet à soupape et à contrepoids latéral (fig. 5). — Ce robinet comporte un corps en forme de boule, à l'intérieur duquel fait saillie le siège de la soupape; celle-ci est un simple cylindre posé sur le siège, où il est appuyé par la pression d'une vis qu'un contrepoids, placé sur le côté, entraîne dans le sens du serrage. En soulevant ce contrepoids par le levier dont il est muni, la vis se desserre, la pression de la vapeur chasse la soupape qui laisse échapper l'eau ou la vapeur par la buse du robinet.

La manœuvre du contrepoids se fait directement, ou par l'intermédiaire d'une tringle ou d'une tirette.

Robinet à soupape et à contrepoids axial (fig. 6). — Ce robinet, moins volumineux que le précédent, est formé d'un siège de soupape vissé sur la chaudière et comportant, à la partie supérieure, une oreille sur laquelle s'articule un contrepoids à poignée piriforme. Cette poignée est creusée d'un trou cylindrique dans lequel se loge, avec un certain jeu, une soupape formée simplement d'une tige cylindrique. Elle est marquée en trait fort sur la figure. Le contrepoids a pour effet de tenir la soupape appliquée sur son siège. La position de cette soupape est réglée par une autre tige vissée dans la poignée, et dont l'extrémité aboutit au dehors, en un point où il est facile d'appliquer un tourne-vis pour effectuer le réglage.

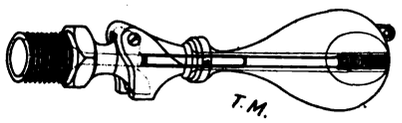


Fig. 6. — Robinet à soupape et à contrepoids axial.

En soulevant le contrepoids, à la main ou autrement, on découvre l'orifice de la soupape et on voit s'il sort de l'eau ou de la vapeur.

Ce robinet a l'avantage de tenir peu de place, mais il a le défaut de projeter la vapeur dans la direction de la poignée de manœuvre; il y a lieu de lui préférer ceux dont le corps est muni d'un bec ou d'une buse (fig. 5 et 6).

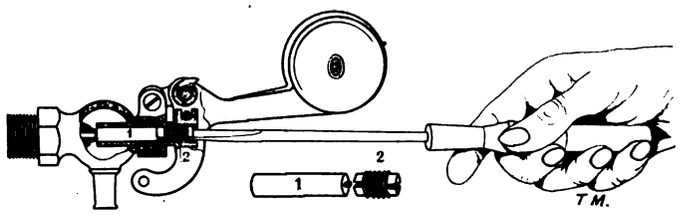


Fig. 7. — Robinet à soupape et à contrepoids par-dessus.

Robinet à soupape et à contrepoids par-dessus (fig. 7). — Ainsi que le montre clairement la figure, ce robinet possède comme le précédent une soupape cylindrique 1, et une vis de réglage 2, facilement accessible à un tournevis. Le contrepoids, articulé au-dessus du robinet sur un collier à serrage, agit par une seconde articulation sur une boîte cylindrique qui contient la soupape. L'ouverture du robinet se fait en soulevant le contrepoids au moyen du levier avec chaîne de tirage, placé au-dessous. L'écoulement de l'eau ou de la vapeur est facilité par la buse verticale placée sous le robinet.

Les robinets à contrepoids ont nécessairement des orifices très petits, afin que la pression agissant sur la surface de leur section n'exige pas un contrepoids trop fort. On peut donc craindre que ces petits orifices soient facilement obstrués par des dépôts de tartre. Avec les robinets autoclaves que nous allons décrire, cet inconvénient est moins à craindre, parce qu'on peut les établir avec des orifices plus grands. En outre, la suppression du contrepoids rend les robinets moins encombrants.

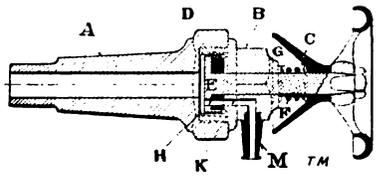


Fig. 8. — Coupe du robinet à soupape autoclave tournante et à poussoir.

Robinet à soupape autoclave tournante (fig. 8). — Il se compose d'une douille A, qui se visse sur la chaudière et qui porte un chapeau B, percé d'un orifice K communiquant avec la buse d'évacuation M. Le chapeau est traversé par la tige d'une sou-

Digitized by Google

pape E appliquée sur le fond du chapeau B par l'intermédiaire d'une rondelle D en métal relativement ductile. La pression de la vapeur fait appuyer la soupape sur le chapeau du robinet; la soupape est percée d'un trou H, qui peut venir en face du trou K, lorsqu'on la fait tourner au moyen du volant vissé à l'extrémité de sa tige. A l'aide de ce volant, on ouvre et on ferme le robinet.

Entre le moyeu du volant et le chapeau B est placé un cône protecteur C, garantissant la main de l'opérateur contre les fuites de vapeur qui pourraient se produire. Dans ce cône est logé un ressort F, appuyé sur deux rondelles G, qui applique la soupape E sur son siège lorsque la pression qui règne dans la chaudière n'agit pas, ou lorsque la soupape est paresseuse, ce qui peut arriver lorsque le fluide sous pression agit à la fois sur ses deux faces.

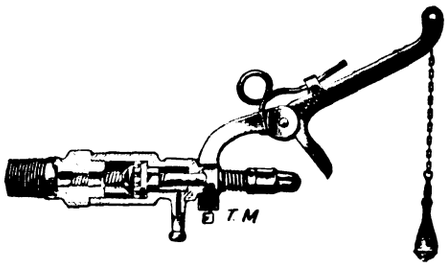


FIG. 9. — Robinet à soupape autoclave avec vis d'arrêt intérieure.

Ce robinet est d'un modèle intermédiaire entre le robinet à tournant proprement dit, et le robinet à soupape, à déplacement rectiligne. Il a été combiné par M. W. M. Baxter, inspecteur général de l'Illinois central Railroad; il est monté sur les locomotives de ce chemin de fer, où il donne entière satisfaction.

Il y a lieu de remarquer que le fonctionnement de ce robinet ne met en jeu aucun filetage susceptible de s'user par des ouvertures et par des fermetures répétées; il présente donc peu de chances de fuites. En appuyant sur le volant pour exercer une pression sur le ressort, on détache la soupape de son siège et on produit un soufflage qui nettoie les surfaces d'appui. Pour remplacer la soupape après usure, on n'a pas besoin de démonter le siège A du robinet; celui-ci reste en place sur la chaudière, et le trou taraudé sur celle-ci ne risque pas d'être agrandi par des démontages qui entraînent nécessairement le rafraîchissage des filets. Bien que ce robinet n'ait pas de garniture autour de sa tige, il est très étanche, car la soupape a une large surface d'appui. Ce modèle est tout à fait recommandable, surtout pour les chaudières (de locomotives ou autres) où son emplacement se trouve à la portée de la main du chauffeur.

Les robinets ci-après, avec tringles ou avec chaines de tirage, sont plus particulièrement destinés aux chaudières surélevées, où l'eau se trouve à un niveau hors de portée du conducteur ou du chauffeur. Il va sans dire que dans ce cas (comme aussi dans la plupart des autres installations), on place sous la buse ou sous le bec du robinet un petit entonnoir muni d'un tuyau de descente, qui tout en laissant voir la nature du fluide (eau ou vapeur) qui sort du robinet, recueille ce fluide et le fait écouler en un point où il ne risque pas de brûler le chauffeur.

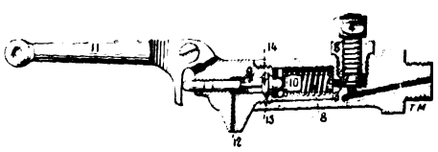


FIG. 10. — Robinet à soupape autoclave avec bouchon d'arrêt.

Robinet à soupape autoclave avec vis d'arrêt (fig. 9). — Ce robinet comprend une douille vissée sur la chaudière et une boîte à soupape fixée sur cette douille. La soupape appliquée sur son siège par la pression de la vapeur, est munie de deux tiges, terminées l'une par un écrou à chapeau et l'autre par un filetage. L'extrémité avec écrou peut être repoussée par un levier à poignée de tirage, ce qui fait ouvrir la soupape. Un ressort à boudin placé entre l'écrou et la boîte à soupape sert pour rappeler la soupape au cas où la pression n'agit pas.

L'extrémité filetée de la tige de la soupape permet de la visser sur la douille, ce qui obture l'orifice; on isole ainsi complètement la boîte à soupape et on peut la démonter pour vérification, nettoyage, rodage, etc.

Le levier de manœuvre est armé d'un ressort de rappel qui l'empêche de s'appuyer en permanence sur l'extrémité de la tige de la soupape.

Dans les deux robinets suivants, la vis d'arrêt, au lieu d'être sur la soupape même, est placée sur le corps du robinet. Cette disposition est préférable, parce que, dans le modèle précédent, les filetages de la vis d'arrêt et de son écrou sont constamment dans l'eau et dans la vapeur qui les entartrent facilement.

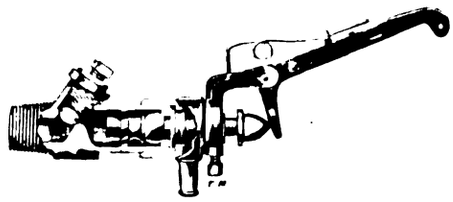


FIG. 11. — Autre robinet à soupape autoclave avec bouchon d'arrêt.

Robinets à soupape autoclave avec bouchon d'arrêt (fig. 10 et 11). — Ces robinets sont munis d'un pointeau à vis à double cône qui permet d'isoler de la chaudière l'intérieur de la boîte à soupape et la soupape elle-même; on peut ainsi les rafraîchir sans séparer de la chaudière le corps du robinet. L'un des cônes du pointeau fait joint sur le robinet, lorsque celui-ci est en démontage; l'autre cône faisant joint sur le bouchon, on évite ainsi les fuites lorsque le robinet fonctionne.

La soupape du robinet de la figure 10 est ouverte par la poussée du levier qui appuie sur sa tige; elle est fermée par la pression de la chaudière, aidée en cela, au début de sa course, par un ressort 8 contenu à l'intérieur de la boîte 7. Ce ressort s'appuie sur une rondelle de base 6 et pousse une rondelle de tête 10 qui, à son tour, pousse un piston 13, dont l'action est de fermer l'orifice derrière la soupape 14, de sorte que celle-ci est appliquée immédiatement sur son siège; ce robinet est très étanche.

La disposition représentée par la figure 11 est plus simple, et tout aussi satisfaisante. La soupape est munie d'une collerette à dents inclinées qui l'oblige à tourner sur elle-même à chaque déplacement, ce qui lui assure un bon portage.

Robinet à soupape autoclave simplifiée (fig. 12). — Ici, la soupape est une tige coulissant dans un presse-étoupes. La tige est percée d'un canal longitudinal partant d'un trou transversal et aboutissant à une pièce qui porte à la fois, la buse d'évacuation, une encoche pour recevoir le levier de manœuvre, et une rallonge passant dans le guide-support du levier. A l'aide de ce levier, on amène le trou transversal de la tige dans la boîte du robinet; l'intérieur de cette boîte est alors mis en communication avec l'atmosphère, où s'échappent l'eau et la vapeur de la chaudière.

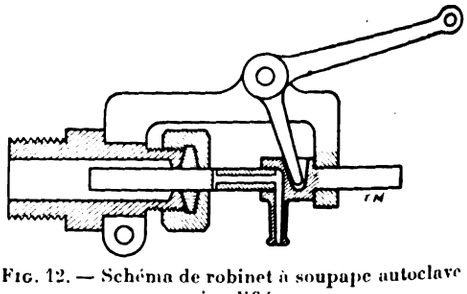


FIG. 12. — Schéma de robinet à soupape autoclave simplifiée.

Si on abandonne le levier, la pression de la vapeur repousse la tige dont l'ouverture sort du robinet; la communication entre la chaudière et l'atmosphère se trouvant interrompue, le robinet est fermé.

RÉSUMÉ. — En résumé, le choix d'un modèle de robinet de jauge de niveau est subordonné d'abord à l'emplacement dont on dispose pour l'installer, eu égard à la hauteur où il doit être placé, à la saillie qu'il peut faire et à la facilité de le manœuvrer. Quant au robinet lui-même, il est préférable qu'il soit autoclave, c'est-à-dire à fermeture par pression intérieure; il faut éviter de

Digitized by Google

le manœuvrer par des filetages, surtout par des filetages accessibles à l'eau et à la vapeur, car lorsqu'on emploie des eaux chargées de sels, il se dépose, sur les filets de minces couches de tartre qui usent très rapidement les vis et leurs écrous. Enfin, il faut adopter un modèle de robinet qui comporte un très petit nombre d'organes d'une exécution simple, et faciles à remplacer, afin que son entretien puisse se faire rapidement et à peu de frais.

Deux robinets, parmi ceux qui viennent d'être décrits, nous paraissent satisfaire le mieux aux conditions ci-dessus. Ce sont : 1° le robinet autoclave à soupape tournante et à poussoir employé par l'Illinois Central Railroad (fig. 8), qui convient pour les chaudières basses ; 2° le robinet autoclave simplifié (fig. 12) et à chaîne de tirage, qui peut se placer sur les chaudières à plan d'eau élevé. P.-B. D'A.

MÉTALLURGIE

Application du thermit anti-soufflures aux lingots d'acier doux.

Le thermit anti-soufflures sert à améliorer la qualité des lingots d'acier doux, et son emploi, quand il est possible, permet d'éliminer ou de réduire au minimum les défauts tels que : cavités ou retassures, poches de liquation existant au-dessous du sommet des lingots, grandes soufflures, etc.

On peut également diminuer le nombre des petites soufflures et rendre le métal plus dense.

Le thermit anti-soufflures, employé pour traiter les lingots d'acier doux, se compose principalement d'un mélange formé, en proportions équivalentes, d'aluminium métallique et d'oxyde de fer. Aussitôt que ce mélange est porté à une température de plus de 1 200°, l'aluminium réduit l'oxyde de fer, d'après la formule bien connue :

$$3\,FeO + 2\,Al = 3\,Fe + Al^2O^3.$$

La quantité de chaleur, relativement considérable, dégagée par cette réaction, porte les produits traités à une température d'environ 3000° C. Le thermit est livré dans des boîtes en tôle comportant des trous dans lesquels on introduit des tiges de fer d'environ 10 mm de diamètre, qui servent à apporter les boîtes à la place désirée, au-dessus des masses de liquide, dans lesquelles on veut provoquer la réaction.

L'attention de l'inventeur ayant été attirée sur des applications nouvelles du procédé aluminothermique, il a procédé avec M. Biewend à des essais sur du fer fondu non siliceux, c'est-à-dire sur des brammes pour la fabrication de la tôle. Les résultats ayant été favorables dès le début, ces messieurs ont procédé à une série d'essais systématiques sur le procédé. En se basant sur un grand nombre de résultats obtenus avec des brammes d'un poids de 1000 kg et plus, les inventeurs ont déterminé la quantité de thermit suffisante pour les différents poids, le moment où le thermit devait être introduit après la coulée, de même que le moment auquel on doit procéder à une addition de métal pour obtenir les résultats les plus favorables.

On effectue la coulée des lingots directement par le haut, ou par en bas, d'après le principe des vases communicants. Dans ce dernier cas, on coule à la fois plusieurs lingots, et l'addition de métal a lieu, comme à l'ordinaire, avec un entonnoir. Les lingotières une fois remplies sont alors abandonnées à elles-mêmes, jusqu'à ce qu'une croûte d'épaisseur variable se forme sur les parois. L'épaisseur de la croûte dépend naturellement de la grosseur des brammes à couler. La boîte de thermit est ensuite enfoncée dans la lingotière, comme on l'a dit précédemment, jusqu'à sa partie la plus basse, et on l'y maintient jusqu'à ce que la réaction du thermit ait lieu (fig. 1). Lorsque cesse le bouillonnement énergique et subit du fer dans la lingotière, produit par cette réaction, la surface de la masse encore liquide s'abaisse d'environ 70 à 150 mm, tandis que les parois solidifiées restent intactes. Il faut alors verser par le haut, le plus tôt possible, autant de métal liquide, venant directement de la poche, qu'il est nécessaire pour élever la surface de la masse intérieure liquide du lingot jusqu'au niveau de la croûte. On pose ensuite les couvercles sur les lingotières et les lingots sont abandonnés à eux-mêmes jusqu'à solidification complète.

Action du thermit. — Les produits résultant de la réaction du thermit dans le fond de la lingotière, c'est-à-dire le fer thermit et la scorie, ont une température beaucoup plus élevée que celle de l'acier doux qui les entoure, mais un poids spécifique considérablement moindre que celui de l'acier ; c'est pourquoi ils sont projetés avec violence vers la surface, en produisant ainsi le fort bouillonnement du fer dont il est question plus haut et dont l'effet doit être extrêmement favorable : d'une part, il permet d'obtenir un brassage le plus parfait possible de la masse liquide ; d'autre part, le fer de la partie supérieure, qui s'est refroidie considérablement par rayonnement, est remplacé par du métal plus chaud provenant de l'intérieur du lingot. Ceci oppose un sérieux obstacle à la formation des soufflures, mais l'effet du thermit est encore augmenté par l'addition de la grande quantité de métal qu'on introduit par le haut. La diminution de volume résultant de la contraction et de l'élimination des gaz est ainsi compensée d'une manière si complète qu'il arrive souvent que, par suite de l'importance de la contraction, un excès de métal est refoulé vers le haut avec une force suffisante pour soulever le couvercle. La formation de toute soufflure est donc rendue ainsi impossible. De plus, à l'encontre de ce qui se passe ordinairement lors de la coulée des lingots, les couvercles ne sont posés sur les lingotières que relativement tard, ce qui facilite le dégagement d'une grande quantité de gaz. Une seconde élimination des gaz se produit au moment du bouillonnement énergique provoqué par la réaction du thermit.

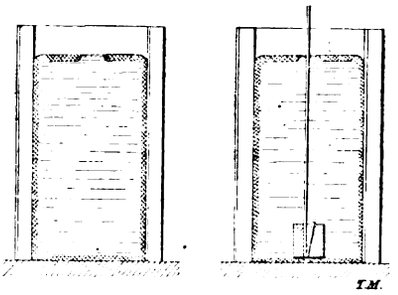


Fig. 1. — Introduction de la boîte de thermit dans la lingotière.

Ces divers mouvements sont favorisés par le courant des gaz qui n'est pas interrompu trop tôt par la pose du couvercle sur la lingotière, et grâce à l'addition de métal frais, le sommet des lingots conserve sa chaleur pendant un temps relativement long. Les lingots thermit fournissent un rendement très élevé dans les laminoirs. Les tôles laminées, en partant de lingots thermit, par exemple, peuvent être employées pratiquement dans leur intégralité et l'on ne doit sacrifier qu'une partie très minime de la tête et de la partie inférieure. Puisque les effets du thermit, employé convenablement, sont absolument certains, on peut donc prévoir pour les laminoirs un rendement beaucoup plus élevé si on emploie des lingots thermit de préférence aux lingots ordinaires.

Les chutes de lingot, qui, habituellement, représentent un pourcentage élevé, sont presque supprimées. Le rendement total est, par conséquent, considérablement augmenté, quoique les dépenses auxquelles donne lieu l'emploi du thermit soient relativement faibles.

Jusqu'à présent, on n'a pas eu régulièrement l'occasion de traiter de forts lingots avec le thermit. Aucune étude systématique n'a donc été faite à cet égard et il serait prématuré d'indiquer des résultats.

Le prix des tiges servant à l'introduction des boîtes est à peu près compensé par le fer provenant de la réaction du thermit et que le lingot s'assimile.

Digitized by Google

Résultats. — Nous donnons ci-après quelques résultats obtenus au cours des nombreux essais entrepris dans le but de déterminer les effets du thermit anti-soufflures.

Dans le premier essai, on employa le thermit pour améliorer la qualité d'un acier doux non silicieux. On coula deux brammes d'environ 5800 kg chacune, dont l'une fut seule traitée par le thermit de la manière indiquée précédemment. Le lingot traité fut réduit en tôles de 2m,917 de largeur, 19 mm d'épaisseur et 9m,880 de longueur, avec un rendement de 75 %. L'éprouvette prise au pied de la tôle donna une résistance de 35 kg 7 par millimètre carré et un allongement de 31 %. Celle qui fut prélevée dans la tête de la tôle donna une résistance de 37 kg 6 par millimètre carré et 29,5 % d'allongement. La bramme non traitée par le thermit, laminée en tôles de 3m,070 de largeur, 23 mm d'épaisseur et 6m,340 de longueur, donna un rendement de 68 %. L'éprouvette de traction prise à la tête de la tôle accusa une résistance de 38 kg 6 et un allongement de 25 %, tandis que l'éprouvette correspondant au pied de la tôle donna une résistance de 35 kg 3 par millimètre carré et 33 % d'allongement.

Le tableau I donne des renseignements complémentaires. Les lingots qui y figurent ont été coulés par la partie inférieure de la lingotière. L'analyse montre également la grande homogénéité du métal traité par le thermit. Le tableau II fournit quelques détails sur les résultats et des chiffres indiquant les résistances respectives.

Les résultats de ces premiers essais ayant été favorables, on fut conduit à les continuer sur un grand nombre de lingots de poids différents afin d'obtenir une bonne moyenne.

4 409 lingots de 1 000 kg à 6000 kg furent traités avec le thermit; le coût supplémentaire nécessité par l'emploi de ce produit ne s'éleva qu'à 1 fr 84 par tonne de lingot.

Le poids des brammes fut réduit de 3 % à 5 % en comparaison de celui qui correspond aux coulées ordinaires... Sur 4 409 lingots laminés en tôle, 16 seulement accusèrent quelques défauts, qui doivent être attribués à la qualité du métal. Le poids total des brammes qui ont fourni ces seize tôles s'élevait à 22500 kg sur un poids total de 7628 t pour les 4 409 lingots. Les déchets n'atteignirent qu'un pourcentage extrêmement faible, inférieur à 0,3 %. Le tableau II donne le poids des différentes brammes traitées et le poids de thermit employé.

On constate ici une augmentation de rendement de plus de 5 %. Si la différence entre le prix des tôles et le prix des déchets est représentée par 0 fr 75 par tonne, l'emploi du thermit permet d'obtenir une économie de $\frac{7628.5}{100}\ 60 = 28\,600$ fr, tandis que les aciéries n'avaient dépensé que 14075 fr pour l'emploi du thermit. Le profit net s'élève donc à 14 525 fr ou environ 1 fr 875 par tonne de bramme.

A cette économie pécuniaire, il faut également ajouter d'autres avantages qui ne peuvent être chiffrés; c'est d'abord l'augmentation de la production, sans agrandissement des ateliers, et la diminution des déchets. Le laminage est rendu plus simple grâce à l'absence de déchets; le découpage et l'apprêtage des tôles défectueuses étant supprimés, les travaux et la préparation des commandes subissent de moindres délais. L'amélioration de la qualité des produits, grâce à l'emploi du thermit, constitue également un avantage important.

Il est évident qu'on peut obtenir les mêmes résultats en traitant par le thermit l'acier non silicieux, qui sert à d'autres usages qu'à la fabrication des tôles. Par exemple, par suite de l'homogénéité des tôles traitées par le « thermit », leur réception aura toujours lieu sans difficulté.

Le thermit semble plus spécialement désigné à l'attention des usines qui produisent de gros lingots coulés par la partie supé-

Tableau I. — Analyse et essais de résistance effectués sur des tôles obtenues par le laminage de lingots traités par " le thermit ".

NUMÉROS	ANALYSES								ESSAIS DE DÉCHIRURE CORRESPONDANTS			
	TÊTE				PIED				TÊTE		PIED	
	C %	Mn %	P %	S %	C %	Mn %	P %	B %	Résistance à la rupture kg/mm²	Allongement %	Résistance à la rupture kg/mm	Allongement %
1	0,082	0,40	0,022	0,040	0,078	0,40	0,019	0,038	37,9	28,0	36,2	30,5
2	0,072	0,49	0,048	0,046	0,070	0,48	0,033	0,040	37,7	29,5	36,2	32,0
3	0,076	0,45	0,048	0,020	0,070	0,43	0,026	0,018	38,2	27,5	36,0	31,5
4	0,071	0,47	0,040	0,030	0,069	0,45	0,032	0,026	36,8	28,5	35,1	32,0
5	0,082	0,45	0,028	0,020	0,074	0,43	0,026	0,018	38,6	26,5	36,1	31,0

Tableau II. — Résultats des essais de résistance effectués sur des tôles obtenues par le laminage de lingots traités par " le thermit ".

OBSERVATIONS	NUMÉRO de la tôle	POIDS du lingot	LARGEUR de la tôle en mm	ÉPAISSEUR de la tôle en mm	LONGUEUR de la tôle en mm	RÉSISTANCE à la rupture en kg/mm²	ALLONGEMENT	ENDROIT de l'essai
Avec du thermit	1	1 285	2 355	11	160	36,8	32,0	Pied.
						38,6	28,5	Tête.
—	2	1 295	2 100	10	120	36,6	30,0	Pied.
						37,8	28,0	Tête.
—	3	1 295	2 355	11	120	36,1	32,0	Pied.
						38,2	29,5	Tête.
—	4	1 290	2 355	11	120	36,4	31,0	Pied.
						38,1	29,5	Tête.
Sans thermit	5	1 245	2 115	10	770	36,8	28,0	Pied.
						41,9	20,0	Tête.

Digitized by Google

rieure des lingotières, et destinés au laminoir. Lorsqu'on lamine ces gros lingots, il faut compter sur un pourcentage de déchets, élevé, parce qu'ils ont, dans la plupart des cas, de fortes soufflures surtout dans la partie inférieure. Ils comportent de nombreuses impuretés très irrégulièrement distribuées dans la masse. L'emploi du thermit permet d'éviter ces deux graves inconvénients. Le thermit est également très utile quand il s'agit de produire des lingots silicieux forgés, car il rend le métal plus dense et les qualités mécaniques plus uniformes.

Des essais actuellement en cours montreront s'il est possible d'appliquer le thermit dans le traitement du fer siliceux, et de quelle manière les opérations doivent être conduites. D.

Presse à tréfiler et presse à gabarier de 8 000 t en acier moulé.

Parmi les pièces importantes d'acier moulé coulées depuis 1911 dans les Établissements Schneider et Cie, il y a lieu de

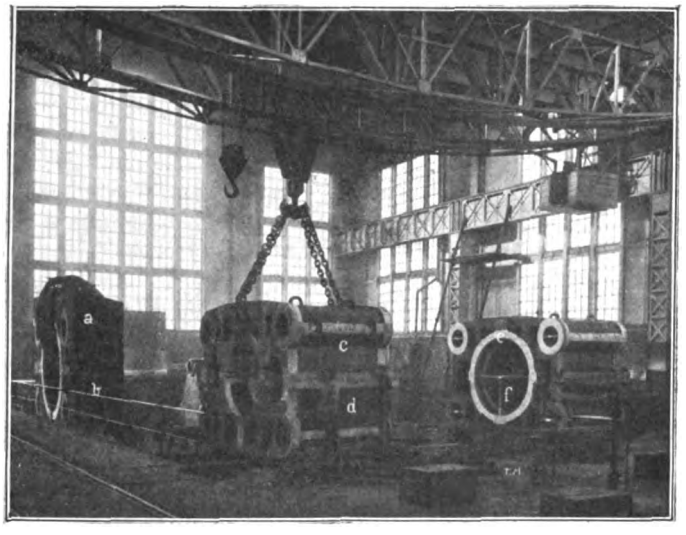


FIG. 1. — Pièces pour presse à tréfiler de 8 000 tonnes. — *a*, *b*, bâti; *c*, *d*, entablement supérieur; *e*, *f*, entablement inférieur.

signaler les pièces relatives à une presse à tréfiler de 8 000 t et celles d'une presse à gabarier d'égale puissance.

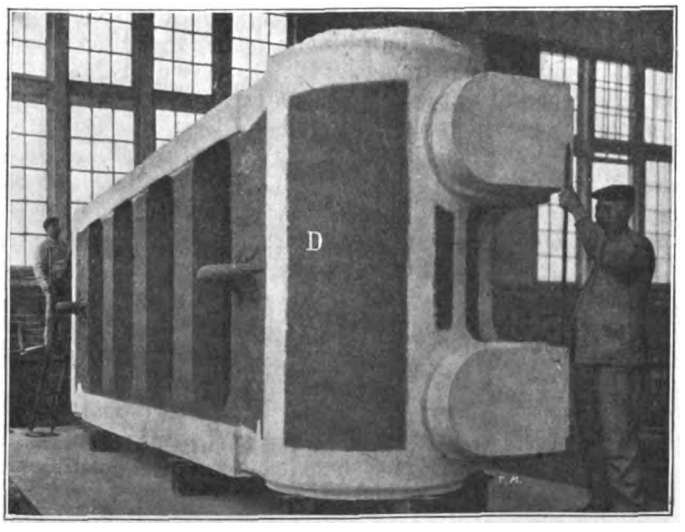


FIG. 2. — Sommier inférieur de la presse à gabarier de 8 000 tonnes.

Les pièces de fort tonnage concernant la presse à tréfiler (fig. 1) sont au nombre de six et se répartissent de la façon suivante :

1° Un bâti en deux parties : *a* et *b*;

2° Un entablement supérieur en deux parties : *c* et *d*;

3° Un entablement inférieur en deux parties : *e* et *f*.

Les pièces concernant la presse à gabarier (fig. 2), au nombre de cinq, se répartissent comme suit :

1° Un tas (1 partie) : A;

2° Un sommier supérieur en deux parties : B et C;

3° Un sommier inférieur en deux parties : D et E.

Par suite du tonnage élevé des pièces B, C, D, E, des disposi-

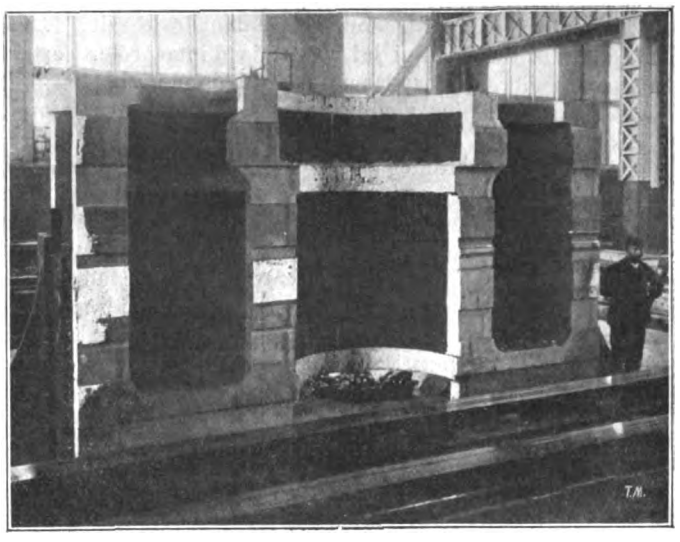


FIG. 3. — Sommier supérieur de la presse à gabarier de 8 000 tonnes.

tions tout à fait spéciales ont été prises pour les coulées. Celles-ci ont été effectuées à l'aide de réservoirs contenant jusqu'à 45 t d'acier et de plusieurs poches suspendues.

Les figures 1, 2 et 3 indiquent la forme générale de ces pièces et leur importance. Le tableau I donne leurs principales caractéristiques.

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DES PIÈCES DE LA PRESSE A TRÉFILER ET DE LA PRESSE A GABARIER.

	PIÈCES	POIDS BRUT (avec masselotte) en kg	POIDS NET (après usinage) en kg	ENCOMBREMENT des pièces usinées en mètres
				Long. Larg. Haut.
Presse à tréfiler de 8 000 t	*a*	45 000	32 500	5,100 × 2,150 × 1,450
	b	45 000	32 500	5,100 × 2,150 × 1,450
	c	70 000	54 000	4,800 × 1,700 × 2,650
	d	64 000	54 000	4,800 × 1,700 × 2,650
	e	76 000	54 500	4,800 × 1,700 × 2,650
	f	64 000	54 500	4,800 × 1,700 × 2,650
Presse à gabarier de 8 000 t	A	67 000	47 500	4,500 × 3,500 × 0,600
	B	93 000	50 500	7,250 × 1,350 × 2,450
	C	98 000	52 000	7,250 × 1,350 × 2,450
	D	110 000	70 000	6,750 × 1,250 × 2,200
	E	110 000	72 800	6,750 × 1,250 × 2,200

S. G.

MINES

Nouvelles expériences sur les poussières de houille et sur les moyens de combattre leurs dangers.

La série d'essais, exécutés de mai à août 1910 (1), dans la galerie de Liévin, et récemment exposée par M. Taffanel dans les *Annales des Mines*, avait surtout pour but d'étudier le développe-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 9 (août 1909), p. 417; t. II, n° 4 (avril 1911), p. 256; n° 5 (mai 1911), p. 307; t. IV, n° 5 (1er mars 1912), p. 188.

Digitized by Google

ment d'une explosion de poussières et de chercher à l'arrêter après une certaine extension.

Il est très difficile d'avoir la certitude que les méthodes d'arrêt employés seront efficaces car, en admettant que l'on sache par les expériences ce qui peut se passer dans un élément de galerie, on ignore ce qui arriverait si l'explosion avait déjà parcouru tout un quartier de mine. Si l'on ne peut conclure avec certitude, on pourra pourtant classer les divers procédés d'arrêt suivant leur plus ou moins grande efficacité.

Après avoir exposé la méthode suivie dans les essais, M. Taffanel établit la théorie qui lui a permis d'interpréter certains résultats singuliers des expériences et qui donnera la possibilité d'étendre à des cas plus complexes les résultats des cas simples étudiés.

Les essais ont été faits dans une galerie de 230 m de longueur et $2^{m^2}80$ de section, formée de deux tronçons, l'un, de 30 m, en béton armé, l'autre constitué par un tube d'acier doux de $2^m,10$ de diamètre et 10 mm d'épaisseur, garni intérieurement de planches pour donner aux parois une conductibilité analogue à celle des galeries de mine. Des hublots permettent d'observer la flamme; une des extrémités de la galerie est fermée, l'autre ouverte. Il n'y a a pas de soupape de dégagement, mais il s'est produit des fuites qui ont été mises en évidence, à une certaine période des essais, par l'étude des vitesses de propagation. L'étanchéité normale a ensuite été rétablie.

Les poussières provenaient de charbon de Liévin à 29 ou 31 % de matières volatiles (cendres déduites) et 6 à 12 % de cendres. Le charbon était passé pendant plus ou moins de temps au pulvérisateur Alsing, selon la finesse que l'on désirait obtenir. On pesait la quantité à répartir sur une certaine longueur de galerie et on répandait à la main. Afin d'obtenir à coup sûr l'explosion, les 5 premiers mètres étaient garnis de poussières très fines; la détonation de trois cartouches de dynamite-gomme, dans un canon sans bourrage, provoquait l'explosion. Après chaque essai, les poussières résiduelles étaient soigneusement enlevées.

Divers appareils permettent de mesurer et d'enregistrer: 1° les vitesses de propagation de la flamme; 2° celles d'une onde de pression en un point; 3° les maxima et minima de pression.

Gisements continus de poussières de houille. — Les premiers essais furent faits sur une portion seulement de la galerie et permirent de constater que l'allongement de la flamme au delà du gisement croît avec lui; il en est de même des pressions qui ont toujours été plus fortes au voisinage de l'orifice qu'à l'origine.

La violence des explosions, qui peut être caractérisée par la vitesse de propagation de la flamme ou par les pressions développées, croît avec la finesse et avec la quantité des poussières déposées.

Certaines explosions ont donné des coups dits « à balancement » où la flamme, après avoir parcouru une certaine longueur de galerie, semble stationner, quoiqu'elle progresse toujours dans le nuage poussiéreux. Cela tient à ce que la vitesse de propagation est assez lente pour que les gaz brûlés se refroidissent : la pression en arrière de la flamme s'abaisse, et la colonne d'air est rappelée en arrière.

Après quelque temps, la flamme avance de nouveau. Dans ce cas, la pression ne dépasse guère 200 à 300 gr par centimètre carré.

Si le gisement est plus favorable, la flamme n'est plus rappelée en arrière; sa vitesse croît de plus en plus, et d'autant plus vite que l'explosion est plus violente.

L'instant de passage de la flamme n'est pas très nettement défini, car elle se propage en pointe dans la région axiale et peut atteindre une centaine de mètres de longueur, mais la durée de ce passage devient vite très faible.

La pression provoquée par la détonation de la dynamite s'atténue rapidement et devient, à 50 ou 100 m de l'origine, inférieure à celle que produit l'explosion des poussières. Celle-ci ne dépasse pas 1 à 2 kg à 100 ou 150 m de l'origine, monte à 3 ou 5 vers 180 m et atteint des valeurs considérables près de l'orifice. Les gisements se classent dans le même ordre d'après les vitesses de propagation ou d'après les pressions. Le phénomène complet de l'explosion se termine par une dépression, ordinairement de 200 à 300 gr, pouvant atteindre 500 gr par centimètre carré et qui a causé le renversement, à l'intérieur de la galerie, d'un fond provisoire de terre et de bois.

En dehors de deux essais qui ont démoli le fond ou fait éclater les derniers mètres de la galerie, on a souvent observé des effets dynamiques, tels que la rupture des verres armés des hublots, ou l'arrachement des garnissages. Un essai, qui a donné une pression de 12 kg à l'orifice, a causé des ruptures de vitres jusqu'à 1 700 m de la galerie.

Gisements discontinus. — Certains gisements de poussières trop grossières ou trop pauvres en matières volatiles pour donner naissance à un coup de poussières généralisé, sont susceptibles, quand l'explosion a pris une certaine importance, de propager la flamme à une assez grande distance et même d'entretenir, sinon d'accroître, la violence de l'explosion. La présence d'une certaine proportion de grisou dans l'atmosphère de la galerie, pourrait aussi augmenter le danger des poussières de charbon maigre.

Une zone de 100 m dépoussiérée, schistifiée, ou même arrosée, n'arrête la flamme que si la violence de l'explosion initiale, ou le développement qu'elle a pris n'est pas trop considérable. Il semble que la chasse d'air précédant la flamme entraine assez de poussière de houille pour permettre la propagation dans la zone d'isolement, mais ne soit pas capable de balayer assez rapidement une nouvelle zone dangereuse pour que la flamme n'y trouve plus d'aliment. Moins les poussières sont fines dans cette nouvelle zone, plus le passage est facilité.

Une teneur de 40 % de schistes dans les poussières suffit pour empêcher une explosion de prendre naissance, mais une teneur de 50 ou 75 % ne donne pas une garantie absolue d'arrêt dans le cas d'une explosion bien amorcée. Les zones arrosées donnent un effet un peu meilleur; bien qu'il soit très difficile de mouiller les poussières, les chasses d'air sont suffisantes pour produire le brassage, surtout si les poussières sont fines. Dans ce cas, avec un poids d'eau triple ou quadruple de celui des poussières, la flamme fut arrêtée; avec des poussières plus grossières, on eut un coup à balancement et la flamme passa.

Pour obtenir l'ininflammabilité absolue, on est conduit à employer des matières incombustibles en grand excès; il faut, de plus, dépasser de beaucoup la limite pour parer au chevauchement des zones par l'entraînement des chasses d'air. M. Taffanel a été ainsi conduit à accumuler en un point une grande quantité de matériaux incombustibles.

Le dispositif qui a donné les meilleurs résultats, au double point de vue de la proportion de poussières soulevées et de la réduction de l'obstruction pour ne pas nuire à l'aérage, consiste à placer les substances incombustibles sur des planches près du plafond de la galerie.

Le taux d'obstruction était de 15 à 16 %. Toutes les explosions franches ont complètement nettoyé les plates-formes, et la flamme a toujours été coupée, sauf pour un essai fait dans des conditions très particulières. Les coups à balancement soulèvent beaucoup moins bien les matériaux accumulés; pourtant, sur neuf de ces essais, il n'y a eu qu'un seul passage de flamme, mais on avait alors employé comme matières incombustibles des scories de chaudières en gros morceaux.

Des bacs à eau, disposés de la même manière, ont toujours coupé la flamme, même dans les coups à balancement.

Cette méthode des arrêts-barrages semble de beaucoup la plus efficace.

Étude théorique des explosions de poussières. — Pour établir cette théorie, M. Taffanel suppose que les gaz sont des

Digitized by Google

gaz parfaits, que la galerie est un cylindre où les mouvements se font par tranches suivant des sections droites, que les frottements sont négligeables et qu'il n'y a pas d'échange de chaleur entre les gaz et les corps solides, en dehors de la période de combustion.

On appellera onde condensée celle qui augmente la pression; onde dilatée, celle qui la diminue.

Le front de l'onde sera la zone de transition; il tend à se resserrer pour une onde condensée, à s'étaler pour une onde dilatée; à la limite, une onde condensée produit un changement brusque de pression, elle devient onde de choc.

Pour l'air normal, dans les conditions des essais, cette limite était pratiquement atteinte quand la vitesse de propagation était de 314 m, correspondant à un violent coup de poussières.

La détonation de la dynamite donne une onde de choc.

Dans les applications, on choisira un sens positif et on appellera onde directe celle qui se propage dans ce sens; les autres seront des ondes inverses.

Les ondes condensées accroissent la vitesse des tranches dans le sens de leur propagation, les ondes dilatées produisent l'effet contraire.

La construction des diverses courbes représentatives des formules auxquelles conduit la théorie permet les remarques suivantes :

1° Toute onde dilatée ou condensée, prenant naissance après l'onde de choc, rattrape rapidement celle-ci et en atténue ou en accroît l'intensité. Dans le cas de la détonation de la dynamite, l'onde de choc est immédiatement suivie d'une onde dilatée, qui ramène la pression à la valeur plus faible résultant de la combustion des poussières;

2° Une onde continue condensée n'est rattrapée par l'onde dilatée qui la suit que lorsqu'elle tend à devenir onde de choc;

3° La vitesse que prend le front raidi d'une onde continue devenant onde de choc, est intermédiaire entre les vitesses absolues les plus faibles et les plus élevées des tranches élémentaires qui composaient l'onde continue;

4° La variation de vitesse de l'air ou de vitesse d'entraînement, amenée par le passage d'une onde, est la même, en valeur absolue et en signe, avant et après le croisement d'une onde directe et d'une onde inverse. La variation de vitesse d'entraînement causée par une onde est donc caractéristique de cette onde: c'est l' « entraînement » de l'onde. Il sera positif pour les ondes directes condensées et inverses dilatées; négatif pour les ondes directes dilatées et inverses condensées.

Par suite, la différence entre les vitesses finale et initiale d'une tranche d'air est égale à la somme algébrique des entraînements des ondes continues qui ont passé sur cette tranche.

5° Lorsqu'une onde continue directe atteint un fond fermé, elle se réfléchit et donne naissance à une onde inverse d'entraînement égale et de signe contraire.

La réflexion d'une onde condensée donne une onde condensée et fait un peu plus que doubler l'accroissement de pression; la réflexion d'une onde dilatée donne une onde dilatée et fait un peu moins que doubler la diminution de pression. L'onde réfléchie laisse toujours derrière elle un milieu en repos;

6° Lorsqu'une onde continue directe atteint un orifice libre, elle se réfléchit et donne une onde inverse de même entraînement, en valeur absolue comme en signe. La réflexion d'une onde continue sur un orifice libre engendre une onde dilatée et l'augmentation de vitesse des tranches, produite par l'onde directe, est doublée par l'onde réfléchie.

Après un changement de section permanent, l'onde initiale se continue par une onde dont l'entraînement conservant le même signe, une plus grande valeur absolue si la section se rétrécit, une plus petite si elle s'élargit. L'onde réfléchie est de même nature s'il y a rétrécissement; de nature inverse dans le cas contraire.

Un rétrécissement local augmente la vitesse d'entraînement proportionnellement à son importance. En deçà et au delà, la vitesse initiale persiste.

Relations entre les lois de la combustion et le développement des explosions. — La distillation et la combustion de particules solides ont pour effet de modifier le volume et la pression de la masse gazeuse; ces modifications se transmettent par des ondes condensées. Les lois de génération des ondes issues de la combustion, c'est-à-dire les lois du développement des explosions, seront donc régies par la relation qui définit la vitesse et le mode de combustion en fonction de la pression, du volume spécifique et des vitesses d'entraînement de l'air et des gaz, ainsi que de leur accélération.

Les valeurs absolues des vitesses de l'air et du gaz dépendent de l'allure de la combustion, que peut faire varier le passage d'ondes successives, ou un changement de composition du milieu; ces vitesses restent constantes tant que le régime de combustion ne change pas et en l'absence de tout passage d'onde.

La pression et la vitesse qui s'établissent après un changement dans le régime de combustion, sont les mêmes que si ce régime avait été établi tout d'abord.

Le tableau suivant permet de comparer les intensités des phénomènes dans le cas d'une galerie ouverte et d'une galerie en cul-de-sac :

	GALERIE ouverte	GALERIE en cul-de-sac
Pression	44 gr	190 gr
Vitesse de l'air	10 m	40 m
Vitesse absolue de propagation de la flamme . .	18 m	48 m

En réalité, la vitesse de combustion n'est pas indépendante du milieu dans lequel se propage la flamme. M. Taffanel a pu établir approximativement une relation entre la vitesse de la combustion et celle de l'air et en a déduit les différentes formes que peut prendre l'explosion. Suivant les conditions des essais, les ondes réfléchies sur le fond augmentent ou diminuent la vitesse de la combustion, l'explosion se généralise ou s'amortit.

Application de la théorie aux expériences. — Le diagramme des variations de pression en un point montre d'abord que l'onde provoquée par la détonation de la dynamite est bien une onde de choc : la pression monte brusquement, puis diminue, en s'éloignant de l'origine, jusqu'à atteindre la pression correspondant à la combustion des poussières. Cette pression est de 180 à 200 g et correspond à une vitesse d'air de 32 m qui met les poussières en suspension. Pour une telle vitesse d'air, la baisse de pression que devraient causer les frottements sur les parois peut être négligée.

Il n'y a de variation sensible de pression, au voisinage de l'orifice, que si la succession des ondes directes est très rapide; ce résultat est conforme à la théorie, puisque l'onde réfléchie sur un orifice libre doit annuler l'augmentation de pression causée par l'onde directe.

Le passage de l'onde résultant de la réflexion sur l'orifice d'une onde de choc est marqué, sur le diagramme, par un changement brusque de direction de la tangente. On peut ainsi mesurer la vitesse absolue de propagation de cette onde réfléchie et en déduire les vitesses des chasses d'air qui suivent l'onde de choc. On n'a ainsi qu'une vitesse moyenne, mais elle est comparable à celle obtenue par le calcul. Elle est d'environ 28 m près de l'orifice; c'est donc de cette quantité qu'augmente, après son passage, la vitesse de l'air.

L'étude de M. Taffanel porte sur six essais effectués dans des conditions semblables de gisement.

Trois de ces essais, sans aucun dispositif d'arrêt, ont donné des explosions franches; pour deux autres, la flamme fut coupée par un arrêt-barrage placé entre 150 et 160 m de l'ori-

Digitized by Google

gine ; pour le dernier, la galerie avait été obstruée à moitié par de la terre sur les 3 derniers mètres.

Un enregistreur, maintenu à la même cote pendant les trois premiers essais, a donné des résultats absolument comparables ; un autre, placé en différents points, montre l'accroissement de pression avec la distance à partir du fond. Dans les essais avec arrêt-barrage ou avec obstruction, les enregistreurs ont mis en évidence la chute progressive de pression après l'extinction de la flamme.

La courbe de vitesse de combustion montre que cette vitesse croît rapidement avec celle de l'air, même en l'absence de remous ; elle passe de quelques mètres, vers l'origine, à plus de 200 m au voisinage de l'orifice.

Si l'on tente, d'après cette courbe, d'établir la loi d'accroissement de la pression et de prévoir l'évolution de l'explosion, on est conduit à des explosions plus violentes que dans la réalité. Cela tient à l'existence d'ondes dilatées, venant de la région des gaz brûlés ; leur entraînement permet d'évaluer l'importance du refroidissement et des fuites dont ces ondes sont la conséquence.

L'influence de l'orifice ne se manifeste qu'environ une seconde après l'explosion initiale, à environ 65 m du fond ; il est vraisemblable que tout se passerait, dans une galerie de mines à parois lisses, de la même façon que dans cette partie.

La rencontre des premières ondes réfléchies, vers la cote 65, provoque un accroissement rapide de la vitesse de combustion ; cet accroissement redevient normal jusqu'à la rencontre, vers la cote 105, des ondes réfléchies provoquées par les ondes directes nées de l'accroissement rapide précédent. Ces accroissements se multiplient à mesure que la flamme approche de l'orifice ; il en est de même des pressions. Cette montée rapide de la pression donne à penser qu'au voisinage de l'orifice, l'explosion se propage avec un régime d'onde de choc et combustion.

Le tracé des trajectoires des tranches d'air conduirait à la conclusion qu'une zone d'arrêt, pour être efficace, devrait avoir une longueur égale au produit du parcours de la flamme avant cette zone par le coefficient 1,75.

Dans la pratique, cette conclusion est atténuée par le mélange, aux poussières charbonneuses entraînées, de poussières schisteuses qui rendent le mélange incombustible, après un parcours assez faible sur la zone schisteuse.

En étudiant les essais avec arrêts-barrage à 150-160 m, on voit que les ondes réfléchies condensées, qui ont certainement été provoquées par la présence de l'arrêt-barrage, n'ont pas d'effet jusqu'à la cote 100.

Après le passage de la première onde réfléchie venant de l'orifice, la vitesse de l'air croît et la résistance de l'arrêt-barrage devient sensible ; de plus, l'accroissement de vitesse de l'air augmente la précipitation des scories, ce qui accroît encore les résistances. Les ondes réfléchies par le dispositif ont un entraînement total dont la vitesse atteint 30 m pour une vitesse d'air de 110 m ; leur effet compense, puis dépasse celui des ondes réfléchies par l'orifice.

Des vitesses d'air de 30 m ne produisent qu'un soulèvement assez faible des matériaux incombustibles ; mais, pour une vitesse de 100 m, le rideau de schistification intensive a une longueur de 40 m lorsque la flamme atteint l'arrêt. La quantité de scories était de 750 l pesant 550 kg ; un courant d'air de 100 à 125 m pendant 5/10 de seconde n'a pas suffi à tout enlever.

L'essai avec obstruction de la moitié de la section, au voisinage de l'orifice, a présenté cette particularité que la vitesse d'air et de flamme a diminué pendant le soulèvement de la masse de terre, puis augmenté quand l'orifice s'est dégagé, mais en restant très inférieures aux valeurs atteintes lors des autres essais.

Conclusion. — Bien que l'orifice libre constitue un cas très particulier, on peut dire que, en dehors de la cause initiale et de la nature du gisement, l'allure d'une explosion de poussières dépend des dispositions des galeries ou des quartiers avoisinants. Ainsi, toute obstruction en avant de la flamme, ou toute détente en arrière amortissent l'explosion, tandis qu'un élargissement en avant ou une résistance en arrière l'activent.

Essais d'inflammabilité. — M. Taffanel a fait deux séries d'essais pour étudier dans quelles conditions s'enflamment et brûlent les nuages de poussières.

Les premiers furent faits dans un tube en porcelaine de 10 cm de longueur et 25 mm de diamètre, chauffé au chalumeau ou au four électrique.

La température était mesurée avec un couple thermo-électrique. La quantité de poussière et sa finesse étaient constantes et, quelle que soit la houille employée, la température d'inflammation fut comprise entre 750 et 800° ; seules, la grosseur et l'intensité de la flamme variaient.

Ces flammes ont été photographiées et classées suivant leur volume et leur intensité.

L'inflammabilité croît avec la finesse et augmente encore si on ajoute quelques particules plus grosses ; elle croît aussi avec la teneur en matières volatiles ; l'addition de schistes la diminue ; la température du four n'a que peu d'action.

Des poussières provenant du fond, oxydées, ont été trouvées moins inflammables que les poussières fraîches ; donc les gisements reconnus sûrs en galerie le seront *a fortiori* au fond.

Le fait que certaines substances solides, combustibles, telle que le coke, donnent une couronne de points en ignition, mais pas de flamme, fait penser que ce sont les matières volatiles qui provoquent l'inflammation. La composition des gaz de houille étant sensiblement constante, cela expliquerait que l'inflammation se soit produite à la même température pour toutes les houilles essayées.

La deuxième série d'essais fut faite avec un injecteur à poussières. C'était un tuyau conique de 72 cm de diamètre à l'orifice et 25 cm à la base, sur 3 m de longueur. L'air, chargé de poussières, y est soufflé ; après l'inflammation, la flamme progresse dans le cône et s'arrête au point où la vitesse de l'air est égale à la vitesse de combustion. Cette vitesse a été ainsi trouvée de 10 à 20 m ; en soufflant le nuage à l'air libre, elle ne paraissait pas dépasser 10 à 15 m.

Avec 200 gr de poussières par mètre cube, l'inflammation était facile.

Ces essais ont montré qu'une petite flamme suffit pour allumer les nuages poussiéreux ; en effet, un brandon d'étoupe benzinée, ou l'arc électrique allume toujours le mélange, mais la flamme d'une lanterne à pétrole ou à acétylène peut suffire à produire l'inflammation.

Avec une lampe à flamme protégée, sur vingt-trois essais, un seul, le second, a donné une inflammation, sans qu'il soit possible de donner une explication satisfaisante de ce résultat.

La température de la flamme a été trouvée de 1290 à 1375° ; elle augmente lorsque la densité du nuage diminue.

Il est à remarquer que, pour qu'une flamme puisse enflammer un nuage, il faut une densité de 200 gr, alors qu'une explosion enflamme un nuage d'une densité de 112 gr seulement.

La sécurité ne commence qu'avec l'emploi des lampes à flamme protégée. J. M.

La téléphonie sans fil dans les mines.

La téléphonie sans fil, telle qu'on l'applique dans les mines, diffère de la téléphonie usitée à la surface du sol, car elle permet l'emploi des conducteurs de fortune qui se trouvent à l'intérieur des mines : tuyaux, rails, etc. Les installations sont donc beaucoup plus simples et les courants primaires peuvent être obtenus à l'aide d'éléments faibles, d'où diminution des frais d'exploitation.

Digitized by Google

Ces avantages se manifestent particulièrement lorsqu'il s'agit de faire communiquer la cage d'extraction avec le mécanicien, en se basant sur un simple phénomène d'induction. Dans le cuvelage du puits se trouve, ainsi que l'indique la figure 1, un conducteur *a*, en forme de boucle, relié à une batterie d'éléments et à un microphone *e*, placé dans la salle des machines. Lorsque l'on cause, il se produit des variations dans l'intensité du courant traversant le circuit fermé formé par le câble d'extraction, le câble inférieur et les contacts métalliques des poulies ; en intercalant un téléphone *t* et des éléments *e* entre les extrémités du câble supérieur et du câble inférieur, on peut donc communiquer téléphoniquement avec la salle des machines.

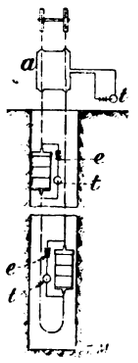


Fig. 1. — Schéma des connexions du système téléphonique dans un puits de mine.

Dans la téléphonie sans fil à l'intérieur de la mine, les différentes couches du sol jouent un rôle important, contrairement à ce qui se passe dans la téléphonie de surface. La surface du sol joue, au point de vue électrique, le rôle d'un immense condensateur, capable d'absorber immédiatement les quantités d'électricité qu'on lui fournit, sans que l'équilibre soit troublé ; les couches inférieures du sol se comportent comme un isolant vis-à-vis des charges électriques statiques. Les rails et les tuyaux forment un système de conducteur, suffisamment isolé par les couches du sol environnantes pour pouvoir être utilisé comme tel, même pour faibles charges électriques statiques.

La charge de ce conducteur linéaire s'effectue au moyen d'un circuit fermé parcouru par un courant de 12 volts sous 0,5 ampère. Dans ce circuit, on intercale un microphone servant d'appareil émetteur et un appareil d'induction qui transforme les courants alternatifs, engendrés par la parole dans le microphone, en un courant dont la tension atteint plusieurs milliers de volts. Ces courants faibles, à haute tension, oscillant avec une haute fréquence dans le système de conducteurs de la mine, émettent, dans l'éther environnant, des ondes électriques analogues à celles des antennes de la télégraphie sans fil. Le conducteur linéaire peut donc être interrompu en différents endroits sans qu'il y ait pour cela perturbation dans la propagation des ondes.

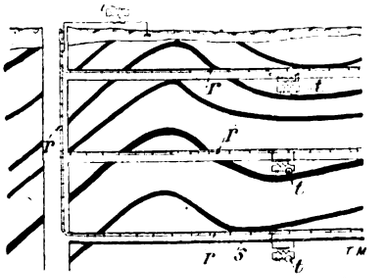


Fig. 2. — Schéma de différentes connexions du système téléphonique dans des galeries de mines.

Pour recueillir ces oscillations, on peut employer trois méthodes différentes (fig. 2). Un tuyau *r* est supposé parcourir la mine. L'installation la plus simple est représentée dans la galerie inférieure, où le téléphone récepteur *t* est connecté sur le tuyau *r* servant de conducteur émetteur et sur les rails *s*. En ce qui concerne la galerie médiane, on place le téléphone dans une dérivation prise sur le tuyau, et dont la longueur varie entre 5 et 10 m, selon la distance que la communication doit franchir. Dans la disposition indiquée pour la galerie supérieure, il n'y a pas de connexion directe avec le tuyau *r* ; dans ce cas, une boucle de fil sert d'antenne réceptrice.

La difficulté principale résidait dans la réalisation d'un appareil d'appel. Après de nombreuses recherches, M. Reineke a trouvé un appareil qui semble donner un résultat satisfaisant et dont le principe consiste à émettre un son déterminé au moyen d'une trompette électrique. Les ondes électriques ainsi produites se répercutent sur une membrane placée à la station réceptrice.

La figure 3 montre le mode de construction du nouvel appareil d'appel. Pour des ondes d'une amplitude déterminée, la membrane *m* entre en vibration ; au-dessus d'elle se trouve suspendue la pièce équilibrée *k* munie d'un style *s*. L'action de cette pièce est indépendante de la température, et comme elle ne peut suivre les ondes, le faible courant, qui, au repos, traverse continuellement la membrane et la pointe, se trouve interrompu. Dans un premier dispositif, ce courant maintenait à l'intérieur d'une bobine *d* le noyau de fer *c* fixé à un ressort ; sitôt qu'il était interrompu, un second circuit comprenant la sonnette d'appel *r* se trouvait fermé. Cette disposition avait un inconvénient : les secousses d'ordre mécanique pouvaient parfois suffire à rompre le contact entre la pointe *s* et la membrane *m*, ce qui faisait résonner la sonnette. Pour éviter ces perturbations, on a placé dans le circuit de la sonnette un relais temporisé *r*, ne fermant ce circuit que pour les longues interruptions du contact entre la pointe et la membrane, qui ne peuvent se produire que sous l'action des vibrations de la membrane. La sonnette ne résonne donc que lorsque l'on presse le bouton fermant le circuit de la trompette électrique ; il se produit alors, dans les tuyaux de la mine, des ondes électriques qui sont transmises à l'antenne réceptrice et à la membrane.

En disposant à la station d'émission des trompettes de différents sons, on peut appeler individuellement différents postes, sans que les autres soient influencés.

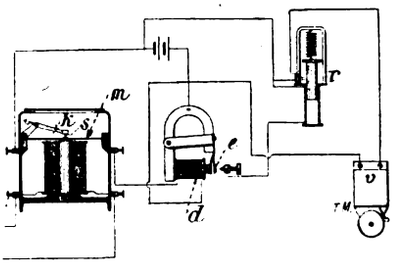


Fig. 3. — Schéma des connexions du système d'appel.

On simplifie l'appareil en utilisant, pour actionner la trompette, la bobine primaire de l'appareil d'induction, qui, au moment où l'on cause, sert à produire le courant à haute tension: dans ce cas, lorsqu'on appuie sur le bouton, la bobine secondaire est automatiquement mise hors circuit. Pour éviter la formation d'étincelles à la trompette, on la connecte avec un petit condensateur. En résumé, le poste se compose simplement d'une batterie de piles, d'un appareil d'induction, d'un microphone, et d'un appareil d'appel, enfermés dans une caisse, et pesant au total 11 kg.

Ce système de téléphone fonctionne régulièrement dans la mine Carolinenglück, à une distance de 1 km 7, et met en relation le chef d'exploitation avec les différents points de la mine.

L. B.

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

Les propulseurs aériens appliqués à la propulsion des bateaux à marchandises.

Le propulseur (propeller) de l'ingénieur russe Kruglick est construit sur des principes nouveaux et la section rappelle celle d'une plume d'oiseau (fig. 1).

Un premier essai fut fait avec un petit canot de 10 m de long muni d'un moteur à pétrole de 4,5 chevaux. L'hélice fut retirée de l'eau, et on établit un propulseur aérien de 1m,200 de diamètre à deux branches et tournant à 1 200 tours par minute. La transmission entre les arbres du moteur (500 tours) et du propulseur se faisait par une simple courroie en cuir ordinaire. La vitesse moyenne en montant et en descendant le courant, avec quatre personnes (mécanicien, barreur et passagers), fut de 10 km à l'heure. C'est à peine ce que faisait le canot avec son hélice noyée.

Fig. 1. — Schéma de la section du propulseur.

Un second essai fut fait avec un remorqueur en bois,

Digitized by Google

aux formes très trapues, servant au transport des bois (fig. 2) : longueur 22 m, largeur 5m,5 et tirant d'eau à vide 0 gr 400. Le propulseur avait 3m,40 de diamètre et donnait une puissance de 30 chevaux à 540 tours, mis en mouvement par un moteur Bolinder de 30 chevaux à 2 cylindres à l'aide d'une transmission par courroie. La vitesse moyenne en montant (fort vent contraire) et en descendant le courant, à vide, a atteint 10 km à l'heure, et 8 km à

Fig. 2. — Vue du chaland propulsé par l'hélice aérienne.

l'heure avec une charge de 2 000 pouds ou 32 t. Le premier résultat à été confirmé aux essais du 8 octobre dernier.

Au point fixe, le dynamomètre a noté 175 kg; l'inventeur calcule qu'en marche, à la vitesse de 2m,77 par seconde, la pression transmise par le propulseur doit être d'environ 435 kg; c'est à peu près la résistance de la coque de bois à cette vitesse dans une eau peu profonde.

Des froids prématurés qui arrêtèrent la navigation sur le Volga cet automne nous empêchèrent de pousser plus loin la comparaison pratique entre le propulseur aérien et ceux qui s'appuyent sur l'eau, mais dès à présent on peut affirmer que le premier ne le cède en rien aux seconds pour les bateaux à marchandises trapus et à faible tirant d'eau. D. N.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Barrage d'Assouan.

Le nouveau barrage d'Assouan qui parachève le programme de Lord Cromer pour l'irrigation de l'Egypte, vient d'être inauguré en présence du khédive, auquel Lord Kitchener a remis une lettre de félicitation au nom du roi Georges V. C'est une digue rectiligne à travers le fleuve, longue de 1,21 mille (2 180 m) élevée au-dessus d'un ancien barrage et permettant de maintenir l'eau à 113 m au-dessus du niveau de la mer, au lieu de 106 m, résultat autrefois réalisé.

Le volume, ainsi mis en réserve, est évalué à 2500 millions de mètres cubes. La nouvelle et l'ancienne section sont indiquées aux figures 1 et 3; la face d'amont a une pente de 18 sur 1, tandis que celle d'aval est à 3 sur 2, excepté pour la partie la plus élevée.

Le barrage (fig. 1) est pourvu de 180 conduits de décharge à divers niveaux, avec une surface totale d'entrée d'environ 2 500 m².

Autrefois, les vannes étaient du système Stoney, excepté 50 qui étaient à glissière. Le renforcement de l'ancienne construction demanda deux ans à cause de la très grande différence de température, habituelle dans le pays, qui exigeait un temps suffisant pour égaliser la température des deux masses, l'ancienne et la nouvelle; les travaux à chaque extrémité durèrent un an et la surélévation actuelle de la crête se prolongea pendant l'année dernière et cette année.

La figure 2 montre la suite des opérations, la figure 1 la section de l'extrémité est qui est sans ouverture. La figure 3 représente une section, prise au centre, où la digue est percée et où les fondations ont été poussées à une grande profondeur pour atteindre le roc. L'épaisseur actuelle est de 10m,80 au sommet contre 6m,90; la nouvelle route a une largeur de 8m,90 contre 5m,50.

Avant la surélévation, la nouvelle maçonnerie fut construite à côté de l'ancienne, en laissant un intervalle de 125 à 150 mm; lorsque l'égalité de température fut obtenue, on versa du ciment entre les deux masses, après avoir pris des précautions contre les fuites. Le nouveau mur fut construit sans autre support que, des tiges d'acier de 3,2 cm, longues de 1m,50 à chaque mètre carré. Ces tiges étaient enfoncées de la moitié dans l'ancienne maçonnerie et formaient contrefort jusqu'à ce que la construction fût complétée par le joint de ciment.

Les orifices des conduits sont légèrement plus élevés que dans l'ancienne digue, les côtés et le radier sont raccordés avec ceux de l'ancien barrage, dans lequel 30 des conduits les plus bas étaient garnis de fonte (110 t pour chaque); ceci n'a pas été reproduit dans le nouveau travail.

Des déversoirs ont été établis avec des vannes; ils conduisent à des puits où l'eau tombe et s'échappe à travers les orifices des conduits de décharge.

La digue, à quelque distance de ses extrémités, n'est pas percée; à l'extrémité est, la construction est en plein roc.

A l'extrémité ouest, la digue finit sur le massif de l'écluse, dont les murs ont été élevés de 4m,96, bassin n° 1; 4 m, bassins n°s 2 et 3; 6 m, bassin n° 4; un nouveau bassin a été construit à la suite.

A cause de la grande hauteur de l'eau, les biefs supérieurs sont très profonds et les plus hautes portes ont 23m,70 de la base au sommet avec une largeur de 9m,80, les autres ont 18 m, 16m,70, 13 m, 11 m. Les portes sont suspendues à un chariot roulant sur un chemin à galets, établi partie sur un pont bascule, partie sur le mur de l'écluse.

Du côté de la rive, une sorte de niche est pratiquée dans le mur, où la porte est rangée pour le passage des bateaux.

La variation du niveau de l'eau est trop grande pour qu'il soit possible de faire des portes caissons pouvant flotter. Les portes sont alors suspendues au chariot par quatorze tiges. Elles ont quatre valves de tête et quatre au pied pour le débouchage du fond.

Deux nouvelles portes ont été construites et on a déplacé les anciennes de deux rangs (sauf l'ancienne porte n° 5 qui a été démontée et sert de matériel de réparation).

Cette manœuvre fort délicate a été menée à bien grâce aux soins éclairés de MM. Ransoms et Ropier, constructeurs du barrage.

Le matériel de levage a été amélioré et renforcé; on a acheté un nouveau pont tournant, muni d'une grue mobile, forte de 25 t, pesant 100 t, qui peut se promener le long de la crête sur ses huit roues.

M. G. C.

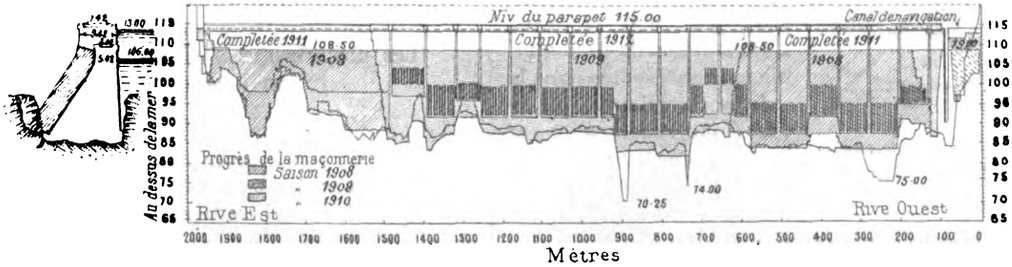


Fig. 1. — *Section sans ouverture.*

Fig. 2. — *Elévation.*

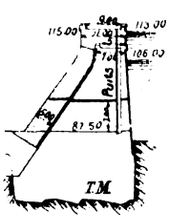


Fig. 3. — *Section avec vannes.*

Fig. 1, 2 et 3. — Disposition du réservoir d'Assouan.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Au sujet de l'emploi, dans la construction de l'aéroplane, des empennages porteurs. — L'empennage de la plupart des aéroplanes actuels contribue à leur sustentation; c'est, en d'autres termes, un *empennage porteur*.

Le $\diagup\!\diagdown$ longitudinal de l'aéroplane, c'est-à-dire l'angle que font entre eux la voilure et l'empennage, présente donc nécessairement, dans ce cas, une valeur inférieure à celle qu'offre l'incidence de régime de la voilure, et cela d'autant plus que l'empennage porte davantage. Or, la valeur de ce $\diagup\!\diagdown$ longitudinal constitue, on le sait, et les considérations théoriques comme les relevés expérimentaux le montrent, un élément d'importance primordiale en matière de stabilité.

L'emploi d'un empennage porteur impose donc une limite supérieure à la valeur du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal et, par suite, à la stabilité propre dans ce sens de l'aéroplane, limite d'autant plus réduite que l'incidence de régime de la voilure est plus faible. C'est ainsi que les appareils à grande surface de voilure, qui naviguent nécessairement sous de petites incidences, ne peuvent présenter, si leur empennage est porteur, qu'un $\diagup\!\diagdown$ longitudinal bien réduit.

L'incidence des empennages étant, d'ailleurs, généralement réglable, il ne semble pas sans intérêt de signaler que ses moindres variations sont de nature à *influer* sur la valeur du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal et, par suite, sur le degré de stabilité propre de l'appareil. Il en est de même de la manœuvre « à descendre » de l'équilibreur qui, en définitive, équivaut à une diminution du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal de l'aéroplane. Si ce $\diagup\!\diagdown$ est réduit, c'est-à-dire si la stabilité propre de l'appareil est précaire, il ne paraît pas impossible qu'une semblable cause puisse changer en instabilité réelle cette faible stabilité, et peut-être faut-il chercher là la raison initiale du phénomène, assez mal expliqué semble-t-il, au point de vue mécanique, que les aviateurs définissent en disant que l'aéroplane « s'engage ».

Les considérations qui viennent d'être expliquées conduiraient, si elles étaient reconnues exactes, à adopter des dispositions de construction telles que l'empennage fût aussi peu porteur que possible (1), neutre s'il se pouvait ou, mieux encore, *négatif*, c'est-à-dire attaqué, en vol de régime, par-dessus. Peut-être, d'ailleurs, de telles dispositions s'imposeront-elles par la force des choses si, dans l'avenir, les incidences normales de vol deviennent plus faibles qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Lorsque l'empennage est attaqué par-dessus, en effet, la valeur du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal, garantie de stabilité, ne reconnaît plus de limite supérieure immédiate et peut rester aussi grande qu'il est nécessaire, même si l'incidence de régime de la voilure présente une valeur très réduite.

Sans faire intervenir la considération théorique du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal de l'aéroplane, on peut concevoir, par une comparaison des plus simples, que les empennages négatifs semblent supérieurs aux empennages porteurs, en ce qui concerne la stabilité propre de cet appareil. La nécessité d'équilibrer la force sustentatrice d'un empennage porteur conduit obligatoirement, en effet, à faire agir celle de la voilure en avant du centre de gravité de l'aéroplane. Or, il paraît évident que toute voilure agissant en avant de ce point le fait de façon contraire à la stabilité de l'appareil, puisque son action est très exactement comparable à celle d'une girouette qui serait placée à l'envers.

Et ce n'est que parce que l'empennage se trouve, lui, situé à grande distance en arrière du centre de gravité, que la puissante girouette, disposée dans le bon sens, qu'il constitue, peut triompher de l'influence déséquilibrante d'une voilure avancée.

Au contraire, si voilure et empennage sont placés tous deux en arrière du centre de gravité de l'aéroplane, ce qui est le cas lorsque l'empennage est normalement attaqué par-dessus, leurs actions s'ajoutent, au lieu de se contrarier, pour assurer la stabilité longitudinale de l'appareil.

(1) Dans le cas où les nécessités de la construction contraignent à maintenir l'usage d'un empennage porteur, il y a intérêt, semble-t-il, à chercher la sustentation nécessaire plutôt dans le développement de la surface dudit empennage que dans l'augmentation de son incidence, laquelle augmentation n'est obtenue qu'au prix d'une égale diminution du $\diagup\!\diagdown$ longitudinal de l'aéroplane.

L'influence déséquilibrante des voilures avancées est, d'ordinaire, aggravée du fait qu'on n'emploie guère, dans la construction des aéroplanes, que des surfaces concaves, généralement considérées comme instables par elles-mêmes.

L'usage des voilures planes, considérées comme stables, l'atténuerait dans une certaine mesure, mais sans toutefois l'éteindre pour peu que l'avancement de ces voilures présentât quelque importance.

Il paraît d'ailleurs erroné d'attacher à telle ou telle forme de voilure des propriétés de stabilité ou d'instabilité intrinsèque, ces propriétés restant indissolublement liées à la position de la ligne autour de laquelle les voilures peuvent tourner, position qui dépend de celle du centre de gravité de l'aéroplane dont elles font partie.

Telle voilure plane, réputée stable, se comportera avec instabilité si elle est suffisamment avancée par rapport au centre de gravité; telle voilure concave, réputée instable, se comportera avec stabilité si elle se trouve placée assez loin en arrière de ce point.

C'est, du reste, à cette dernière propriété, semble-t-il, que les aéroplanes du type « canard » doivent de pouvoir tenir l'air. Leur long bec, en effet, constitue vraisemblablement un élément d'instabilité au point de vue de l'équilibre longitudinal comme au point de vue de l'équilibre de route. De même que, dans ce dernier sens, cette instabilité doit être vaincue par l'indispensable adjonction d'une importante quille arrière. La voilure principale de l'aéroplane, placée dans une position très reculée, exerce, en raison de sa grande surface, et bien qu'elle soit concave, une puissante influence stabilisatrice, ce qui permet à l'appareil de conserver son équilibre longitudinal.

En résumé, l'emploi des empennages porteurs semble de nature à diminuer, peut-être jusqu'à un point dangereux, la stabilité longitudinale de l'aéroplane en air calme, celui des empennages négatifs de nature à l'accroître.

Ceux-ci paraissent être, également, d'un usage avantageux en air agité.

(Note de M. *Duchêne*, présentée par M. L. Lecornu, Académie des Sciences, 11 novembre 1912.)

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

Les lois du travail professionnel : Expériences sur l'art du limeur. — Depuis une vingtaine d'années, la science du moteur humain a fait de tels progrès qu'il n'est pas prématuré de l'appliquer au perfectionnement du travail professionnel, à l'obtention du rendement maximum. Grâce à la relation quantitative entre *l'oxygène consommé* par l'ouvrier et sa dépense d'énergie, grâce à l'emploi des procédés graphiques de Marey, nous pouvons évaluer les efforts musculaires, le travail utile et la dépense énergétique correspondante. Faisant varier ensuite chaque élément du travail, sa vitesse, sa durée totale, les attitudes de l'ouvrier, la forme et les dimensions de l'outil, on cherche les conditions du travail maximum. Le nombre des *variables* est généralement très grand; les unes sont d'ordre mécanique, les autres d'ordre physiologique. Il n'est pas possible, dans le cadre de cette note, de développer la technique qui permet l'étude isolée de chacune de ces variables. L'auteur l'a appliquée à la manœuvre de la *lime*, dite *lime demi-douce*, après avoir muni celle-ci de mécanismes dynamographiques appropriés; le coup de lime utilise une longueur de $0^m,26$ sur $0^m,34$, comprise entre deux curseurs caoutchoutés.

Le métal à limer est du *laiton*. D'autre part, la *soupape respiratoire*, mise en rapport avec deux spiromètres, fournit la mesure des échanges gazeux.

Du mémoire qui sera bientôt publié, on peut détacher les conclusions suivantes :

1° Le poids de limaille enlevée est généralement proportionnel au travail mécanique de l'outil, produit de la longueur utilisée ($0^m,26$) par la somme des composantes horizontales des efforts musculaires;

2° Le *rythme* des coups de lime modifie la quantité d'ouvrage et diffère d'un sujet à un autre. Jusqu'à 79 coups par minute, il accroît le travail;

3° La dépense d'énergie par kilogramme, ou bien par gramme de limaille *diminue* à mesure que le rythme augmente; elle est minimum à la cadence de 70;

4° L'attitude du corps, droite ou penchée, ses oscillations, sa

Digitized by Google

distance à l'étau, l'inclinaison des bras sur l'outil, l'inégalité de leur action ou sa faible puissance, la position des pieds, modifient la dépense d'énergie;

5° Les conditions du rendement maximum sont : corps de l'ouvrier bien droit et sans raideur, distant de 0m,20 de l'étau, et ce dernier au niveau de l'ombilic; position des pieds telle que leur angle d'ouverture soit de 68°, et distance des talons égale à 0m,25 (pour l'adulte), bras gauche en complète extension et appuyant sur l'outil un peu plus que le bras droit : 7 kg 500 et 8 kg 500 avec un *effort utile* de 8 kg; retours à vide de la lime par un glissement léger et rythme de 70 pour les mouvements. Après cinq minutes de travail, on donne une minute de *repos complet*, les bras tombant le long du corps. Dans la pratique, les ouvriers limeurs sont employés huit heures et demie par jour, dont sept de travail effectif.

Suivant ces lois de travail économique, le bénéfice peut atteindre 66 °/₀ de la production journalière des *apprentis*; la fatigue est réduite dans de larges proportions; respiration et pulsations subissent un accroissement moitié moindre: toute trace de douleur à l'avant-bras disparaît. Il s'établit un *régime* supprimant toutes les irrégularités de l'action musculaire.

Enfin, divers enseignements peuvent être tirés de l'analyse du coup de lime et des graphiques concernant des ouvriers différents par l'âge, l'expérience, la construction physique.

Ajoutons que le professeur Imbert, de Montpellier, qui a fait de très intéressantes recherches sur divers métiers, a reconnu que les graphiques des efforts d'un apprenti manquent de régularité, aussi bien pour la lime que pour d'autres outils. Quant à l'influence des variables énuméré s ci-dessus sur le rendement de l'ouvrier, Taylor, en Amérique, en a fait une démonstration complète qui a eu dans l'industrie un profond retentissement.

(Note de M. *Jules Amar*, présentée par M. H. Le Chatelier, Académie des Sciences, 18 novembre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

Convertisseurs à vapeur de mercure. — Les lampes à vapeur de mercure permettent la transformation des courants alternatifs en courant continu, grâce à leur fonctionnement comme soupapes électriques. On sait, en effet, qu'une telle lampe se laissera traverser de l'anode à la cathode, par exemple, par un courant d'une vingtaine de volts, tandis qu'il faudrait plusieurs milliers de volts pour ouvrir la décharge en sens contraire : cathode-anode.

Cette propriété est utilisée pour l'établissement de groupes convertisseurs comprenant une ampoule à vapeur de mercure et un transformateur à tension secondaire variable. Les courants induits dans le secondaire sont transformés en continu par le passage dans l'ampoule-soupape, moyennant une perte qui est indépendante du débit. Le rendement croît avec la tension continue du courant délivré : ainsi pour une tension obtenue de 40 volts, le rendement n'est que de 44 °/₀, tandis qu'il atteint 81 °/₀ pour 110 volts et 90 °/₀ pour 220 volts. Avec des tensions de plusieurs milliers de volts, la perte devient négligeable. La tension obtenue en courant continu peut être montée jusqu'à 100 000 volts.

La puissance des groupes convertisseurs à ampoules est actuellement limitée à environ 20 kw, par suite des difficultés d'exécution d'ampoules en verre de plus grande capacité; la forme des ampoules est d'ailleurs très variable avec le voltage, afin de faire obstacle à la production de court-circuits entre électrodes.

De tels convertisseurs trouvent leur application dans les différents emplois du courant continu, actuellement menacés par l'extension des distributions à courants alternatifs : principalement la charge des accumulateurs, l'alimentation des lampes de projections et des arcs en série, ainsi que des lampes à vapeur de mercure.

Pour la charge des accumulateurs, ce système présenterait l'avantage de compenser la perte de transformation par un réglage progressif de la tension, facile à obtenir par la variation du nombre de spires du secondaire en circuit. De même, l'emploi des lampes à mercure pourrait se développer sur courants alternatifs.

D'autres applications plus importantes sont encore à envisager en se basant sur les mêmes principes : la transformation des courants alternatifs des lignes d'alimentation en courant continu actionnant les moteurs de traction. Mais il faudrait obtenir des lampes à mercure de fortes puissances fonctionnant dans des récipients métalliques. Une telle construction se heurte à deux obstacles : 1° difficulté d'obtenir l'étanchéité au vide d'une enveloppe métallique soumise à des échauffements et dans laquelle pénètrent des électrodes; 2° danger des court-circuits intérieurs. Des essais de construction ont néanmoins été faits, notamment par la General Electric C°: le joint du passage des électrodes est réalisé avec de l'amiante, et les court-circuits sont évités en plaçant les électrodes au fond de tubes en verre.

On a ainsi pu réaliser des groupes de 200 à 300 kw, résultat encourageant. Toutefois, ces grosses unités nécessitent un courant auxiliaire pour l'amorçage de l'arc au mercure.

(Communication de M. *Maurice Leblanc* fils, Société internationale des Electriciens, 8 janvier 1913.)

Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines dynamo-électriques à courant continu. — Soit un induit de dynamo à courant continu, tournant en génératrice. On sait qu'on appelle ampères-tours longitudinaux, le nombre des ampères-tours contenus dans le double de l'angle de calage.

L'action de ces ampères-tours sur le flux de l'induit est bien connue, mais le rôle qu'ils jouent dans la commutation n'a pas été complètement compris parce qu'on les considérait comme constants.

Supposons qu'il s'agisse d'un induit lisse sur la périphérie duquel les conducteurs sont régulièrement répartis et considérons un balai ne couvrant qu'une lame du collecteur. Désignons par 1 et 2 les lames mises en court circuit par le balai, 2 étant la lame la plus voisine de la ligne neutre.

Considérons l'angle dièdre dont l'arête est l'axe de l'induit, dont l'une des faces est le plan diamétral qui passe par la connexion de la lame 2 avec l'enroulement induit, et dont l'autre face est le plan symétrique du précédent par rapport au plan neutre. Le nombre des conducteurs compris entre les faces du dièdre est égal à $2\gamma\frac{n}{c}$, n désignant le nombre des conducteurs périphériques portés par l'induit et c le nombre de lames du collecteur, 2γ étant le nombre entier ou fractionnaire de sections d'induit compris dans le dièdre.

Comptons le temps à partir de l'instant où la lame 2 va commencer à s'engager sous le balai; soit T la durée du court circuit. Depuis l'instant $t=0$ jusqu'à l'instant $t=\mathrm{T}$, la section connectée aux lames 1 et 2 est mise en court circuit; à l'instant $t=0$ une ligne de force du flux principal rencontre un nombre d'ampères-tours antagonistes égal à :

$$2\gamma\frac{n}{c}i_a+\frac{n}{c}(i_a+j),$$

i_a désignant le courant dans les conduits induits contenus dans l'angle de calage et j le courant dans les conducteurs de la section en court-circuit, positivement compté dans le même sens que le premier; j a la valeur i_a à l'instant $t=0$.

A l'instant t compris entre zéro et T, la lame 2 est couverte par le balai sur une fraction $\frac{t}{\mathrm{T}}$ de sa surface, la section en court-circuit s'est éloignée de la ligne neutre de la fraction $\frac{t}{\mathrm{T}}$ d'une lame de collecteur et, par suite, l'angle dièdre défini précédemment comprend $\frac{2nt}{c\mathrm{T}}$ spires de plus qu'à l'instant $t=0$, de sorte qu'à l'instant t la ligne de force du flux utile rencontre un nombre d'ampères-tours longitudinaux antagonistes égal à :

$$\mathrm{A}=2\gamma\frac{n}{c}i_a+\frac{n}{c}(i_a+j)+\frac{2nti_a}{c\mathrm{T}}.$$

M. Allen et dernièrement M. Mauduit ont signalé certains effets des ampères-tours de court-circuit, mais on n'a rien écrit jusqu'ici sur le rôle des ampères-tours $\frac{2nti_a}{c\mathrm{T}}$.

Or, d'après des considérations exposées antérieurement (1), la variation des ampères-tours longitudinaux produit une variation de flux qui leur est proportionnelle; et l'on peut considérer cette variation de flux comme produite par la superposition au flux principal d'un flux antagoniste se fermant en partie à travers les inducteurs et en partie à travers l'air dans l'espace interpolaire par, ce que l'auteur a appelé antérieurement, les fuites à court trajet.

(1) *Bul. de la Soc. Int. des Électriciens*, 1908, p. 351.

Digitized by Google

La variation linéaire $\frac{2nti_a}{cT}$ des ampères-tours longitudinaux crée donc une variation de flux linéaire à travers chacune des spires de la section court fermée, cette variation induit dans chacune de ces spires une force électromotrice constante. Cette force électromotrice e_c est d'ailleurs proportionnelle au taux de variation de ces ampères-tours :

$$e_c = 2k\frac{ni_a}{cT},$$

k est un coefficient constant, qui dépend de la constitution des circuits électrique et magnétique de l'induit, des inducteurs et du circuit des fuites; cT représente la durée d'un tour; *par suite, lorsque l'induit tourne à raison de n tours par seconde, le mouvement du collecteur sous le balai crée, par réaction sur les ampères-tours longitudinaux, une force électromotrice constante* :

$$e_c = 2knNi_a.$$

Il est aisé de voir que cette force électromotrice favorise la commutation. En effet, le flux utile traverse les spires de la section en court circuit, en pénétrant par leur face gauche (pour le sens positif choisi pour j) et, par suite, une diminution du flux utile, engendre sous les spires une force électromotrice qui tend à créer un courant de sens contraire à celui qui parcourait la section avant le court-circuit.

Arnold a montré, d'autre part, que le mouvement de la section court fermée dans le champ transversal de l'induit engendre une force électromotrice :

$$e_q = k'nNi_a,$$

qui s'oppose à la commutation, k' étant une constante dépendant surtout de la réductance du flux transversal.

Dans certains cas particuliers, les deux forces électromotrices e_c et e_q s'équilibrent; mais ce n'est pas le cas général.

(Note de M. *Swyngedauw*, présentée par M. Marcel Deprez, Académie des Sciences, 9 décembre 1912.)

Sur la réception au moyen d'antennes au ras du sol. — Au cours des vacances dernières, l'auteur a fait des expériences nouvelles, près de Saint-Dié, et il est intéressant d'en signaler les résultats, puisqu'ils semblent un peu différents de ceux qu'a obtenus M. Jégou près de Saint-Brieuc (1), à une distance de Paris à peu près égale à celle de Saint-Dié, mais dans la direction opposée. L'antenne dont il s'est servi était un fil de cuivre unique placé sur des potelets de 15 cm de haut, très mal isolé, touchant parfois l'herbe.

La longueur a varié d'un minimum de 15 m jusqu'à un maximum de 35 m. Cette antenne communiquait avec une conduite d'eau (conduite d'arrosage du jardin), par l'intermédiaire d'une bobine de self de 0.0045 henry. Elle n'était pas orientée dans la direction Paris. Le circuit du détecteur, comprenant en série le détecteur, le téléphone et les piles, était en dérivation entre le sol et le point d'attache de l'antenne et de la self. Dans ces conditions, on entend parfaitement la tour Eiffel. On peut utiliser le téléphone à grande résistance (4 000 ohms). Le téléphone à petite résistance (150 ohms), branché sur le transformateur de M. Jégou, donne aussi d'excellents résultats.

Le jardin où ces expériences ont été faites est entouré entièrement d'un treillage métallique de plus de 1 m de hauteur. L'auteur ajoutait que des expériences de même nature ont été faites aussi par un de ses correspondants, M. Tavenaux, de Sedan; des expériences sur les propriétés spéciales de ces antennes, et en particulier sur leur longueur d'onde, sont actuellement en cours; il semble utile d'étudier en détail le mécanisme de la réception par ces sortes d'antennes au ras du sol.

(Note de M. *E. Rothé* présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 25 novembre 1912.)

Nouvelle lampe à rayonnement ultra-violet très puissant et son utilisation à la stérilisation de grandes quantités d'eau. — Le développement des études sur les réactions chimiques et biologiques produites par les rayons ultra-violets montre qu'il y a un grand intérêt à construire une lampe ayant un rayonnement ultra-violet bien plus puissant que ne le donnent les lampes à mercure usuelle à 110 et 220 volts. Dans les lampes actuelles, les électrodes se trouvent des deux côtés du tube lumineux droit; elles présentent des renflements, une chambre de condensation ou des ailettes de refroidissement, qui empêchent de rapprocher la partie lumineuse des objets qu'on veut irradier.

On a cherché : 1° à ramener les deux électrodes d'un même côté aussi près que possible l'une de l'autre; 2° à donner au tube lumineux la forme d'un tube en U; 3° à augmenter le voltage.

La lampe présente contient, comme partie lumineuse, un tube en U en quartz, dont les deux branches sont rapprochées de façon à presque se toucher; le diamètre intérieur est de 14 mm et la longueur de chaque branche est égale à 160 mm. Les deux électrodes contenant du mercure sont accolées l'une à l'autre. Cette lampe brûle sur un réseau de 500 volts, avec une différence de potentiel aux électrodes de 375 à 390 volts et avec une intensité de 3 ampères; elle consomme donc 1 150 w.

L'intensité lumineuse, dans le plan perpendiculaire à l'axe de la lampe et passant par le milieu de l'arc, est supérieure à 8 000 bougies.

Le rayonnement ultra-violet n'a pas été mesuré en valeur absolue; on a seulement fait des déterminations globales en comparant, avec des lampes de 110 à 220 volts, l'action sur différentes réactions chimiques, sur les microbes et sur des infusoires.

Parmi les actions chimiques des rayons ultra-violets, trois groupes ont été étudiés comparativement avec la lampe à 500 volts et avec une lampe à 110 volts :

1° Action sur l'amidon étudiée par MM. Bielecki et Wurmser (*Comptes rendus*, mai 1912) : les auteurs obtiennent en six heures la même réaction qu'en deux cent-soixante heures avec une lampe à 110 volts;

2° Action sur la glycérine : MM. V. Henri et A. Ranc obtiennent en quatre heures la même action qu'en deux cent quarante heures avec une lampe à 110 volts (*Comptes rendus*, 1912);

3° M. Landau a obtenu, avec la lampe à 500 volts, une photocombustion et une photopolymérisation des carbures d'hydrogène d'une façon quantitative, tandis qu'avec la lampe à 110 volts, la réaction était très limitée (*Comptes rendus*, juillet 1912).

Au point de vue de l'action abiotique, on a trouvé que, pour le *coli*, avec la lampe à 500 volts, la stérilisation est obtenue soixante fois plus vite qu'avec une lampe à 110 volts placée à la même distance de la culture.

En somme, la nouvelle lampe présente un rayonnement ultra-violet cinquante à soixante fois plus intense qu'une lampe à 110 volts brûlant au régime de 75 volts et 3,4 ampères. Au point de vue des watts, le rapport de consommation de ces lampes est égal à $\frac{1\,150}{250} = 4{,}6$.

On a utilisé cette nouvelle lampe pour la stérilisation de grandes quantités d'eau. La forme du tube lumineux en U permet de le placer dans un manchon cylindrique en quartz transparent. Ce manchon est fixé au centre d'un bac circulaire dans lequel circule l'eau; par une série de chicanes l'eau est obligée de circuler autour du manchon et à se rapprocher plusieurs fois de la paroi.

(Note de MM. *Victor Henri*, *André Helbronner* et *Max de Recklinghausen*, présentée par M. Dastre, Académie des Sciences, 28 octobre 1912.)

GÉNIE MARITIME

Sillage et succion à l'arrière des navires. — Les expériences effectuées par les Etablissements Schneider du Creusot sur le contre-torpilleur *ST*, bâtiment de 470 tx à trois lignes d'arbres, viennent de jeter un jour nouveau sur le problème de la propulsion en général, et sur l'emploi des hélices et des turbines à allure rapide en particulier.

Elles constituent un témoignage de la plus grande valeur en faveur de la méthode dite des petits modèles qui, préconisée jadis pour la première fois par le Français Reech, ancien directeur des constructions navales, a été mise effectivement en pratique en Angleterre, d'abord, par M. W. Froude, puis en Italie et en Allemagne; elle n'a été définitivement instituée en France que depuis une dizaine d'années par la création du bassin d'essais d'Issy-Les Moulineaux.

Les expériences du contre-torpilleur *ST* ont mis nettement en évidence l'influence du sillage et de la succion sur le rendement des hélices travaillant à l'arrière d'un navire.

On sait que ces deux phénomènes constituent la différence principale qui existe entre le fonctionnement d'une hélice travaillant en eau libre, et celui de la même hélice travaillant, toutes choses égales d'ailleurs, derrière une coque.

Un certain nombre de jeux d'hélices ont été essayés sur le *ST* et

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 39.

Digitized by Google

deux séries d'expériences effectuées, la première avec deux hélices latérales, l'hélice centrale étant enlevée ; la seconde avec les trois hélices, deux latérales et une centrale

Les résultats obtenus peuvent être ainsi résumés :

Cas du fonctionnement à deux hélices latérales, centrale enlevée. — 1° Les coefficients de succion et de sillage sont très faibles et leurs valeurs respectives (3 °/₀ environ) tout à fait comparables : c'est la confirmation des résultats d'essais sur petits modèles effectués à l'étranger ;

2° Les poussées, mesurées en route libre et corrigées de la succion très faible précitée, concordent remarquablement avec les résistances de remorquage déduites des essais du bassin des carènes sur le petit modèle du *ST* : l'écart ne dépasse pas 1 °/₀ pour toutes les vitesses comprises entre 14 nœuds et 25 nœuds, entre lesquelles les expériences ont été effectuées ;

3° La formule de poussée proposée par Froude, à la suite de ses expériences sur de petits modèles d'hélices, est exactement vérifiée dans les limites où la cavitation ne se produit pas ;

4° Les rendements d'hélices corrigés du sillage suivent, en fonction du recul, la même loi que pour les petits modèles essayés en eau libre : leurs valeurs sont toutefois très légèrement supérieures, les pertes par frottement étant proportionnellement plus élevées pour le petit modèle que pour le propulseur réel : c'est encore la confirmation de l'opinion qu'avait avancée Froude (*Institution of naval Architects*, 1908).

Il convient, bien entendu, pour calculer le rendement réel de l'hélice, de déduire, de la puissance effective sur l'arbre au moteur, la puissance absorbée par les paliers et la ligne d'arbres intermédiaires.

Les rendements observés varient entre 0,65 et 0,70 pour des hélices tournant à 650 tours.

Ces résultats ont une portée pratique de la plus grande importance : ils permettent, en effet, de résoudre à peu près complètement le problème, si complexe, de la propulsion, pour le cas des bâtiments à deux hélices par la méthode de Froude.

En effet, le sillage, pour une coque déterminée, ainsi que le coefficient de succion, peuvent être calculés *a priori*, étant donnée leur valeur faible, par l'une des formules empiriques déduites des essais de petit modèle, sans que l'erreur sur la valeur exacte de ces coefficients ait une répercussion sensible sur les résultats définitifs.

La formule suivante :

$$t = w = 0{,}5 \times \frac{P}{Llp} - 0{,}19,$$

où t et w représentent les coefficients de succion et de sillage, dont les valeurs sont sensiblement les mêmes ;
P, le déplacement du navire ;
L, sa longueur ;
l, sa largeur ;
p, sa profondeur de carène,
donne des résultats très largement suffisants.

Connaissant par ailleurs les résistances de remorquage du petit modèle en fonction des vitesses, la formule de poussée de Froude donne, pour une hélice déterminée, le nombre de tours et de recul ; les tables donnent le rendement.

En faisant le calcul pour différentes hélices, il est possible d'arriver à la détermination des éléments du propulseur optimum.

Cas du fonctionnement à trois hélices de caractéristiques différentes (les deux latérales étant identiques). — Il ne paraît pas avoir été fait jusqu'ici d'expériences ni en France ni à l'étranger à ce sujet, tout au moins en ce qui concerne la succion et le sillage.

Les conclusions qui se dégagent de la deuxième série d'expériences du contre-torpilleur *ST* sont donc à ce point de vue complètement nouvelles.

1° Pour une vitesse déterminée, il existe un rapport optimum $\gamma_0 = \frac{n}{N}$ entre l'allure de l'hélice centrale et celle des hélices latérales, pour lequel le rendement propulsif de l'ensemble est maximum pour un jeu d'hélices déterminé : ce rapport est légèrement supérieur au rapport inverse des pas et paraît diminuer quand la vitesse augmente ;

2° Les coefficients de succion et de sillage dépendent de ce rapport : quand il s'écarte de sa valeur optimum, ces deux coefficients varient en *sens inverse*, la succion augmentant, le sillage diminuant, alors que dans tous les autres cas, au contraire, ces deux coefficients varient parallèlement ;

3° La valeur du sillage des hélices latérales reste néanmoins faible (5 °/₀ au maximum) ;

4° La valeur du sillage de l'hélice centrale est beaucoup plus élevé (10 à 15 °/₀ environ), ce qui est encore plus conforme aux expériences du petit modèle sur des navires à hélice centrale *unique* ;

5° Le rendement apparent de l'hélice centrale, grâce à la valeur élevée du sillage, a pu atteindre 80 °/₀ et même 90 °/₀ au cours des expériences ;

6° Ces rendements apparents de l'hélice centrale, corrigés du sillage, donnent encore des chiffres (75 °/₀ environ) bien supérieurs au rendement de la même hélice travaillant en eau libre ; il faut en conclure que le sillage a, dans ce cas, sur le rendement, une influence beaucoup plus considérable : cela n'est d'ailleurs pas étonnant, si l'on songe à la complexité des phénomènes hydrodynamiques dont l'arrière du navire est le siège.

Quoi qu'il en soit, on peut en définitive conclure des expériences du contre-torpilleur *ST* :

1° La justification des essais de petit modèle et la possibilité de résoudre complètement le problème de la propulsion pour le cas des bâtiments à deux hélices latérales ;

2° Le rendement des hélices de turbines correctement établi et dans les limites où la cavitation n'intervient pas, peut atteindre 70 °/₀ ;

3° Il paraît nécessaire de compléter les expériences de petit modèle sur le cas de la marche à plus de deux hélices, afin d'élucider les questions de succion et surtout de sillage, qui ont une répercussion considérable sur le rendement propulsif.

(Note de M. *Poincet*, présentée par M. L.-E. Bertin, Académie des Sciences, 11 novembre 1912.)

MACHINES THERMIQUES

La question des combustibles pour le moteur Diesel. — L'usage du moteur Diesel se répandra d'autant plus qu'on pourra l'alimenter avec tous les combustibles liquides indistinctement, ce qui n'est pas le cas actuellement. Les combustibles qu'on utilise concurremment avec l'huile à gaz (l'aliment par excellence du moteur Diesel), tels que l'huile brute et l'huile de goudron, présentent certaines difficultés d'emploi, résidant dans leurs propriétés chimiques. La solution de la question des combustibles pour moteur Diesel doit donc être envisagée au point de vue chimique.

La première condition pour qu'un combustible liquide convienne, c'est qu'il soit à peu près exempt de soufre, et qu'il ne renferme pas de parties incombustibles, cendre ou eau, ni d'impuretés mécaniques en trop grande proportion. Ces huiles ne doivent ensuite contenir que peu de carbure libre et ne pas trop renfermer d'hydrocarbures riches en carbone.

C'est la teneur en hydrogène, dont dépendent les autres propriétés, qui détermine le degré d'aptitude de ces huiles à être employées dans le moteur Diesel.

Il importe que ces combustibles ne soient constitués que de carbone et d'hydrogène ; ceux qui présentent la plus haute teneur en hydrogène seront les meilleurs, d'après *M. Rieppel*, qui caractérise les carbures d'après le chiffre d'hydrogène (rapport du nombre de molécules d'hydrogène à celui de carbone). La constitution chimique est aussi à considérer : les composés à chaîne ouverte brûlent plus facilement et plus énergiquement que les composés de la série cyclique. La formule générale des hydrocarbures à chaîne ouverte montre que le « chiffre d'hydrogène », quel que soit le poids moléculaire du composé, est toujours 2 : tous ces carbures, à l'exception de ceux qui ont un point d'ébullition très élevé, conviennent pour le moteur Diesel. Les combinaisons cycliques se divisent en deux catégories : celles dont le caractère benzénique est renforcé, telles la naphtaline et l'anthracène, ont un « chiffre d'hydrogène » faible, et sont peu propres à être employées dans le Diesel ; celles dont le caractère benzénique est atténué par des chaînes latérales, comme le toluène et le xylène, ont un « chiffre d'hydrogène » plus fort, et conviennent mieux au moteur Diesel.

Les combustibles industriels sont naturellement des mélanges de ces différents composés ; on peut les diviser de la façon suivante, d'après leur chiffre d'hydrogène :

1° Combustibles appartenant à la série grasse, chiffre d'hydrogène : 2 à 1,6 : essence d'automobile et pétrole raffiné, huiles à gaz, huiles de goudron de lignite, résidus de la distillation des huiles minérales ;

2° Combustibles appartenant à la série benzénique ; chiffre d'hydrogène : 1,1 à 0,9 : huiles de goudron de houille.

Digitized by Google

3° Combustibles pseudoliquides ou goudrons (mélange de carbures liquides et de carbure solide).

De ces considérations chimiques, on peut tirer deux conclusions pratiques : 1° on pourrait améliorer ces combustibles par un traitement chimique, en séparant les composés à poids moléculaire élevé, qui brûlent difficilement, par une filtration ou un refroidissement, mais non par la distillation; 2° en particulier, pour les huiles de goudron, on pourrait améliorer le processus de la combustion; les conditions d'équilibre de cette réaction chimique qu'est la combustion ne sont pas les mêmes pour les combinaisons à chaîne ouverte et pour les composés à noyau benzénique : la combustion serait d'autant plus parfaite que ces conditions seraient mieux réalisées. Il est possible que cette combustion puisse être facilitée par un corps jouant le rôle de catalyseur.

(Communication de M. *Aufhauser*, Versammlung der Schiffbautechnische Gesellschaft, 21-22 novembre 1912.)

MÉTALLURGIE

Les gaz de fours à coke, leur utilisation, leurs applications. — Quels sont les volumes de gaz en excès rendus disponibles avec les divers types de fours à coke? Les anciens fours ordinaires à flammes perdues sous chaudières ne donnant aucune disponibilité, il se trouve que les fours avec barrillet et récupération des sous-produits donnent aujourd'hui jusqu'à 20 °/₀, tandis que les fours munis de régénérateurs donnent 50 et 60 °/₀ d'excédent de gaz, dont on se propose d'étudier les divers emplois et applications.

La production d'énergie peut être obtenue soit par les fumées passant sous des chaudières, où elles vaporisent environ 1 kg d'eau par kilogramme de houille distillée, soit par la combustion de l'excédent de gaz au moyen de brûleurs divers. On arrive aux chiffres moyens suivants, variables dans chaque cas particulier suivant la nature de la houille, la quantité de gaz fournie par tonne, etc.

	ÉNERGIE par tonne de houille traitée
Fours à coke ordinaires sans récupération, fumées sous chaudières	125,0 ch
Fours à récupération de sous-produits, fumées sous chaudières, et 20 °/₀ d'excédent de gaz brûlé sous ces chaudières	137,5
Fours à régénérateurs, 50 °/₀ d'excédent brûlé sous chaudières	84,5
Fours à régénérateurs, 50 °/₀ d'excédent brûlé dans des moteurs à gaz	270,0

L'utilisation des gaz de fours à coke dans les moteurs à gaz est l'objet de considérations spéciales, et M. Gouvy, après avoir cité les installations des mines de Lens, décrit notamment la Centrale électrique de la mine fiscale Heinitz, où 180 fours à coke Koppers et Collin, desservant des moteurs à gaz d'une puissance totale de 20 000 HP en parallèle avec la Station centrale à turbines à vapeur de Louisanthal, dans laquelle on a établi un prix de revient du kilowatt-heure de 4 centimes, alors qu'à la station Heinitz, avec moteurs à gaz, on réalise 2,775 centimes malgré une valeur fictive de 0,75 c donnée au mètre cube de gaz. M. Gouvy mentionne encore les derniers perfectionnements destinés à augmenter le rendement des grands moteurs à gaz, tels que l'utilisation de la chaleur d'échappement dans des chaudières et le balayage des résidus de la combustion dans les cylindres moteurs.

La question du chauffage des fours métallurgiques, et notamment des fours Martin, est définitivement résolue aujourd'hui, ainsi que le démontrent les derniers essais faits aux usines Cockerill, à Seraing, avec un four de 15 t comportant des chambres à air agrandies après suppression des chambres à gaz; les chiffres se résument comme suit :

	AVEC GAZ de gazogène	AVEC GAZ de fours à coke
Pouvoir calorifique du gaz	1 274 cal	3 640 cal
Production d'acier par 24 heures	39 t	49 t
Déchet	5,50 °/₀	4 °/₀
Consommation de combustible	300 kg houille	325 m³ gaz

Après citation des derniers essais de M. Simmersbach, et de l'installation en cours à Mulheim-sur-Ruhr en vue de chauffer les fours Koppers combinés avec gaz de hauts fourneaux et de rendre disponible la totalité du gaz distillé, M. Gouvy donne des chiffres de répartition du gaz de hauts fourneaux de l'usine de Georgs Marienhütte, près Osnabrück, rendus disponibles par ce fait que les hauts fourneaux sont soufflés avec des machines à vapeur alimentées par des chaudières placées derrière les fours à coke de l'usine; les gaz de hauts fourneaux desservent ainsi les mélangeurs de l'aciérie, les fours à réchauffer des laminoirs, etc.

L'éclairage des villes par le gaz de fours à coke se développant aujourd'hui très rapidement, M. Gouvy indique les bases sur lesquelles on a étudié, dans certains cas, les avantages que peut présenter pour les municipalités la combinaison consistant à supprimer les usines à gaz; le prix demandé par les charbonnages varie entre 3,1 et 5,3 centimes par mètre cube rendu aux gazomètres, avec pouvoir calorifique garanti de 4 500 à 5 300 calories par mètre cube, les benzols n'étant pas récupérés.

Il examine les dispositions de doubles barillets en vue du fractionnement des gaz nécessaires dans la plupart des cas, et cite quelques exemples de marche de fours à coke en gaz d'éclairage; avec certaines houilles, le fractionnement est inutile et l'usine du Halberg fournit dans ces conditions, à la ville de Saarbrücken, une partie de son gaz d'éclairage, sans application du double barillet, mais avec certaines précautions quant à la naphtaline et à la pression dans les fours. M. Gouvy s'arrête tout spécialement à l'examen de la nouvelle usine à gaz de la ville de Vienne (Leopoldau), qu'il a visitée et qui est basée sur les fours à gaz dits à chambres, du système Koppers, chauffés par les gaz de gazogènes Kerpely-Marischka, permettant ainsi d'utiliser pour l'éclairage la totalité des 330 m³ de gaz produits par tonne de houille distillée.

Une nouvelle application du gaz de fours à coke a été réalisée en ces derniers temps par le professeur Haeusser, pour la fabrication de l'acide azotique et des nitrates; le procédé est basé sur l'oxydation de l'azote de l'air en présence d'oxygène et sous une pression produite par l'explosion du mélange détonant dans un récipient, suivie d'une détente et d'un refroidissement rapide du gaz; les réactions du procédé Haeusser peuvent se résumer comme suit :

a) $N_2 + O_2 = 2NO$ (oxyde azoteux);

b) $2NO + O_2 = 2NO_2$ (peroxyde d'azote);

Enfin *c*) $2NO_2 + O + H_2O = 2HNO_3$ (acide azotique).

L'acide azotique produit à raison de 200 gr par mètre cube de gaz peut être utilisé pour la fabrication des explosifs, soit pour celle des nitrures et nitrates, en neutralisant par la chaux, de la soude ou de la potasse à volonté.

Une usine pour 5 000 m³ de gaz par vingt-quatre heures est en construction au charbonnage « de Wendel » à Hamm, et M. Gouvy cite, d'après M. Dobbelstein, les chiffres d'un bilan pour une installation de 50 000 m³ par jour, procurant un bénéfice net par mètre cube de gaz de 3 à 4 centimes suivant le produit final considéré.

On peut passer sous silence le caoutchouc artificiel fabriqué par la Société d'Utilisation des Goudrons, de Duisburg, dont les échantillons figuraient à l'Exposition urbaine de Düsseldorf 1912; le procédé est basé sur ce fait que le gaz brut des fours à coke contient une certaine proportion de butadiène, que l'on transforme par polymérisation en un carbure d'hydrogène très complexe dénommé isoprène, qui est précisément l'élément essentiel du caoutchouc.

Les gaz de fours à coke produits en France par la distillation d'environ 3 070 000 t de houille à coke, représentent annuellement, tant en énergie qu'en nitrates et en sous-produits récupérés, une valeur totale de 40 millions de francs, qu'il est possible de réaliser par des transformations appropriées des fours à coke et des installations existantes, aussi bien au profit de l'industrie minière et métallurgique elle-même que de la richesse publique de notre pays.

(Communication de M. *Gouvy*, Société des Ingénieurs Civils, 6 décembre 1912.)

Sur les essais métallurgiques. — Il est souvent utile, dans la pratique industrielle, de recourir à des essais qui possèdent l'heureuse propriété de ne pas entraîner la fragmentation ou l'altération des pièces en expérience. Tels sont les essais de sonorité et les essais de certaines propriétés magnétiques.

Les essais d'aimantation donnent déjà quelquefois un indice distinctif des différents aciers. Pour cela, toutefois, il est indispensable de connaître l'intensité des variations d'aimantation en fonction des dimensions des barreaux d'acier.

Dans les barreaux cylindriques, l'expression de ces variations se

Digitized by Google

traduit par des courbes paraboliques s'appuyant sur une courbe de même nature, au moins pour les longueurs inférieurs à 30 cm.

La désaimantation par chocs donne une indication souvent très nette et décisive sur la nature de l'acier. Une échelle numérique en donne une idée suffisante. Des essais très simples dans l'industrie permettraient d'en étendre grandement l'utilité.

La désaimantation par chauffage, suivie au moyen d'une courbe de valeurs numériques, très simplement exécutée à l'aide d'appareils vraiment industriels, donne l'indication la plus nette de ce genre sur la nature des aciers. Une désaimantation très faible et régulière jusqu'au rouge caractérise les aciers à coupe rapide.

La rapidité de la chute de l'aimantation, la netteté du coude des courbes à 180° et le degré de désaimantation obtenu à 350° caractérisent les aciers au chrome, au tungstène, au nickel.

Les alliages fer-nickel et le nickel lui-même se reconnaissent par leurs courbes de désaimantation spéciales.

La nature du traitement thermique est également accessible à cet essai, les chauffages et refroidissements successifs sont traduits magnétiquement par des phénomènes nets et facilement observables.

(Communication de M. *F. Robin*, Société des Ingénieurs Civils, 6 décembre 1912.)

Altération des métaux par chauffage après déformations locales. — Le recuit qui suit un écrouissage complet à froid dans une pièce métallique produit des grains plus volumineux que ceux qu'on obtient par recuit des pièces brutes d'élaboration à chaud. (Expériences de Stead, Charpy.)

Dans le cas d'un écrouissage non plus appliqué à toute une pièce recuite, mais à une région seulement, cas d'une déformation locale, tout se passe comme si les germes de grains produits par l'écrouissage au voisinage des régions restées inaltérées prenaient un développement considérable en s'étendant dans ces régions jusqu'à une distance relativement énorme.

Cette croissance des grains (1) se produit d'une façon en apparence identique à celle des grains de solidification à partir d'une paroi froide, en débutant par conséquent par un développement basaltique.

Comme dans le recuit ordinaire, la grosseur des grains obtenus croît avec la durée du chauffage et la température; on remarque toutefois que, pour les métaux industriels et en particulier les métaux mous, il suffit de vingt à trente minutes pour faire parvenir les grains à leurs dimensions maxima.

La structure grossière à grands grains est, comme on sait, à redouter industriellement, à cause de ses propriétés dangereuses : fragilité du métal, fissuration facile, facilité d'attaque aux agents chimiques. Aussi, devra-t-on, pour éviter les effets néfastes du phénomène, porter toute l'attention possible au recuit ou à l'emploi à chaud de pièces ainsi traitées. Or, ce traitement s'applique à la plupart des ustensiles ou des pièces de l'industrie.

Une pièce formée de tôle métallique est, par exemple, martelée, bosselée ou pliée à basse température, après avoir subi un recuit qui rende cette opération possible sur les métaux indéformables une fois écrouis. On a fait ainsi le nécessaire pour donner naissance au phénomène.

Il en sera de même, lors de la perforation d'une tôle, après un poinçonnage où on pratiquera un recuit pour faire disparaître l'écrouissage local redoutable pour la fissuration ultérieure en service.

Le matage des bords de pièces accolées produit un effet semblable, ainsi que le martelage des soudures suivi naturellement de recuit. Dans la soudure des pièces, le phénomène est d'ailleurs quelquefois déjà produit par le chauffage, toujours intense, des bords à rapprocher qui ont subi auparavant un certain matage au marteau.

Dans l'industrie, on recuit presque toujours les pièces usinées par déformation à froid et, pour l'acier, par exemple, on donne un recuit au rouge cerise, évitant avec soin de chauffer à une température trop élevée, dans la crainte de brûler ou de surchauffer le métal. On risque alors de produire le phénomène redouté et on fait souvent tout ce qu'il faut pour donner naissance à la structure fragile à grands grains.

Pour remédier à cet inconvénient, l'auteur préconise les moyens suivants :

1° Pour le fer et les aciers, on pousse le recuit jusqu'au point de transformation du fer, pratiquement jusque vers 950. Au refroidissement, toute trace du phénomène est annihilée, on retrouve le grain fin qui caractérise une résistance et une malléabilité élevées.

2° Pour les autres métaux, on doit chercher à déformer à l'état écroui, si c'est possible, et à ne donner qu'un recuit extrêmement léger. Enfin, on peut réduire considérablement le phénomène par l'adjonction d'éléments étrangers. L'addition en particulier d'aluminium ou de magnésium nécessaire est très minime. L'addition de zinc au cuivre fait exception à ce principe, le phénomène est très intense dans les laitons.

(Communication de M. *F. Robin*, Société des Ingénieurs Civils, 6 décembre 1912.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9, 1er novembre 1912, p. 34, et n° 11, 1er décembre 1912, p. 425.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Nos ports Nord-Africains. — Depuis longtemps, le port d'Alger, avec un mouvement de plus de 2 300 000 tonnes pour 4 636 m de quai, ne répond plus aux besoins de son trafic. Une grande quantité de navires sont obligés de transborder leurs marchandises par accostage, au moyen de chalands, la place manquant à quai.

Un projet d'extension a été établi, prévoyant la création vers le Sud-Est de deux grands bassins protégés par des môles inclinés. Un avant-port de 115 hectares de superficie protégerait contre le ressac qui s'y fait sentir, en même temps qu'il constituerait un abri pour notre escadre de la Méditerranée, qui pourrait s'y ravitailler en charbon. Ces travaux peuvent être exécutés en deux étapes, donnant la première 5 168 m de nouveaux quais avec des mouillages de 5 à 12 m, et une surface d'eau de 195 hectares; la seconde étape réaliserait l'extension complète, soit 14 500 m de quais, et 370 hectares de surface d'eau, pouvant assurer un trafic de 7 000 000 de tonnes.

La dépense prévue s'élève à 103 millions, dont 8 fournis par la marine, 20 par la colonie, et 42 millions par un emprunt de la Chambre de Commerce.

Oran, le second port de l'Algérie, est également très encombré, surtout à l'époque des récoltes. Mais il n'a encore été étudié aucune des extensions, pourtant nécessaires, mais rendues difficiles par la disposition des lieux.

Enfin, notre empire nord-africain réclame impérieusement la création d'un port au Maroc sur la côte Atlantique. Que ce port soit entièrement créé, ou établi par l'extension d'un établissement actuel, tel que Casablanca, son emplacement devra être judicieusement choisi pour permettre une liaison facile du port avec l'intérieur.

(Communications au IVe Congrès national des Travaux publics, Paris, 18-20 novembre 1912.)

Outillages des ports maritimes. — M. Vignerie indique la nécessité d'établir l'outillage des ports en tenant compte de leur nature de trafic. La construction maritime produit de plus en plus de grands cargos-boats qui ne transportent qu'une seule sorte de marchandises. On devra de même, de plus en plus, spécialiser les différentes parties des ports, ce qui permettra de les pourvoir d'un outillage de déchargement et de manutention approprié aux services à assurer.

L'étude comparée de l'outillage des ports français et des ports étrangers, faite par MM. Laroche, ingénieur des Ponts et Chaussés, et Pobéguin, ingénieur des constructions civiles, établit l'insuffisance de nos installations maritimes. En raison de l'importance de la réduction des délais et frais de manutention dans les ports, il est reconnu nécessaire :

1° Que l'étude de l'outillage mécanique soit faite en même temps que celle des ouvrages fixés d'un port sur un plan d'ensemble;

2° Que l'usage de l'outillage soit étendu à toutes les marchandises susceptibles d'en profiter;

3° Que les Chambres de Commerce puissent obtenir la concession des terre-pleins des quais là où il sera nécessaire d'organiser des dépôts ou des chantiers pour l'entrepôt ou la manutention des charbons, minerais ou autres marchandises en vrac.

(Communications au IVe Congrès national des Travaux publics, à Paris, 18-20 novembre 1912.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Direction pour aéroplanes. — Le système de direction comporte essentiellement une colonne 1 articulée à son extrémité inférieure sur une partie fixe du fuselage et montée de manière à pouvoir osciller suivant un plan passant par l'axe longitudinal de l'appareil. Dans la forme d'exécution représentée à titre d'exemple, la colonne 1 est munie a son extrémité inférieure de deux tourillons 2, pouvant tourner dans des paliers 3 solidaires d'un support 4 fixé au fuselage.

Un volant 5 est fixé sur un axe 6 monté dans un support convenable 7 prévu à la partie supérieure de la colonne 1. Sur cet axe 6 sont clavetés un ou deux pignons 8 reliés

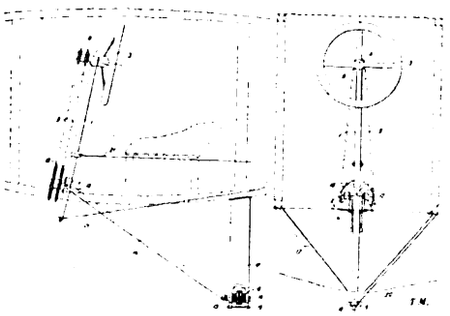


FIG. 1.

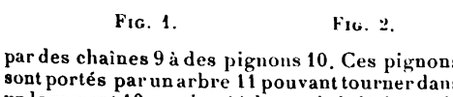
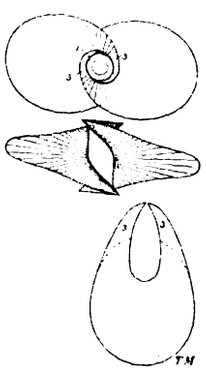


FIG. 2.

par des chaînes 9 à des pignons 10. Ces pignons sont portés par un arbre 11 pouvant tourner dans un logement 12 pratiqué à la partie inférieure de la colonne 1, entre les deux tourillons. L'arbre 11 est relié, par un joint de cardan 13, placé suivant l'axe d'articulation de la colonne 1, à un arbre intermédiaire incliné 14 relié lui-même par un joint de cardan 15 à un arbre 16 convenablement supporté par le fuselage.

Sur les figures 1 et 2, l'arbre 16 est fixé sur les montants 17 solidaires du fuselage. Sur l'arbre 16 sont placées trois poulies 18, 18, 19, les deux premières servant de guidage aux haubans des ailes, et la troisième sur laquelle s'enroulent le ou les câbles 20 qui sont fixés aux ailes et près de leurs extrémités. Des câbles 21, attachés à la colonne 1 de chaque côté de l'axe d'oscillation, servent à la commande du gouvernail de profondeur.

Cette direction permet de supprimer, lors du montage des ailes, le réglage des câbles de gauchissement, et d'obtenir un gauchissement théoriquement illimité. On peut, quel que soit le réglage des ailes, par une rotation dans un sens ou dans l'autre du volant, trouver toujours aux ailes une position d'équilibre.



(*Aéroplanes Morane-Saulnier*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 441 069, 7.III.12.)

Hélices. — Des hélices pour aéroplanes, ventilateurs sont formées de palettes qui, lorsqu'elles sont développées sur une surface plane, présentent la forme indiquée sur la figure. Pour terminer l'hélice, les extrémités 3 sont tournées hélicoïdalement autour d'un moyeu 1 de telle manière que leurs lignes génératrices, qui, au milieu de la palette sont perpendiculaires au moyeu, s'inclinent progressivement sur l'axe à mesure qu'elles se rapprochent des extrémités, jusqu'à obtenir le parallélisme.

(*C. Bütow*, Nüremberg, Allemagne. Brev. angl., cl. 114, n° 15 680, 5.VII.11.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Accouplement universel élastique pour locomotives. — Un joint universel élastique destiné à servir d'accouplement entre un essieu de véhicule et un arbre creux concentrique est caractérisé ainsi qu'il suit :

1° Le croisillon du joint universel est muni de tourillons pouvant glisser librement dans quatre coussinets dont deux appartiennent à la roue et deux à l'arbre creux ;

2° Les coussinets appartenant à la roue sont pris dans des boîtes pouvant glisser parallèlement à l'essieu ;

3° Ces boîtes sont prises entre des ressorts logés dans les joues de la roue ;

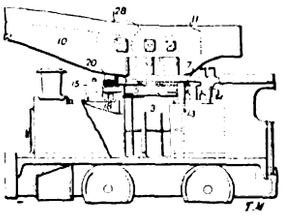
4° Ces boîtes et leurs coussinets sont construits de façon à permettre sans forçage les mouvements prévus ;

5° Les quatre coussinets sont étanches et communiquent entre eux par des canaux appropriés.

Pour la description, voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 10.

(*Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, Seine. Brev. fr., cl. 3, n° 441 138, 18.V.11)

Locomotive de secours. — La grue est entièrement portée par la locomotive au-dessus de la chaudière ; cette grue est munie de moteurs électriques. La table rotative 7 portant le bras de la grue est équilibrée par le poids 11, cette table tourne sur des rouleaux disposés en 5.

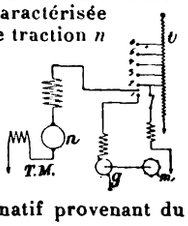


La table 7 reçoit son mouvement d'un moteur électrique 15 par l'intermédiaire d'engrenages hélicoïdaux 18 et d'un pignon denté 20 s'engageant dans les dents placées à la périphérie de la table 7.

Un autre moteur électrique conduit le tambour de levée 28 par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs de vitesse, les deux moteurs sont actionnés par du courant produit par une dynamo 13 actionnée elle-même par une turbine à vapeur alimentée par la chaudière de la locomotive.

(*R. Hawthorn and R.-W. Leslie and C° and Straker*. Brev. angl., cl. 78 et 79, n° 18 527, 16.VIII.11.)

Locomotives électriques à moteurs monophasés. — L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : le moteur de traction *n* est alimenté, au moment du démarrage, par du courant continu provenant du transformateur polymorphique *mg* ; à partir d'une certaine vitesse, il est alimenté à la manière ordinaire par du courant alternatif provenant du transformateur *t*.



(*Allgemeine Electricität, Gesellschaft*, Berlin. Brev. all., cl. 20 l., n° 253 365, 29.XI.11.)

CHIMIE

Acide chlorhydrique. — Un mélange pour la production d'acide chlorhydrique et de silico-aluminate alcalin est formé de sel, d'argile, et d'une faible quantité de charbon.

Ce mélange est moulé par compression, puis ensuite chauffé à une température comprise entre 950° et 1 300° C, de façon à éliminer le charbon et à rendre la masse poreuse. On fait ensuite agir sur cette masse de la vapeur à haute température.

De l'acide chlorhydrique se dégage en formant un silico-aluminate de sodium.

(*Electric-Smelting and Aluminium C°*, Sewaren, Etats-Unis. Brev. amér., n° 1 040 977, 8.X.12.)

Acide sulfurique. — Dans la fabrication de l'acide sulfurique par l'action de l'hydrogène sulfuré sur une solution de sulfate de cuivre, le sulfure de cuivre précipité est transformé complètement en sulfate après calcination en traitant par une quantité suffisante d'acide sulfurique de façon à transformer tout l'oxyde de cuivre en sulfate.

L'acide employé peut être celui obtenu dans la première partie de la fabrication.

(*F. Perry*, Tipton, Angleterre. Brev. angl., cl. 1 et 55, n° 28 063, 9.IX.11.)

Caramel. — On chauffe du glucose à 105° C, puis après avoir ajouté 6 % d'ammoniaque, on élève la température à 115-120°. Après une demi-heure, on refroidit à 105°. On ajoute de nouveau 2 % d'ammoniaque et on élève la température à 115-120°.

On répète cette opération une troisième fois.

(*M. Wechsler*, Kensington. Brev. amér., n° 1 031 602, 2.VII.12.)

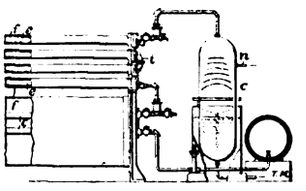
Oxydes d'azote. — On provoque l'oxydation de l'ammoniaque en le faisant passer sur un plombate à une température de 750° C.

Ce plombate est formé au moyen d'oxydes de plomb et d'un oxyde métallique infusible à 750°.

On a également soin de choisir un oxyde qui à la température de 750° n'ait aucune tendance à se transformer en carbonate, en présence d'acide carbonique.

(*Semet-Solvay C°*, Syracuse [N. Y.]. Brev. amér., 1 037 261, 3.IX.12.)

Pasteurisation de la bière. — Dans un procédé continu de pasteurisation de la bière, le liquide est pompé à travers une série de tuyaux chauffés *c*, un réfrigérant *e* et un appareil C dans lequel le gaz qui s'est dégagé pendant le chauffage est réabsorbé ainsi que de l'acide carbonique supplémentaire admis en *n*. Les tuyaux *c* sont immergés dans de l'eau chauffée par des jets de vapeur, et les tuyaux *e* sont contenus dans des sections *f*, les fonds de trois sections étant réunis par des tuyaux *i*. La bière met environ une demi-heure à passer dans les tubes *c* chauffés à la température de 65°-70° C, et le même temps pour passer dans les tubes *e* où elle est refroidie à 22°-25° C.



(*A.-S. Marriott*, Gravesend, Angleterre. Brev. angl., cl. 14, 29 et 49, n° 20 056, 9.IX.11.)

Sels de nickel. — On traite par l'acide chlorhydrique dilué une matte pulvérisée renfermant du nickel, du fer et d'autres métaux ; la

Digitized by Google

solution chlorhydrique est traitée ensuite par de la matte fraîche et de l'hydrogène sulfuré. On fait bouillir, on ajoute de l'oxyde noir de nickel pour transformer en sels ferriques l'oxyde ferreux, on ajoute du carbonate de chaux pour précipiter le fer, puis de l'acide sulfurique pour réagir sur les chlorures présents, et enfin une quantité suffisante de sulfate d'ammonium pour former le sulfate double de nickel et d'ammonium que l'on sépare.

(*H.-L. Weles*, à New-Haven. Brev. amér., n° 1 039 861, 1er.X.12.)

Sucres. — Dans le procédé ayant pour but d'obtenir le sucre premier jet et les mélasses, le jus est traité par de l'acide sulfureux, un lait de chaux, et de l'acide carbonique. Il est concentré en un sirop et traité par de l'acide sulfureux et de l'hydrosulfite de sodium. Les mélasses sortant de l'appareil centrifuge à 68 % de pureté, sont ajoutées au sirop pour subir l'action de l'acide sulfureux, tandis que les mélasses à 50-55 % de pureté sont traitées par de l'acide sulfureux et de l'hydrosulfite de sodium, puis bouillies avec la masse cuite formée du mélange des premières mélasses et du sirop.

Le second sucre ainsi obtenu est ajouté au mélange des premières mélasses et du sirop et envoyé par des pompes dans un cristalliseur.

(*F. T. M. Everard* and *F. Severus*, Djombang, Java. Brev. angl., cl. 127, n° 19 858, 6.IX.11.)

Sulfate d'ammonium (Procédé de production). — On fait réagir le carbonate d'ammonium sur le gypse. La réaction s'effectue dans une solution concentrée de sulfate d'ammonium.

(*Société industrielle des produits chimiques*, Cuise-Lamotte, France. Brev. all., cl. 12 k, n° 253 553, 2.IX.10.)

Vernis pour bois. — Ce vernis permet de donner aux bois ou aux matériaux analogues un beau poli qui résiste très longtemps aux agents extérieurs et n'est pas détruit par la poussière. Ce vernis est formé des composants suivants : 1,14 litre d'huile de lin brute ; 1,14 litre d'huile ordinaire brute ; 1,14 litre de térébenthine ; 1,14 litre d'alcool éthylique ou d'alcool de grain ; 1,14 litre de vinaigre ; 28 gr de cire d'abeille dissoute dans la térébenthine ; 28 gr de beurre d'antimoine ; 57 gr de tripoli en poudre.

Ces constituants sont mélangés, puis chauffés afin d'obtenir un mélange intime. La cire d'abeille doit être chauffée avant d'être introduite dans le mélange.

(*W. D. Fleming*, Canada. Brev. fr., cl. 14, n° 441 026, 6.III.12.)

Verrerie. — Le verre fondu coule d'une façon continue d'un caniveau 45 dans un compartiment 2 d'un bassin 1 qui peut être incliné, comme le montre la figure 1, de façon à charger un compartiment 3. On le remet ensuite dans la

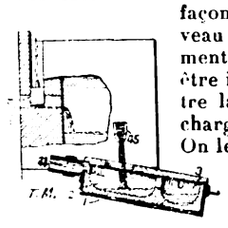


Fig. 1.

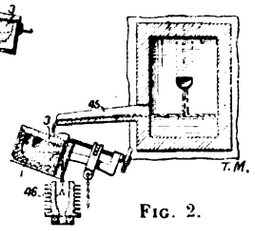


Fig. 2.

position horizontale. A l'arrivée du moule 46 devant recevoir la quantité de verre nécessaire à la paraison, le bassin 1 pivote autour de son axe longitudinal de façon à décharger son contenu du compartiment 3 dans le moule. Les mouvements du bassin 1 sont produits par un mécanisme à came, actionné par la machine soufflante.

(*T. W. Simpson*, Castleford, Angleterre. Brev. angl., cl. 56 et 106, n° 20 516, 16.IX.11.)

ÉLECTRICITÉ

Alternateur à fréquence quelconque. — L'appareil est caractérisé, tout d'abord, par l'utilisation d'un champ magnétique continu et de densité constante ; dans ce champ, on place des enroulements induits fixes ; et l'on produit des points de concentration du flux, dans un milieu de perméabilité quelconque très élevée, tous identiques entre eux et de densité constante, plus grande que celle du champ fondamental ; le déplacement de ces points produit dans les enroulements des courants alternatifs dont le nombre et la fréquence sont évidemment fonction du nombre des points de concentration et de leur vitesse de déplacement relatif à la périphérie du champ fondamental.

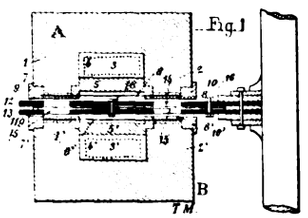


Fig. 1

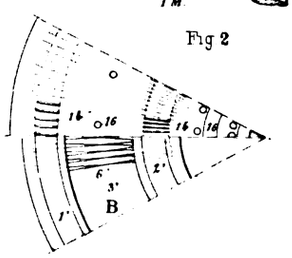


Fig 2

Le champ fondamental (fig. 1, 2 et 3) est produit par deux masses A, B de fer doux annulaires comportant chacune deux masses polaires 1, 2, 1', 2' séparées par une gorge 3, 3' et placées avec leur axe en coïncidence, un espace étant ménagé entre elles de façon à assurer la place du disque rotatif ; cet ensemble donne lieu à un champ magnétique d'intensité réglable par exemple au moyen d'un enroulement 4, 4' extérieur ou intérieur.

Entre les deux pôles saillants à l'intérieur 2, 2' afin de supprimer les franges de flux, on dispose un métal non aimantable quelconque 5, 5'.

Les bobines induites sont formées d'un fil 6, 6' continu, mais ne comportent l'enroulement qu'en face des saillants 1, 2, 1', 2' du champ principal ; les bobines sont faites de telle façon que le même passage produise, dans les deux, des forces électromotrices s'ajoutant, aidant ainsi à obtenir un voltage élevé.

L'enroulement peut être fait par fils superposés.

La disposition la plus simple consiste à réaliser les enroulements sur la surface plane ou convenablement rainurée de deux couronnes 7, 8, 7', 8' de fer qui viennent se fixer par écrous ou autrement sur le plan des pôles saillants 1, 2, 1', 2'. Les fils 6, 6' débordent ces anneaux, pour éviter les inductions contraires et les bords des anneaux sont saisis par la masse non aimantable de remplissage 5, 5', ce qui évite toute frange de flux. La même précaution est prise sur les bords externes par des anneaux non aimantable 9, 10, 9', 10'.

Le flux qui traverse les fils ainsi enroulés est constant et homogène ; il se ferme soit entre pôles opposés, soit entre pôles de même corps (fig. 4 et 5).

Pour produire les alternances, on concentre ce flux à travers une masse de grande perméabilité magnétique en des points régulièrement espacés, suivant un sous-multiple du nombre des enroulements, et c'est le déplacement de ces points qui créera les alternances, par l'arrivée sur un fil, d'un feuillet de concentration, son passage total et son éloignement.

Cette masse magnétique est formée par un plateau de fer 11 — en feuilles superposées — serrées entre deux plateaux 12, 13 d'acier au nickel non aimantable, et dans ces plateaux sont ménagées des fenêtres 14, 15 de largeur égale à celle du fil 6 des bobines induites, placées à la hauteur des pôles saillants 1, 2. D'un cercle à l'autre les fenêtres sont décalées (fig. 2) suivant le bobinage pour que les effets s'ajoutent.

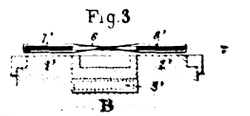


Fig. 3

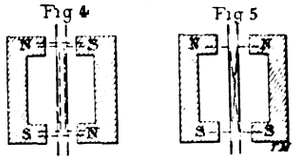


Fig 4 Fig 5

On voit que, à l'état de repos, les lignes de force du champ principal sont ainsi concentrées par la denture artificielle que créent les fenêtres périphériques et traversent, dans leur largeur, les enroulements induits. Si donc on vient à donner un mouvement de rotation au plateau, les feuillets ainsi formés vont se déplacer et les alternatives de passage de flux concentré et d'absence de flux créeront dans chacun des enroulements les alternances qui sont cherchées, et ce, avec d'autant plus de fréquences que ces fenêtres seront plus nombreuses, et tourneront plus vite devant les bobines.

En créant par l'enroulement convenable du circuit des modifications du flux de l'aimant, on voit l'emploi du montage direct de cet alternateur pour les applications de radioélectricité, télégraphie ou téléphonie sans fil ; le circuit des appareils de transmission serait par exemple superposé à la bobine d'excitation dans la gorge de l'aimant

On arrive aux très hautes fréquences avec les grandes vitesses de rotation données par exemple par les turbines à vapeur, l'arbre étant monté sur l'arbre du cylindre mobile.

(*La Radio-Electricité*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 440 020, 22.IV.11.)

Changeur de fréquence. — L'invention consiste en un changeur de fréquence qui comprend un stator S de machine d'induction et un rotor R de commutatrice (fig. 1) ; le collecteur O et les bagues G peuvent être reliés au même enroulement rotorique, comme dans une commutatrice ordinaire, ou à deux enroulements indépendants, ce qui donne une plus grande latitude dans le choix des tensions.

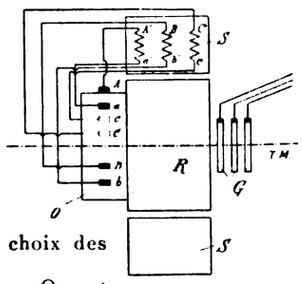


Fig. 1.

Sur le collecteur O sont disposés deux systèmes de balais ABC et *abc* dont l'un au moins est décalable. Les balais A et *a*, B et *b*, C et *c* sont reliés directement, ou indirectement, par l'intermédiaire d'un tranformateur, aux extrémités A' B' C', *a' b' c'* des phases du stator S.

Grâce à cet agencement, lorsque les deux systèmes de balais sont en concordance, le stator S est court-circuité dans chacune de ses phases, et si l'on raccorde la machine par ses bagues G au réseau, elle tournera sensiblement à la vitesse du synchronisme, comme un moteur asynchrone.

Digitized by Google

Si, au contraire, on écarte les deux systèmes de balais l'un de l'autre, la vitesse de la machine variera automatiquement en produisant aux bornes du stator S une tension et une fréquence proportionnelles entre elles et variant graduellement. On pourra donc prendre aux bornes du stator S du courant à fréquence et à tension variables.

Une variante intéressante du système décrit ci-dessus consiste à diviser la machine comme il est montré schématiquement figure 2.

D'après cette variante, la machine comprend

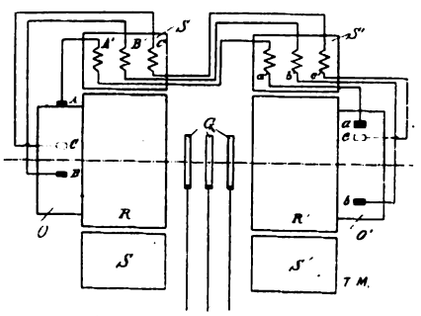


FIG. 2.

deux stators SS', deux rotors RR' munis chacun d'un collecteur OO' et le jeu de bagues G.

Sur chaque collecteur OO', il n'y a plus qu'un seul système de balais; ABC sur le collecteur O et *abc* sur le collecteur O'. Les balais de chaque système sont respectivement reliés aux phases du stator correspondant et ces phases sont connectées entre elles de telle façon que les deux stators S et S' se trouvent montés en série comme le montre la figure 2. L'un des deux systèmes de balais est décalable en même temps que le stator correspondant. Une telle combinaison d'ensemble permet de conserver constante la position relative des balais et des stators correspondants et d'obtenir une bonne commutation en disposant sur ceux-ci des pôles auxiliaires.

(*Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.* Brev. fr., cl. 12, n° 440701, 9.V.11.)

Conducteurs électriques en aluminium isolés par une couche d'oxyde d'aluminium (Procédé de fabrication). — L'aluminium à oxyder est soumis à l'action d'un courant électrique dégageant de l'oxygène et dans lequel il constitue l'anode. Le bain électrolytique est formé par de l'eau acidulée et du sulfate de fer.

La couche d'alumine formée constitue un isolant remarquable et permet d'employer à nu les conducteurs ainsi obtenus dans le bobinage des machines.

(*P.-A.-F. de Saint-Martin*, Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 440516, 5.V.11.)

Electrodes pour électrolyse. — Les cathodes pour le traitement de l'acide nitrique qui est libre de tout autre électrolyte, sont faites de carbone ou de graphite.

Une légère force électromotrice est nécessaire avec ces cathodes, tandis qu'avec des électrodes métalliques il est nécessaire de disposer d'un voltage beaucoup plus élevé.

Aucune trace d'hydrogène n'apparaît.

L'invention est applicable à la fabrication de l'ammoniaque.

(*Farbwerke vorm, Meister, Lucius and Bruning*, Hoechst-a.-Main, Allemagne. Brev. angl., n° 19518, cl. 41, 1.IX.11.)

Enroulements pour machines électriques donnant un flux sensiblement sinusoïdal. — Il est souvent très utile de réaliser dans les machines électriques (notamment dans les régulateurs d'induction monophasés) des flux répartis sensiblement d'une façon sinusoïdale. Pour atteindre ce but, on a déjà proposé de répartir les enroulements eux-mêmes sinusoïdalement, mais cette disposition offre certaines difficultés d'exécution.

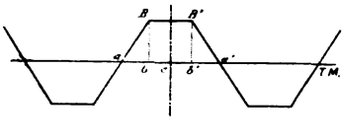


FIG. 1.

L'invention permet d'arriver au même résultat avec des enroulements de type tout à fait normal.

On sait qu'un enroulement en tambour, tel qu'on en emploie pour les machines à courant continu, peut être réalisé avec un pas fractionnel et que cet enroulement produit alors un flux en forme de trapèze. En se reportant au diagramme représenté figure 1, sur lequel la longueur *aa'* représente le pas polaire et *c* le milieu du pôle, on voit que le pas de l'enroulement étant égal à $\frac{ab}{ac}$ le flux aura la forme *a*BB'*a'*.

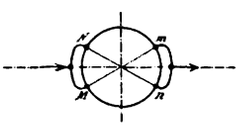


FIG. 2.

On arrive à la même forme de flux :

1° En utilisant un enroulement en tambour à pas entier et en l'alimentant doublement, comme il est indiqué schématiquement sur la figure 2 du dessin qui représente un enroulement bipolaire. Dans ce cas : $\frac{ab}{ac} = \frac{Nm}{Mn}$;

2° En inclinant les encoches d'un arc MN sur leur longueur totale, l'induction moyenne sur les génératrices de la machine est alors représentée par la figure 1 pour la même condition : $\frac{ab}{ac} = \frac{Nm}{Mn}$.

L'invention consiste à appliquer l'un ou l'autre de ces deux derniers procédés à un enroulement à pas fractionnel. En combinant convenablement le pas de l'enroulement avec l'écart des points d'alimentation ou d'inclinaison des dents, on obtient un flux pentagonal tel que celui représenté figure 3 et dont la forme se rapproche beaucoup de la sinusoïde.

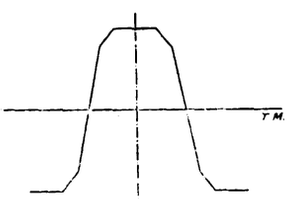
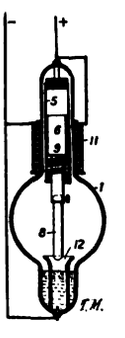


FIG. 3.

(*Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.* Brev. fr., cl. 12, n° 440664, 8.V.11.)

Lampe à vapeur incandescente. — Une lampe à courant continu possède une cathode de mercure et une électrode supérieure 8 de tungstène ou de tout autre métal.



La décharge électrique se fait exclusivement dans un tube de silice 12 qui est perforé latéralement à la partie inférieure.

L'électrode 8 est attachée à un noyau de fer 6 qui est supporté par un cylindre de nickel 5 au moyen d'un ressort 9 et qui est abaissé, au moment où la lampe commence à fonctionner, par un solénoïde 11.

(*Société anonyme française*, dite *Banque du Radium*, Paris. Brev., n° 19524, cl. 39, IX.11.)

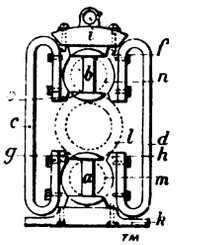
Lampe à vapeur de mercure à radiations de courte ou de grande longueur d'onde. — On fait le vide dans cette lampe, suivant les usages courants, sur certains gaz déterminés de façon à obtenir des radiations de longueurs d'onde d'ordre et de nature également déterminés.

En faisant le vide sur de l'hydrogène pur, de l'hydrogène sulfuré ou de l'anhydride carbonique, on obtient des effets chimiques puissants.

Les effets thermiques et lumineux sont obtenus en faisant le vide sur des corps gazeux chimiquement opposés aux premiers, tel l'azote pur ou mélangé au néon ou à l'oxygène.

(*A. L. Billon-Daguerre*, Asnières, Brev. fr., cl. 12, n° 441455, 24.V.11.)

Magnéto électrique. — Deux armatures *a*, *b*, montées de façon à tourner entre deux aimants *c*, *d*, sont munies de roues dentées *m*, *n* engrenant par l'intermédiaire de la roue *l*.



L'ensemble est maintenu par deux plaques *i*, *k*, vissées aux pièces polaires *e*, *f*, *g*, *h*. Lorsque l'on doit produire l'allumage dans un moteur à 4 cylindres, les armatures peuvent être disposées à 90°.

(*C. et E. Fein*, Stuttgart, Allemagne. Brev. angl., cl. 35, n° 20019, 8.IX.11.)

Relais télégraphique. — Cet appareil consiste en un couple thermo-électrique B, en circuit avec un récepteur D, le couple étant déplacé dans la région des flammes C par la bobine A agissant sur le fil E et le cadre b^4. La position des flammes est réglée au moyen de vis c^2. La figure 2 montre une forme du

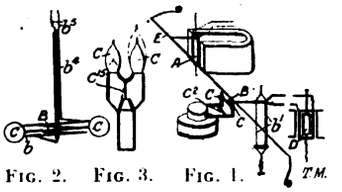


FIG. 2. FIG. 3. FIG. 1.

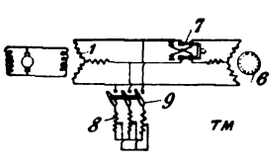
couple thermo-électrique avec des fils de platine b^5 passant le long du tube de support b^4 et des éléments thermo-électriques formés de fils de platine et de platine-iridium *b*.

Dans le dispositif indiqué figure 3, le bras attaché à la bobine actionne la plaque c^{13} qui fait varier l'admission d'air et par conséquent agit sur la hauteur des flammes.

(*D. G. Brown*, London. Brev. angl., cl. 40, 53 et 75, n° 19779. 5.IX.11.)

GÉNIE MARITIME

Transmission électrique de l'énergie. — Dans un système de propulsion électrique pour la conduite des bateaux, ayant un moteur polyphasé et un générateur, le freinage pour l'arrêt, le changement de marche, le changement de vitesse, sont effectués en mettant une résistance en parallèle avec le circuit. Quand deux vitesses sont nécessaires, le moteur a deux séries d'enroulements; quand on veut passer d'une faible vitesse à une plus grande, le générateur seul est freiné, lorsque l'on veut passer d'une grande vitesse à une plus faible, le générateur et le moteur sont tous deux freinés.



Pour le changement de marche, l'admission

Digitized by Google

de vapeur dans la turbine conduisant le générateur 1 est supprimé et l'interrupteur 9 de la résistance 8 est fermé. Aussitôt que le générateur 1 et le moteur 6 sont stationnaires, l'interrupteur 9 est ouvert, le commutateur 7 est renversé et la vapeur est de nouveau admise dans la turbine motrice.

(*Allmänna Soensa Elektriska Aktiebolaget*, Westeräs, Suède. Brev. angl., cl. 38, n° 19903, 7.IX.11.)

HYDRAULIQUE

Turbines à réaction (Dispositif de vannage). — Les turbines hydrauliques à réaction permettent d'atteindre, avec un rendement élevé, une grande vitesse de régime et tous les avantages qui en sont la conséquence.

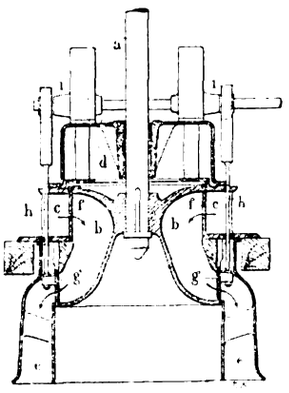


FIG. 1.

Ce résultat est obtenu en portant le degré de réaction de ces turbines jusqu'aux plus extrêmes limites; mais alors, le rendement baisse considérablement lorsque la force demandée ou le volume d'eau disponible sont variables, puisqu'il n'existe qu'un seul point d'ouverture de la vanne qui corresponde au degré de réaction le plus favorable pour lequel la turbine a été construite. En effet, le rapport entre la section d'admission de l'eau et la section de sa sortie de l'aubage change avec chaque position d'ouverture de la vanne, puisque la section de sortie reste constante tandis que celle d'admission varie.

La présente invention permet de maintenir un rendement hydraulique constant même avec les débits les plus variables, en réalisant, à tous les degrés de l'admission, la constance absolue du rapport entre la section d'admission de l'eau à travers le distributeur et la section de sortie de l'aubage. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un vannage indépendant de la roue motrice et ne participant pas à son mouvement de rotation.

La figure 1 montre en coupe verticale l'application du dispositif à une turbine à injection centripète et à décharge centrifuge.

La figure 2 montre, en coupe verticale, le dispositif appliqué à une turbine mixte, du genre Hercule-Progrès ou similaire, dans laquelle l'injection est centripète et la décharge à la fois centrifuge et parallèle à l'axe de la turbine.

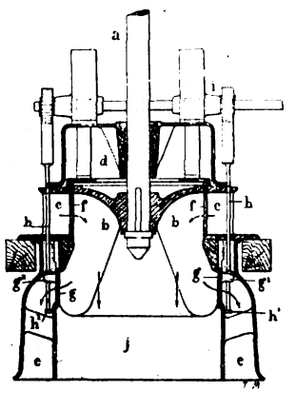


FIG. 2.

Dans la figure 1, *a* est l'arbre de la turbine, *b* la roue motrice à injection centripète et à décharge centrifuge, *c* le distributeur d'admission de l'eau, *d* le dôme recouvrant la turbine, *e* le tube de décharge.

Une vanne cylindrique *f* permet d'obturer les orifices d'admission du distributeur, tandis qu'une deuxième vanne cylindrique *g* permet d'obturer les orifices de sortie de l'aubage. La vanne *g* est reliée par les tiges *h* au mécanisme *i* de manœuvre de la vanne *f*, en sorte que les déplacements des deux vannes sont solidaires. L'amplitude de ces déplacements est déterminée de telle façon que la section de sortie reste toujours proportionnelle à la section d'admission, ce qui permet de conserver dans toutes les positions d'ouverture le degré de réaction théoriquement et pratiquement le plus favorable.

Dans la figure 2, les mêmes lettres désignent les mêmes organes que dans la figure 1; la roue motrice *b* est à injection centripète et à décharge mixte, c'est-à-dire à décharge centrifuge par le tube *e* et à décharge parallèle à l'axe par le tube central *j*. Les tiges *h* sont prolongées et terminées par un bouton h^1. Elles glissent à frottement doux dans une douille g^1 portée par la vanne *g*. Le mouvement des deux vannes *f* et *g* ne devient donc simultané qu'à partir d'un certain point de la course, lorsque le bouton h^1 vient buter la douille g^1. C'est à ce moment seulement que la vanne de sortie commence à agir sur le degré de réaction de la turbine.

Après avoir traversé l'aubage, l'eau s'écoule dans le cas de la figure 1 par la section annulaire libre du tube de décharge *e* et, dans le cas de la figure 2, par le tube central *j*, si la vanne *g* est fermée, et par l'ensemble du tube central *j* et de la section annulaire libre du tube *e*, si la vanne *g* est ouverte.

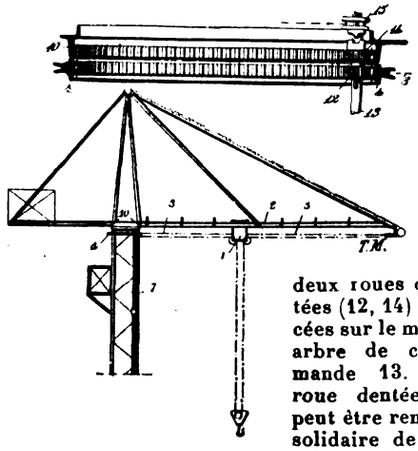
Lorsque la turbine fonctionne en dépression, les tubes *e* (fig. 1) ou bien *e* et *j* (fig. 2) forment tuyaux d'aspiration. Dans ce cas, si la turbine travaille avec une admission d'eau réduite, la section normale du tube de décharge peut se trouver trop considérable pour le débit d'eau, ce qui peut provoquer le désamorçage de la colonne d'eau.

La disposition des deux tubes de décharge *j* et *e* (fig. 2) remédie à cet inconvénient. En effet, dans le cas des admissions réduites, le tube de décharge *e* est obturé par la vanne *g*, en sorte que la section de décharge se trouve notablement réduite.

(*Société des établissements Singrün*, Vosges. Brev. fr., cl. 5, n° 440219, 28.IV.11.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Grue à chariot mobile sur un bras tournant. — Au sommet du pylone fixe 7 se trouvent deux couronnes superposées 4, 10, dentées intérieurement. Ces couronnes engrènent avec



deux roues dentées (12, 14) placées sur le même arbre de commande 13. La roue dentée 14 peut être rendue solidaire de cet arbre par l'intermédiaire d'un accouplement 15; dans ce cas, les deux couronnes tournent simultanément et entraînent dans leur rotation le bras 2, sans agir sur le chariot 1. Quand la roue dentée 14 n'est pas accouplée à l'arbre 7, la couronne 4 se trouve seule entraînée et actionne le câble 3 du chariot.

(*Société Louis Perbal et C^ie*, Nancy. Brev. all., cl. 35 b, n° 253852, 13.XII.11.)

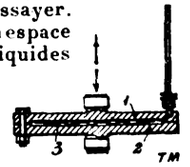
Moteur à collecteur pour appareils de levage. — L'invention se rapporte à la transformation du moteur à répulsion compensé, connexion série, en moteur d'induction pur et simple par la mise en court-circuit automatique de plusieurs points du rotor lorsqu'on approche du synchronisme, cette mise en court-circuit laisse au besoin subsister la connexion série.

L'avantage de ce type de moteur sur le type de moteur monophasé qui démarre en moteur à répulsion simple, consiste en ce qu'il peut comporter un enroulement plus économique (uniaxial ou concentrique), sur le stator et en ce qu'il demande un courant moyen de démarrage moins important.

(*Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 440773, 10.V.11.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

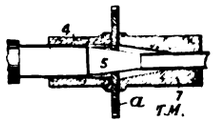
Machine pour les essais de résistance des matériaux. — Cette machine se compose de deux disques 1 et 2 qui sont munis dans leurs centres de bossages sur lesquels on pose les échantillons à essayer.



Entre les deux disques, un espace est ménagé, contenant des liquides communiquant avec une tige creuse, indicatrice de niveau sur laquelle on peut lire la variation de forme de l'espace 3.

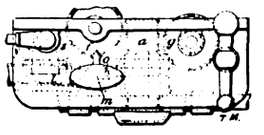
(*G. Wazau*, Geithain Allemagne. Brev. angl., cl. 106, n° 19308, 29.VIII.11.)

Scie rotative. — L'arbre d'une scie rotative *a* de diamètre variable, comporte une partie conique 5 et des parties filetées supportant les écrous 4, 7 qui maintiennent la scie.



(*V. Brewinski*, Teschen, Autriche. Brev. angl., cl. 83, n° 19864, 6.IX.11.)

Tours. — Les mouvements de chariotage et de surfaçage d'un tour sont conduits par un filet de vis vertical *a*, qui est déplacé verticalement par un excentrique *m* et un index *o* de façon à engager l'une des deux roues hélicoïdales *f*, *g*. Les deux mouvements sont obtenus par ces deux roues. L'écrou pivotant *s* est commandé à la main par la came *v*; une barre *t* empêche son engagement, quand la vis *a* n'est pas dans la position neutre.



La vis peut avoir deux filetages de pas différents, un pour chaque roue.

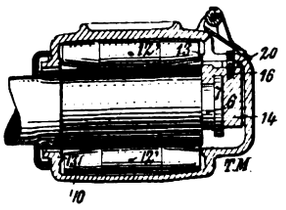
(*H. F. Atkins, J. E. Cohen* (*Colchester Lathe C^o*), Colchester. Angleterre. Brev. angl., cl. 83, n° 20092, 11.IX.11.)

Tourillons. — Une boîte d'essieu pour wagons de chemins de fer est munie de tourillons à rouleaux, les rouleaux ayant leur extrémité tournée coniquement et le carter ayant ses parois intérieures tournées de façon à emboîter exactement les extrémités coniques des rouleaux 9.

La partie cylindrique du milieu des rouleaux roule sur un manchon 10 porté par l'arbre;

Digitized by Google

l'extrémité du jeu de rouleaux, est maintenue par un bossage annulaire 13, porté par des parois latérales de la boîte. Les rouleaux sont creux et contiennent une matière capable d'absorber le lubrifiant ; un trou 12^1 est ménagé dans la paroi de chaque rouleau pour distribuer le lubrifiant aux surfaces de roulement.

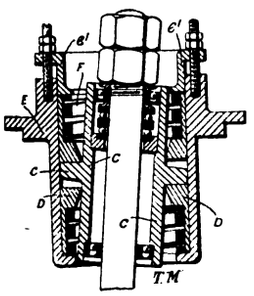


Les poussées axiales sont supportées par un joug 14, maintenu par une mortaise et un tenon 6 et une extrémité du collier 7 placée sur l'arbre.

Le joug est de plus maintenu en position par une clavette en 16, qui s'engage dans des rouleaux aménagés dans les parois du carter et dans le joug. La clavette peut être enlevée par le trou 20.

(*W. P. Thompson*, Liverpool. Brev. angl., n° 17 378, cl. 12, 31.VII.11.)

Tourillons. — Le tourillon élastique pour les arbres verticaux des machines centrifuges, est conduit de façon que les ressorts restent dans une même position pendant toute la rotation de l'arbre.



La boîte C renfermant l'arbre comporte des flasques engagées au-dessus et au-dessous des pistons D pressés par des ressorts, ces pistons pouvant se déplacer dans le carter E.

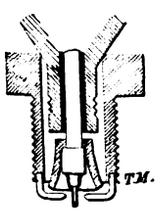
Les extrémités des flasques *c* sont sphériques. La tension des ressorts est réglée au moyen des anneaux e^1.

Un certain nombre de petits ressorts peuvent être remplacés par de larges ressorts F.

(*W. Broadbent*, Hudderfield. Brev. angl., cl. 12, n° 19 304, 29.VIII.11.)

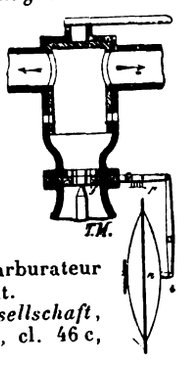
MACHINES THERMIQUES

Bougie d'allumage pour moteurs à explosion. — Dans cette bougie, l'espace où se produit l'étincelle est ionisé. Pour cela, il contient certains corps tels que les oxydes de métaux alcalino-terreux, des terres rares, des alliages de fer, de tantale, de titane et d'autres métaux lourds tels que les ilicium, etc. ; ces corps agissent comme ionisants à haute température.



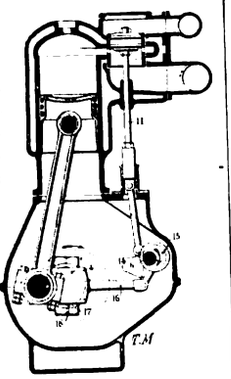
(*Vertriebsgesellschaft magnet-elektrischer Apparate m b, H*, Charlottenburg. Brev. all., cl. 46 c, n° 253 594, 16.V.11.)

Carburateur (Réglage particulièrement destiné aux aéroplanes). — Le carburateur possède un organe *n* influencé par les variations de pression ; cet organe commande une ou plusieurs pièces *p* de façon à régler le carburateur sur la pression du moment.



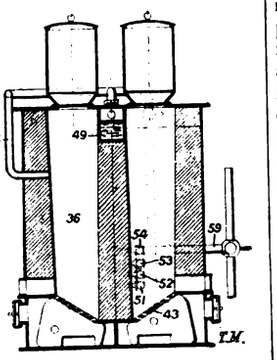
(*Daimler-Motoren-Gesellschaft*, Untertürkheim. Brev. all., cl. 46 c, n° 253 862, 16.VI.11.)

Distribution pour moteurs à explosion à quatre temps. — L'admission et l'échappement sont commandés par un seul tiroir recevant son mouvement de l'arbre du moteur par l'intermédiaire d'un arbre auxiliaire tournant à une vitesse moitié moindre. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : sur l'arbre auxiliaire 6, est fixé un excentrique 15 dont le collier forme un levier coudé 14 à deux bras inégaux ; le bras le plus court est en relation avec la tige du tiroir ; le bras le plus long est en relation avec une tige 16, fixée au collier 17 de l'excentrique 18 placé sur l'arbre du moteur 4.



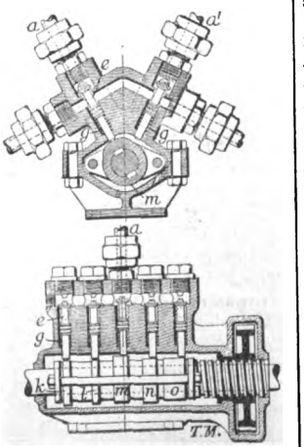
(*H. Berry*, Hunslet, *G. Hutchinson Mann*, Leeds, Angleterre. Brev. all., cl. 466, n° 253 925, 24.VI.10.)

Gazogènes. — Dans un gazogène à deux chambres, la hauteur de coke incandescent que doit traverser le gaz dans la seconde chambre est réglée par une série d'ouvertures superposées. Le gaz s'échappe de la première chambre 36 par un conduit 45 ; il est envoyé directement ou après passage dans un évaporateur 49, sous la grille 43 dans la seconde chambre. Les ouvertures d'échappement 51... 54 sont munies d'une valve coulissante ; chaque valve est réunie à l'appareil de manœuvre 59.



(*A. Hendunen* et *A. Simonenko*, Moscou, Russie. Brev. angl., cl. 55, n° 19 781, 5.IX.11.)

Moteurs à combustion interne. Mise en marche. — Un moteur à plusieurs cylindres est mis en marche, dans une direction ou dans une autre, par de l'air comprimé admis par un ou par deux jeux de valves actionnées par le même jeu de cames ; l'air est admis aux conduites *a* a^1 pour le départ et passe aux valves *e* maintenues normalement ouvertes par les ressorts *g*, mais disposées de façon à se fermer par la pression de l'air et à être ouvertes par les cames *k o* ; les cames sont déplacées latéralement par le mouvement du moteur ; elles sont de largeurs différentes de façon que, lorsque la vitesse du moteur croît, l'admission de l'air est supprimée cylindre par cylindre ou par groupe de cylindres.

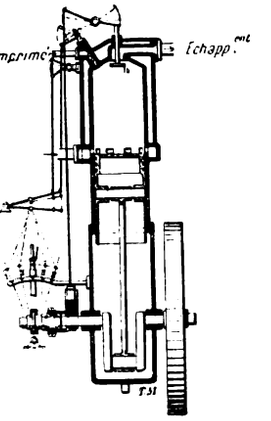


L'admission d'air peut être disposée de façon à actionner un dispositif supprimant l'admission de combustibles ; par exemple, l'air peut déplacer un piston dont la tige forme une valve placée sur le chemin parcouru par le combustible.

(*E. C R. Marks*, London. Brev. angl., cl. 7, n° 18 665. 18.VIII.11.)

Moteurs à combustion interne. Montage de la magnéto. — La magnéto d'un moteur à combustion interne ayant ses cylindres et son arbre manivelle tournant dans des directions opposées, est montée sur le carter ; elle est conduite par la roue dentée actionnée par l'arbre manivelle.

La roue motrice est ajustable longitudinalement sur l'arbre manivelle pour régler le moment de l'allumage.



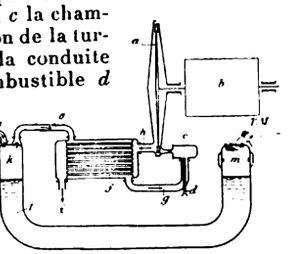
(*L. Benier*, Paris. Brev. angl., cl. 7 et 35, n° 185 17.VIII.11.)

Soupapes d'échappement de moteurs à explosion à deux temps (Commande). — L'organe de commande de la soupape d'échappement est en retard au démarrage pour la diminution de compression ; il est en avance pendant la marche. La figure ci-contre montre le dispositif adopté.

(*Rudolf Hoffmann*, Alsace. Brev. all., cl. 46, n° 253 591. 1.I.11.)

Turbines à gaz (Méthode pour actionner les). — On effectue, sans le concours de la turbine à gaz, la compression presque isotherme, sous l'action d'une colonne d'eau à laquelle on communique une énergie cinématique, au moyen des déflagrations d'un mélange combustible.

a désigne la turbine à gaz, *b* une génératrice électrique qui est actionnée directement par cette turbine, *c* la chambre de combustion de la turbine à gaz avec la conduite d'arrivée de combustible *d* et la conduite d'air *g*, qui vient d'un réchauffeur d'air (régénérateur) *f*. Une conduite *h* relie la turbine à gaz au réchauffeur *f*, de telle manière que les gaz d'échappement chauds peuvent traverser ce dernier et peuvent ainsi réchauffer l'air de combustion qui est déjà comprimé et qui circule en sens contraire des gaz d'échappement ; *i* est l'échappement pour les gaz de combustion. L'air est comprimé dans le réservoir *k* par la colonne d'eau *l*, à laquelle on confère, dans le compartiment *m*, de l'énergie cinématique d'une manière connue. L'air est aspiré en *n* pour être amené, après avoir été comprimé, à travers la conduite *o*, au réchauffeur *f* ; cet air se rend ensuite à la chambre de combustion *c* à travers la conduite *g*.



(*Aktiengesellschaft Brown-Boveri*, Suisse. Brev. fr., cl. 5, n° 440 569, 24.II.12.)

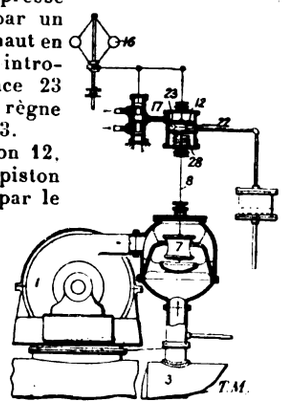
Turbine à explosions. — Dans cette turbine, les explosions se produisent alternativement, mais dans une succession très rapide, de part et d'autre, d'un distributeur mobile, qui les envoie dans une turbine à augets avec détente en cascade donnant l'utilisation maximum de la vitesse des gaz brûlés.

(*L. Bugnot*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 441 370, 15.III.12.)

Digitized by Google

Turbines (Régulation). — La valve 7 contrôlant l'arrivée de vapeur d'une chaudière 3 à une turbine à basse pression 1, est contrôlée par un régulateur sensible aux variations de vitesses et aux variations de pressions.

La tige de la valve 8 est actionnée par un piston 22, qui est pressé de bas en haut par un ressort 28, et de haut en bas par de l'huile introduite dans l'espace 23 à la pression qui règne dans le réservoir 3.



Un second piston 12, indépendant du piston 22, est contrôlé par le régulateur 16, par l'intermédiaire d'un servo-moteur 17. Ce piston 12 force le piston 22 à se déplacer de haut en bas et à fermer la valve 7, quand la vitesse de la turbine augmente. le piston 12 s'élève et le piston 22 suit ce mouvement sous l'action d'un ressort 28, lorsque la vitesse diminue; l'huile contenue dans l'espace 23 ferme la valve 7 quand la pression de la vapeur devient anormale.

(*Vereinigte-Dampfturbinenges*, Berlin. Brev. angl., cl. 37 et 110, n° 17 615, 2.VIII.11.)

MÉTALLURGIE

Alliage de fer et de bore. — On fait passer un courant électrique dans un bain fondu renfermant du borate de calcium, du fer et du carbone.

Le courant électrique doit avoir une intensité suffisante pour réduire le bore, mais insuffisante pour réduire le calcium. On sépare ensuite l'alliage qui s'est formé.

(*F.-J. Tone*, Niagara [E. V.]. Brev. amér., n° 1 035 919.)

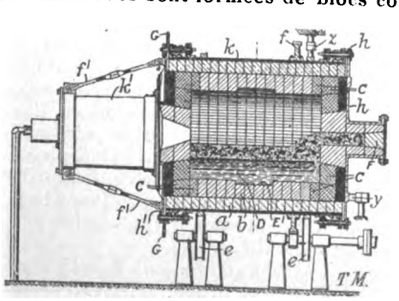
Alliage d'aluminium. — Cet alliage peut être utilisé comme soudure pour réunir des pièces en aluminium.

Sa composition est la suivante: 11 °/° d'aluminium; 5 °/₀ de nickel; 2 °/₀ de manganèse; 82 °/₀ d'étain pur.

(*G. J. Coles*, Etats-Unis. Brev. fr., cl. 8, n° 441 400, 16.III.12.)

Fours électriques. — Dans un four rotatif ou oscillant, pouvant servir à l'extraction ou à la distillation du zinc, les charges restent à l'intérieur du four, et sont chauffées par une résistance liquide D, traversée par un courant amené par les électrodes C.

Ces électrodes sont formées de blocs constitués par le passage au four d'un mélange de graphite, de magnésie et d'un agglomérant comme le goudron.



Ces électrodes sont séparées par des blocs de graphite maintenus par des plaques métalliques h h^1, qui forment les extrémités du four et qui sont reliées au circuit d'alimentation par un balai y et par une boîte métallique k, en contact avec un second balai z.

Les parois sont attachées aux plaques h h^1 des extrémités par des boulons isolés et pressés par des ressorts, pour permettre l'expansion des parties internes.

Elle est connectée électriquement à la deuxième plaque h^1 par des ressorts G.

Une roue dentée f engrène avec un moteur, qui communique son mouvement de rotation au four, soit d'une manière continue, soit d'une manière intermittente; le four peut ainsi faire une révolution toutes les huit ou dix minutes. La garniture intérieure du four consiste dans des plaques de magnésie b, qui sont séparées du carter métallique par des briques de silice a.

Une ouverture pour le chargement passe dans l'axe. Elle est fermée par un bouchon F, muni d'une couverture métallique.

Une ouverture de déchargement évasée est située à l'autre extrémité.

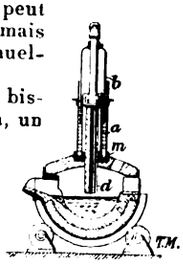
Les gaz et les vapeurs sont conduits dans un condenseur k', où ils se détendent progressivement.

Avant de commencer l'opération, le four est chauffé par une flamme de gaz ou d'huile, ou par le passage du courant à travers une charge provisoire de plomb fondu, après que la résistance liquide et la charge ont été introduites. La charge consiste en minerai additionné d'un léger excès de coke chauffé préalablement à environ 500° C.

La résistance liquide D est composée, par exemple, de fer à 12 °/₀ de phosphore.

(*A.-L.-J. Queneau*, Philadelphia [E.U.]. Brev. angl., cl. 39, 51, 82, n° 19 305, 29.VIII.11.)

Four électrique. — La partie supérieure d'une électrode verticale ou inclinée d est contenue dans une cloche b, qui flotte sur un liquide placé dans un récipient a. Ce liquide peut être un alliage ayant un point d'ébullition relativement élevé, mais une basse température de fusion; on peut aussi employer de l'eau, mais alors elle doit être continuellement en circulation.



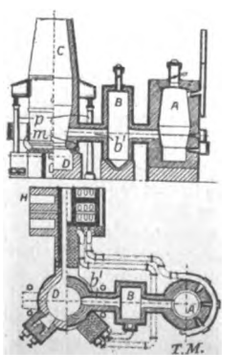
On peut employer du bismuth, du plomb, de l'étain, un alliage de 45 parties de plomb, 37 d'étain, 72 de bismuth, 16 de mercure, cet alliage fondant à 53° C.

Une poche annulaire peut être ménagée à la partie supérieure du récipient a pour empêcher le liquide de se renverser quand le fourneau est incliné.

(*A. E. Bourcoud*, London. Brev. angl., cl. 39, 82, 122, n° 20 033, 8.IX.11.)

Fours métallurgiques. — Un four métallurgique plus particulièrement adapté à la réduction et à la fonte du fer, comprend une chambre rotative c disposée verticalement au-dessus d'un foyer D.

Ce foyer étant chauffé par le gaz produit en A, l'air nécessaire à la combustion, provenant d'un générateur H, qui utilise les gaz d'échappement du foyer.



La chambre C est chargée en minerai jusqu'au niveau de l'ouverture d'échappement des gaz b^1.

Le minerai complètement réduit passe directement dans la chambre D, où il est fondu.

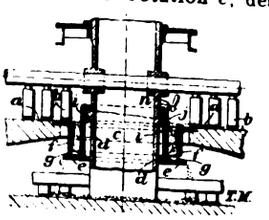
Le métal spongieux empêche les gaz du foyer de passer à travers la chambre C.

L'air pour la combustion peut être chauffé dans l'appareil H; le gaz passe dans l'appareil B, où il se purifie à travers un mélange de coke, de chaux éteinte et de morceaux de fer.

La chambre est supportée et par les parois du foyer et par des piliers p.

(*D. Tschernoff*, Saint-Pétersbourg. *M. Sendzikowsky*, Moscou, Russie. Brev. angl., cl. 51, 55, 72, n° 19 381, 30.VIII.11.)

Fours métallurgiques. — Dans un four ayant un arbre vertical de rotation c, des rateaux font tomber la matière d'un étage supérieur a dans un canal circulaire d au bas duquel est ménagée une ouverture également circulaire g.

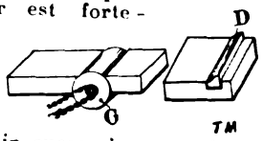


L'alimentation en minerai peut être régularisée en faisant varier la largeur du passage g au moyen d'un collier ajustable f ou bien par la rotation du cylindre i par rapport à l'arbre c sur la surface filetée j.

Le cylindre i peut être fixé dans la position désirée par un jeu de vis n.

(*G. G. M. Hardingham*, London. Brev., angl., cl. 51, n° 19 314, 29.VIII.11.)

Fours. — Dans un four devant supporter de très hautes températures (fusion de métal, fabrication de carbure de calcium, etc.), la durée des parties les plus exposées du four est fortement prolongée en donnant à ces parties la forme d'un rouleau G qui peut tourner de façon à refroidir successivement chacune des portions de ses parois, ou la forme d'une glissière D qui peut être déplacée à volonté.



(*A. A. Govan*, Dunvegan, Angleterre. Brev. angl., cl. 51, n° 19 806, 6.IX.11.)

Minerais de fer (Traitement). — On réduit le minerai de fer en le plongeant, mélangé de carbone, dans un bain à haute température, et obtenu de la manière suivante: on fait passer un courant de gaz oxydant dans du fer fondu, de façon à avoir un bain fondu contenant presque uniquement de l'oxyde de fer.

On sépare l'oxyde de carbone formé, et on retire le fer au fur et à mesure de sa formation, en continuant à remettre dans le bain un mélange de minerai et de charbon.

(*Elihu Thomson*, Swampscott [Mass.] [General Electric C°]. Brev. amér., n° 1 031 490, 2.VII.12.)

Nickelage de l'aluminium. — On plonge dans un bain de cyanure de potassium l'aluminium ou l'un de ses alliages; on le retire et on l'immerge dans un second bain formé d'eau, d'acide chlorhydrique et de chlorure de fer.

Finalement, on le passe dans un électrolyte renfermant du nickel. Il suffit de faire passer un courant de 3 volts pour effectuer le nickelage.

(*M. Chirade* et *J. Canac*, à Paris. Brev. amer., n° 1 030 972, 2.VII.12.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Pour augmenter le brillant de la laine. — La laine est traitée par une solution concentrée de bisulfite alcalin. Elle se contracte; on la tend alors jusqu'à ce que la tendance à la contraction soit terminée.

(*E. Elsaner*, Langerfeld, Alsace. Brev. amer., n° 1 008 249, 7.XI.11.)

L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION INDUSTRIELLE

A propos de la nouvelle Circulaire Ministérielle du 1er Octobre 1912 relative à l'établissement d'ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique.

Le Ministre des Travaux publics a lancé une circulaire à la date du 1er octobre 1912 réglementant à nouveau l'établissement, par permission de voirie, des canalisations et ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique.

Cette circulaire mérite d'être retenue plus particulièrement en ce qu'elle réglemente sévèrement le régime de la permission de voirie dans le but avoué de ramener les occupations de la voie publique au régime de la concession.

La préoccupation dominante de la circulaire du 1er octobre est en effet d'éviter l'usage abusif de ces permissions de voirie qui permettaient à un industriel d'établir sur la voie publique ses ouvrages, consistant même en de véritables entreprises de distribution, sous le régime d'une simple autorisation.

Cette manière de procéder offrait de réels dangers pour l'intérêt général. Elle permettait à l'industriel de prendre position sur la voie publique et d'en user à son gré pour de véritables entreprises de distribution de lumière aux particuliers, sans avoir à supporter les charges connexes, c'est-à-dire la réglementation de cette distribution telle qu'elle est prévue sous le régime de la concession : obligation de respecter des tarifs maximum, droit de reprise des installations par la commune, obligation de se soumettre à la surveillance du contrôle, etc., etc.

Cette excessive liberté avait l'inconvénient de laisser le consommateur sans défense devant les exigences des permissionnaires, qui demeuraient libres d'imposer leurs conditions.

Elle permettait également à ceux-ci de troubler le service public de distribution (éclairage communal notamment) en établissant sur la voie publique des ouvrages qui venaient gêner l'établissement né ou à naître d'un véritable concessionnaire de ces services, ou concurrencer ce dernier dans son exploitation.

Cet inconvénient s'est révélé dans la pratique dès le jour où les entreprises de distribution d'énergie électrique ont voulu prendre place à côté des entreprises d'éclairage au gaz. Et les industriels qui désiraient — le plus souvent même avec la complicité des communes — installer la lumière électrique dans une localité où l'éclairage était monopolisé au profit d'une Compagnie Gazière, avaient recours à la permission de voirie.

Celle-ci leur permettait l'accès de la voie publique sous le couvert d'une entreprise destinée exclusivement à distribuer la force motrice. Mais cette entreprise se transformait dans la suite en une véritable distribution de lumière électrique exercée librement vis à-vis des particuliers, qui s'abandonnaient aux exigences du nouveau distributeur de lumière, impunément vis-à-vis du véritable concessionnaire auquel cette entreprise nouvelle portait cependant atteinte.

Aussi — et en l'absence de tout texte législatif venant réglementer la matière — une circulaire du Ministre des Travaux publics du 15 août 1893 indiquait déjà aux Préfets et aux Maires « qu'il serait désirable que les entreprises de distribution ne fussent autorisées que par voie de concession ». Cette circulaire n'était elle-même que la reproduction fidèle d'un avis donné la veille par le Conseil d'Etat sur la demande du Ministre, à suite de nombreux procès élevés entre des Compagnies Gazières et des Sociétés d'Electricité concurrentes.

La loi du 15 juin 1906, qui réglementa pour la première fois les distributions d'énergie électrique, fit un pas en arrière, et en autorisant dans un article 3, l'établissement des entreprises de distribution sous les deux régimes : permission de voirie ou concession, encouragea à nouveau les abus de la pratique signalés.

Cette loi prévoyait fort heureusement, dans ses articles 5 et 18, un règlement d'administration publique qui, suivant l'usage établi par nos Assemblées législatives, viendrait mettre au point les textes un peu trop hâtifs de la loi.

Disons de suite que, dans le cadre où il pouvait évoluer devant le texte formel de l'article 3, le gouvernement a repris la tendance de ses prédécesseurs et s'est déclaré hostile à la délivrance de permission de voirie.

La circulaire du 3 août 1908 portant envoi du règlement d'administration publique du 3 avril précédent est très explicite sur ce point. Après avoir rappelé les principes qui avaient dicté la circulaire du 15 août 1893, le Ministre rappelle « que le nombre des canalisations est limité par le peu de place disponible sur la chaussée et le long des façades et surtout par les inconvénients que présente le remaniement fréquent des chaussées en cas de canalisations souterraines multiples, et le voisinage de plusieurs conducteurs aériens surtout s ils sont à haute tension ».

« Si l'occupation, ajoute la circulaire, est autorisée par permission de voirie, elle constitue au profit des occupants un monopole de fait sans obligations connexes. Si, au contraire, elle est autorisée par une concession fixant les tarifs et les conditions de l'exploitation, le public est garanti contre les exigences des entrepreneurs de la distribution et la collectivité est desservie dans de meilleures conditions. »

« Aussi, dans toutes les communes qui comportent l'établissement d'une ou de plusieurs distributions collectives, il est désirable que les distributions soient autorisées par concession et non par simple permission de voirie. »

Ces considérations et desiderata se retrouvent en termes à peu près identiques dans la circulaire du 1er octobre 1912. Mais il est un point original qu'il importe de souligner : les partisans de la permission de voirie opposent à leurs détracteurs le caractère révocable et essentiellement précaire de la permission de voirie, qui permet ainsi à l'administration de la supprimer le jour où elle devient une gêne pour le service public. Ils pensent ainsi en faciliter l'obtention ou le maintien provisoire en laissant à la commune l'espoir de la pouvoir supprimer dans l'avenir.

Le Ministre des Travaux publics fait observer que cette précarité est un vain mot : « Si l'on considère que le retrait de ces permissions ne peut, suivant la jurisprudence actuelle du Conseil d'Etat, être fondé sur d'autres motifs que ceux qui sont tirés des exigences de la loi, de l'intérêt de la voirie ou de la sécurité publique, il en résulte que les entreprises ainsi autorisées risquent de constituer de véritables monopoles de fait, sans charge et sans durée définie, n'offrant aucune garantie pour la sauvegarde des intérêts du public. »

La conclusion s'imposait. Il fallait, dans les limites où la loi l'autorise (article 3), restreindre le plus possible le champ d'application de la permission de voirie et en réglementer sévèrement l'exercice.

Pour atteindre ce but, la circulaire du 1er octobre 1912 distingue les entreprises d'énergie électrique en 3 catégories :

1°) Les lignes particulières et lignes assimilées ;

2°) Les lignes de transport d'énergie destinées à desservir des services publics et accessoirement des particuliers ;

3°) Les lignes de distributions publiques.

Nous allons parcourir successivement les règles édictées par chacune d'elles :

1°) Dans la première catégorie sont rangées « les lignes installées par un particulier pour son propre usage ou pour desservir quelques personnes en nombre très restreint et sans qu'il y ait à proprement parler vente au public ».

Celles-ci peuvent bénéficier du régime de la permision de voirie. Mais l'administration devra déterminer expressément les ouvrages qu'elle autorise, tout branchement nouveau devant faire l'objet d'une autorisation nouvelle. Elle devra préciser en outre que le permissionnaire devra déplacer ou modifier ses lignes toutes les fois que ce déplacement ou cette modification seront reconnus nécessaires pour l'exécution des travaux prévus à l'article 55 du décret du 3 avril 1908.

Nous rappelons ce texte pour mémoire : « Article 55. Dans le cas où l'Etat, le département ou les communes ordonnent, ou concèdent soit la concession de routes nationales, de routes départementales, de chemins vicinaux, de voies ferrées, de canaux, soit l'installation de communications télégraphiques ou téléphoniques *ou de distribution d'énergie*, et d'une manière générale l'exécution de travaux publics qui traverseront une distribution et obligent à la modifier, le permissionnaire ou concessionnaire ne peut s'opposer à ces travaux. Le permissionnaire ou le concessionnaire doit apporter à ses propres installations toutes les modifications prescrites par le Ministre des Travaux publics. »

Nous n'ajouterons aucun commentaire à des textes aussi nets. Ils laissent toute liberté aux particuliers dont l'établissement ne risque en aucune façon d'atteindre les services publics. Il nous paraît cependant utile de faire remarquer que la définition des entreprises telle qu'elle est formulée dans la première catégorie est « un nid à procès ».

Où s'arrêtera le nombre de personnes qu'un particulier pourra desservir pour qu'il ne soit pas considéré comme faisant une vente au public ? Il y aura là une appréciation de fait, suivant les espèces, appréciations de fait toujours relative et élastique.

A titre d'indication, nous mentionnerons à ce sujet la date de quelques arrêts du Conseil d'Etat qui tendent à préciser le caractère de distribution publique par opposition à celui de service particulier (11 janvier 1895, 8 février 1895, 25 mai 1900, 17 mars 1903, 15 avril 1910).

2° Dans la deuxième catégorie sont rangées « les lignes de transport d'énergie électrique destinées à desservir des services publics et accessoirement les particuliers ».

« Celles-ci peuvent être établies indifféremment soit par permission de voirie soit par concession. » — « Les ingénieurs du contrôle ne doivent toutefois pas perdre de vue que l'occupation sur ou sous la voie publique, autorisée par permission de voirie, risque de constituer au profit des occupants un monopole de fait susceptible de gêner dans

Digitized by Google

« l'avenir la création de nouvelles entreprises « même sous le régime de la concession. Ils « doivent, en conséquence, proposer le refus « des permissions de voirie pour les lignes « de distribution à grande distance toutes les « fois que ces lignes constituent un obstacle « pour la création ultérieure ou pour le déve- « loppement d'un réseau présentant un carac- « tère d'intérêt général.

« Lorsque l'établissement des lignes de « transport par permission aura été jugé pos- « sible, aucune obligation spéciale ne doit être « imposée au permissionnaire : le déplacement « ou la modification éventuelle des lignes sont « réglés dans chaque espèce par application « de l'article 55 du décret du 3 avril 1908.

« Il importe toutefois que chaque permis- « sion mentionne explicitement la destination « de la distribution qu'elle autorise.

« Si la distribution cesse d'être affectée à la « destination indiquée, la permission doit soit « être révoquée par application de l'article 12 « du décret du 3 avril 1908, soit être renou- « velée en vue d'une nouvelle destination. »

L'article 12 est ainsi conçu : « ... Les permissions sont également révocables si la distribution cesse d'être affectée à la destination qui avait motivé l'autorisation. »

En résumé, les ouvrages faisant partie de la seconde catégorie étant des ouvrages de transport, par opposition aux ouvrages de distribution, ne risquent point, en principe, de nuire aux services publics. Ceux-ci pourront donc bénéficier du régime de la permission de voirie sans qu'aucune obligation spéciale leur soit imposée par le décret nouveau.

Ils seront soumis éventuellement aux dispositions de l'article 12 du décret du 3 avril 1908 s'ils modifient leur caractère originaire pour se transformer par exemple en de véritables entreprises de distribution.

Ils obéiront également aux règles édictées par l'article 55, au cas où l'établissement d'un service public, non prévu à la date de la délivrance de la permission de voirie, viendrait à être établi et nécessiterait une modification ou déplacement des ouvrages du permissionnaire.

Les lignes de transport continuent de bénéficier ainsi, à juste titre, des dispositions bienveillantes du gouvernement qui, dans une série de règlements et notamment dans l'ordre fiscal, encouragent leur établissement si profitable aux services publics dans les localités où les forces hydrauliques ou autres moyens de production d'énergie sont rares ou dispendieux.

3° Enfin, la circulaire du 1er octobre 1912 range dans une 3e catégorie « les lignes de distribution publique ».

C'est ici que les considérations émises au début de cette note reprennent toute leur importance et le ministre des Travaux publics réédite en ce point celles que ses prédécesseurs avaient déjà formulées :

« Il est désirable, dit-il, que ces dispositions « soient autorisées par concession et non par « simple permission de voirie ; toutefois, lors- « qu'il ne se présente pas de demande en con- « cession ou lorsque les concessionnaires sont « incapables de livrer l'énergie réclamée, des « permissions de voirie peuvent être délivrées « pour assurer aux habitants, dans de bonnes « conditions, la fourniture du courant dont « ils ont besion ; mais, en pareil cas, sans im- « poser en fait aux permissionnaires des obli- « gations analogues à celles qui incombent « aux concessionnaires, l'administration doit « insérer, dans les permissions, toutes clauses « utiles pour que la distribution n'apporte « aucune gêne à la création ultérieure d'autres « distributions ou d'ouvrages à établir dans « l'intérêt public. Dans cet ordre d'idées, il « convient d'obliger les permissionnaires :

« 1° A établir sur le territoire de chaque « commune desservie, en sus des ouvrages in- « dispensables au fonctionnement de leur en- « treprise, des postes centraux, des postes « d'alimentation ou autres installations ana- « logues en nombre fixé et aux déplacements « déterminés par le service du contrôle ;

« 2° A prendre à leur charge les frais de « déplacement ou de modification des lignes, « nécessités par l'application de l'article 55 du « décret du 3 avril 1908 ;

« 3° A renoncer éventuellement, sur la de- « mande de l'autorité concédante et après un « préavis de deux ans, au bénéfice de leur « permission, si ils en sont requis dans l'inté- « rêt public.

« En ce cas, les permissionnaires devront « mettre à la disposition de l'autorité concé- « dante tous les immeubles, canalisations et « ouvrages de la distribution et toutes dépen- « dances que l'administration jugera nécessaires « pour assurer la marche normale de l'exploi- « tation, moyennant le paiement, à dire « d'experts, de la valeur actuelle des dits im- « meubles, canalisations, ouvrages et dépen- « dances, abstraction faite des bénéfices « d'exploitation. Ce paiement sera effectué « dans les six mois qui suivront la fin d'exploi- « tation. L'Etat, la commune ou leurs conces- « sionnaires devront se substituer au permis- « sionnaire évincé pour l'exécution des engage- « ments pris, en vue d'éviter toute interrup- « tion ou tout ralentissement dans la marche « de l'exploitation et ce pour une durée de « cinq années au maximum. Ils reprendront « également, à dire d'experts, les approvi- « sionnements en magasin ou en cours de « transport, ainsi que le mobilier de la distri- « bution.

« Néanmoins, les lignes qui assurent une « distribution publique et dont l'installation « a été subordonnée à des clauses précises ne « sauraient être dépourvues de garanties ni « être exposées à une brusque éviction.

« Aussi paraît-il juste qu'elles disparaissent « si l'Etat ou les communes viennent à exé- « cuter en régie ou à concéder une distribu- « tion publique d'énergie électrique avec dé- « claration d'utilité publique.

« Sous ces réserves, les permissions peu- « vent autoriser l'établissement de canalisa- « tions sur l'ensemble des voies existant dans « le périmètre de la distribution, sans que le « permissionnaire soit obligé de demander « une autorisation nouvelle pour les exten- « sions de sa distribution dans le périmètre « qui lui est assigné ou pour la création de « branchements nouveaux. »

Des dispositions diverses sont édictées pour les permissions de voirie intéressant des entreprises véritables de distribution.

Il importe de remarquer sur ce point combien, après avoir limité le champ d'application de la permission de voirie, au seul cas où il est impossible d'établir une concession, le ministre des Travaux publics réglemente cette permission de voirie au point qu'elle revêt toutes les apparences de la concession et participe de son régime.

En faut-il d'autres preuves que la nécessité d'obliger le concessionnaire à donner son adhésion écrite aux règles d'exercice de la permission dont il bénéficie ? Cette permission n'est donc plus un arrêté réglementaire dont le caractère est d'être unilatéral, mais devient une véritable convention synallagmatique, un traité où deux parties, Commune et permissionnaire, s'obligent réciproquement. (Voir arrêts du Conseil d'Etat du 16 mai 1902 et 20 mars 1897.)

Et l'obligation imposée par l'article 3 de renoncer à la permission et de mettre à la disposition de l'autorité *concédante* tous les immeubles, canalisations et ouvrages de la distribution, n'est-elle point la réédition des conditions formulées dans le cahier des charges des concessions communales (art. 22), et qui établissent et réglementent le droit de reprise de la commune à l'expiration de la concession ?

Le point de départ de l'exercice du droit de reprise est seul différent. Et tandis qu'il ne prend naissance qu'à l'expiration de la concession, dans le cas où la commune est en face d'un concessionnaire, il peut être exercé contre un permissionnaire, dans un délai de deux ans, à partir de la date de la délivrance de la permission de voirie.

Un délai si brutal pour un entrepreneur de distribution, qui a établi, à grands frais, ses réseaux sans pouvoir en recueillir le bénéfice, méritait une atténuation. Aussi le Ministre des Travaux publics précise-t-il que ce droit de reprise ne pourra être exercé que dans le cas où la commune voudrait entreprendre la distribution en régie ou la concéder avec déclaration d'utilité publique.

Quoi qu'il en soit, le régime de la permission de voirie ainsi conçu et établi est un régime bâtard, susceptible de soulever de nombreuses difficultés dans la pratique. L'existence de cette nouvelle circulaire est la meilleure preuve de l'inefficacité de celles qui l'ont précédée et qui tendaient au même but.

Les efforts du gouvernement et, ajoutons-le, de la jurisprudence administrative, tendant aux mêmes fins, resteront lettre morte tant que subsistera une loi — celle de 1906 — qui autorise les entreprises de distribution d'énergie sous le double régime de la permission de voirie et de la concession.

Il est à souhaiter que, sous la poussée des besoins industriels nouveaux, et également sous l'extension croissante des services publics, une nouvelle législation intervienne, faisant une part égale aux intérêts légitimes des communes et des entrepreneurs de distribution.

Le régime de la permission de voirie serait supprimé pour les entreprises qui constituent réellement les distributions d'énergie aptes à satisfaire les services publics. Il serait remplacé par le régime de la concession, mais d'une concession plus large que celle dont le cahier des charges-type de 1908 nous offre le modèle ; par une concession qui, tout en maintenant l'obligation de respecter les tarifs indiqués, ferait une part plus large aux intérêts de l'industriel dans la rédaction des prix d'abonnement avec les particuliers, rendrait moins onéreux les avantages concédés par lui aux communes ou aux établissements publics, donnerait enfin une durée plus longue aux contrats de concession, tout en réservant cependant à la commune le droit d'établir sur la voie publique toute autre concession nouvelle dans des conditions déterminées entre elle et le premier concessionnaire.

Le régime de la concession serait aussitôt accepté dans toute hypothèse dans l'intérêt même de la commune et de l'industriel, l'un et l'autre trouvant dans l'existence d'un contrat administratif des garanties de sécurité que la permission de voirie est incapable de leur fournir, et ce, sans qu'il en coûte aucun sacrifice aux intérêts et aux aspirations légitimes de chacun.

A. R.

Il paraît intéressant de rapprocher la circulaire du 1er octobre 1912 des considérations développées dans un ouvrage paru à la même époque, et où les principes exposés dans la note ci-dessus sont confirmés et développés. L'ouvrage est intitulé : *Canalisations d'éclairage*, par M. Remaury, avocat à la Cour de Toulouse.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Marthieux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (*1er Semestre*). — TOME VI. — N° 4. 15 FÉVRIER 1913

La Technique Moderne

MACHINES THERMIQUES

LA TURBINE A VAPEUR SYSTÈME RATEAU DE 10 000-15 000 KW

DES NOUVELLES USINES DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

[PLANCHE IV.]

1. — *La Technique Moderne* a déjà publié (1) la description générale des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité ; dans un second article (2), se trouve la description des bâtiments construits entièrement en béton armé, et dans un troisième, la production de la vapeur dans ces usines (3).

La convention passée en 1907 entre la Ville de Paris et cette nouvelle Compagnie prévoit pour celle-ci l'obligation d'équiper deux usines primaires, l'une au nord, l'autre au sud-ouest de Paris. Ces usines comporteront onze groupes de turbo-alternateurs d'une puissance maximum individuelle de 15 000 kw. Comme on l'a exposé ici (4), la construction de ces turbines a été confiée aux constructeurs les plus réputés.

Dans cet article, on se propose de faire connaître dans ses détails la turbine Rateau, étudiée et construite par la Société générale de constructions mécaniques (anciens établissements Garnier et Faure-Beaulieu, appareils Rateau).

Cette description signale, sur plusieurs points, des dispositifs inédits.

I. — DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TURBINE EN SUIVANT LA VAPEUR DANS SON PARCOURS.

2. — Pour donner une première idée d'ensemble de la machine, on prendra comme ordre d'exposition la succession naturelle des organes dans le parcours de la vapeur, en se réservant de revenir dans les paragraphes suivants sur les plus importants de ces organes, et en parlant aussi de ceux qui sont étrangers à la circulation de la vapeur. Le lecteur suivra cet exposé sur les figures 1, 2 et 3 de la planche IV, montrant les vues extérieures de la turbine, et sur la figure 4 qui en donne une coupe longitudinale.

3. — La vapeur sort des chaudières à la pression absolue de 14 kg et à la température de 300°. La température de saturation correspondant à la pression de 14 kg étant 194°, l'élévation de température $300 - 194 = 106°$ correspond à la *surchauffe*.

Les bénéfices de la surchauffe sont bien connus de tous. On rappellera seulement qu'au point de vue mécanique, elle retarde la condensation de l'eau dans la détente adiabatique de la vapeur, et qu'au point de vue thermique, elle enrichit la *qualité mécanique de la calorie*, tout en évitant les inconvénients de la haute pression, puisque la surchauffe a lieu entièrement à pression constante.

Pour expliquer le bénéfice thermique de la surchauffe, on s'appuie sur les deux principes fondamentaux de la thermodynamique. D'après le principe de quantité, ou d'équivalence, toute calorie renferme uniformément 427 kgm. Mais le principe de qualité (Carnot-Clausius) avertit qu'une machine thermique n'est capable de réaliser en travail qu'une partie de ces 427 kgm, d'autant plus faible que la calorie est moins chaude. Si t est la température absolue de la calorie chaude, 0 celle de la source froide dans laquelle elle se déverse, la limite supérieure du travail obtenu est :

$$427 \times \left(1 - \frac{0}{t}\right).$$

La surchauffe, en augmentant la valeur de t, aura augmenté le coefficient d'utilisation.

4. — La vapeur rencontre sur son passage un *tamis* destiné à arrêter les objets solides, puis un *séparateur* d'eau avec *purgeur* automatique. Ces deux derniers appareils sont nécessaires malgré la surchauffe, celle-ci ne pouvant empêcher la condensation des couches périphériques de vapeur en contact avec les parois des tuyauteries. Le flux arrive à la turbine par le tuyau 7 de 350 mm de diamètre intérieur, et ne peut continuer sa route que si l'on a soin d'ouvrir, en manœuvrant à la main le volant 9, la *vanne d'arrivée de vapeur* 8, dont on décrit plus loin l'important fonctionnement. La vanne étant ouverte, la vapeur peut pénétrer dans le corps de l'obturateur 17, dont on voit la coupe fig. 9, traverse les clapets dans le sens des flèches et se répand dans le *tore d'admission* 1 (Pl. IV, fig. 4).

Ce tore est ménagé de fonderie dans le *fond admission*, belle pièce en acier coulé, venue en deux morceaux, avec joint dans le plan horizontal moyen, et dont les figures 14 et 15 donnent les photographies des faces avant et arrière. Le tore admission 1 est à section circulaire dans le demi-cercle inférieur et à section ovoïdale dans le demi-cercle supérieur, pour qu'on puisse y loger plus aisément les sièges des huit soupapes d'admission. Le raccordement des deux demi-tores se fait par des joints circulaires étanches. Entre deux sièges consécutifs, le tore ovoïdal est consolidé par des nervures. La vapeur se répandant uniformément sur tout le pourtour du fond d'admission, il n'y aura pas à craindre de gauchissement par dilatations inégales.

5. — Du tore admission, la vapeur sera précipitée sur les roues par l'intermédiaire de *tuyères* dans lesquelles se réalise la première détente. Ces tuyères sont logées dans le fond admission, sur la face arrière duquel on les voit déboucher par des lumières rectangulaires (fig. 15). Elles se composent d'une partie convergente suivie d'une partie divergente (fig. 1). Au col de la tuyère, la pression est descendue à :

$$14 \times 0{,}54 = 7{,}56 \text{ kg/cm}^2,$$

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 5.
(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 2 (15 janvier 1913), p. 59.
(3) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 3 (1er février 1913), p. 95.
(4) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 7.

Digitized by Google

et la vitesse est juste égale à celle du son dans la vapeur d'eau à l'état où elle se trouve au col, soit 530 ms environ (1). Dans la partie divergente, la détente se poursuit jusqu'à la pression de 4^k et la vitesse de 700 ms.

La double forme convergente-divergente s'explique par ce fait que la section de passage doit diminuer proportionnellement à la vitesse, d'une part, et au poids spécifique d'autre part. Or, au cours de la détente, la vitesse ne cesse de croître et le poids spécifique ne cesse de décroître. Sous les deux influences contradictoires, la section décroît d'abord pour croître ensuite.

Le nombre de tuyères ouvertes doit être réglé d'après la charge à produire. Cette répartition est faite comme suit aux diverses charges, dans l'hypothèse où la pression des chaudières et celle du condenseur sont conformes aux prévisions. La figure 2 représente la disposition des tuyères. Pour toutes les charges inférieures à 5 000 kw, l'injection de vapeur se fait par 20 tuyères situées sur le 1/4 de cercle inférieur; ces 20 tuyères sont toujours en communication avec la vapeur du tore admission. Pour échelonner la puissance entre 0 et 5 000 kw, on règle la vapeur par laminage au droit des clapets de l'obturateur. Le laminage donne à la vapeur l'encombrement suffisant pour correspondre aux 20 tuyères ouvertes, quel que soit le débit.

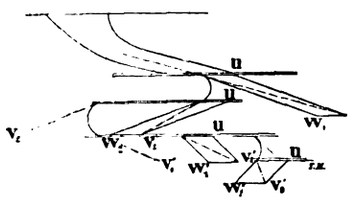


Fig. 1. — Parallélogramme des vitesses.

Le demi-cercle supérieur comporte 8 *soupapes* numérotées dans l'ordre des ouvertures successives. Chaque soupape commande la communication entre le tore admission et un groupe de 5 tuyères capable de débiter la vapeur nécessaire à 1 250 kw.

La répartition des tuyères d'après la puissance se fait donc d'après le tableau suivant :

PUISSANCE en kw	NOMBRE DE SOUPAPES ouvertes	NOMBRE DE TUYÈRES utilisées
0 à 5 000	0	20
5 000 à 6 250	1	25
6 250 à 7 500	2	30
7 500 à 8 750	3	35
8 750 à 10 000	4	40
10 000 à 11 250	5	45
11 250 à 12 500	6	50
12 500 à 13 750	7	55
13 750 à 15 000	8	60

Si la pression de la chaudière ou celle du condenseur vient à différer sensiblement de sa valeur normale, le régime de la turbine n'est pas troublé, mais le nombre de tuyères ouvertes ne sera plus conforme au tableau ci-dessus.

Les soupapes sont ou entièrement ouvertes ou entièrement fermées et ne font pas de laminage. Entre les deux puissances extrêmes correspondant au même nombre de soupapes ouvertes, comme 10 000 et 11 250 kw, c'est la levée des clapets de l'obturateur qui permet de régler la vapeur pour réaliser toutes les puissances intermédiaires.

(1) On fait ici allusion à deux résultats fondamentaux de la technique des turbines à vapeur :

1° La pression au col de la tuyère est une fraction constante de la pression d'admission.

Cette fraction ne dépend que de la valeur du coefficient k dans la loi de la détente : loi $pv^k = \text{constante}$.

La fraction est égale à 0,54 pour la vapeur surchauffée et 0,58 pour la vapeur saturée;

2° Au col d'une tuyère, la vitesse de la vapeur et la vitesse du son ont la même valeur $\sqrt{\frac{dp}{d\rho}}$, la dérivée étant prise de la loi $p = f(\rho)$ qui lie, pendant la détente, la pression à la densité.

6. — La vapeur sort des tuyères à la pression de 4 kg-cm², avec une vitesse de 700 m et sous un angle de 16° par rapport au plan des roues. La roue doit travailler, non pas par le choc de la vapeur, ce qui serait un bien médiocre artifice de transformation, mais par épuisement graduel de la force vive de la vapeur.

Sur la figure 1, on a marqué à l'entrée et à la sortie d'une roue, les trois vitesses :

u, vitesse de rotation de la roue;

v, vitesse absolue de la vapeur;

w, vitesse relative.

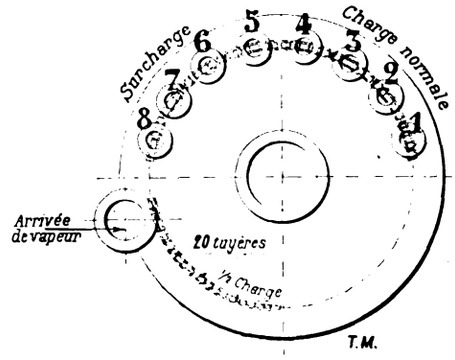


Fig. 2. — Répartition des tuyères sur le fond admission.

On voit que l'entrée de l'aubage moteur est disposée tangentiellement à la vitesse relative, ce qui réalise l'entrée sans choc, ou suivant l'expression classique, l'*entrée correcte*. On voit aussi que la vitesse absolue V de la vapeur est fortement réduite par la circulation le long de l'aubage moteur; l'épuisement $\left(\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}\right)$ de la force vive de chaque kilog de vapeur mesure exactement le nombre de kilogrammètres cédés par ce kilog de vapeur dans chaque roue.

La figure 3 représente une photographie de la première roue qui est à double couronne d'aubages. Le diamètre moyen mesuré à mi-hauteur des aubages est de 2m,20. La seconde couronne d'aubages est sensiblement plus haute que la première, parce que la diminution de vitesse oblige à agrandir la section de passage. L'encombrement unitaire de la vapeur n'a pas varié, puisque, dans les turbines Rateau, la détente se fait exclusivement dans les organes fixes, les roues étant traversées à pression constante. On exprime cette particularité en disant que la roue est à «action», expression d'exactitude douteuse que le commentaire précédent explique suffisamment.

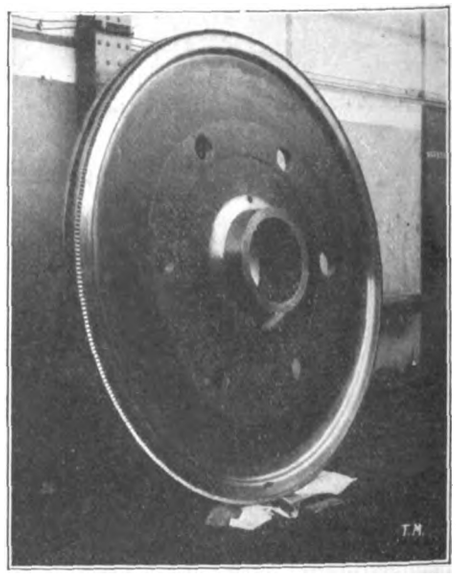


Fig. 3. — Vue de la roue double.

Il est nécessaire de redresser le courant de vapeur avant qu'il pénètre dans le deuxième étage de la *roue double*. C'est le rôle d'une série spéciale d'aubages fixés dans le stator et constituant le *redresseur* 4 (Pl. IV, fig. 4). Ces aubages existent tout le long de l'arc d'admission maximum, c'est-à-dire sur les trois quarts de la circonférence. Il ne se produit aucune détente nouvelle dans le redresseur; par suite, la vitesse y demeure théoriquement constante; en pratique, elle est légèrement décroissante par suite du frottement.

La figure 1 montre la succession des vitesses dans le premier étage de pression comprenant les tuyères, la roue double et son

Digitized by Google

redresseur. La vitesse résiduelle V_2' à la sortie du deuxième étage peut être considérée comme perdue, car on passe de l'injection partielle à l'injection totale. Pour les roues qui suivront, la vitesse résiduelle sera presque complètement utilisée dans l'étage suivant.

Le redresseur étant fixe n'absorbe aucune puissance, mais il tend à tourner sous l'action du couple :

$$C = Pr(v_2 \cos \alpha_2 - v'_1 \cos \alpha'_1),$$

où P représente le débit de vapeur en kilos par seconde et r le rayon moyen. On s'explique aisément l'existence d'un couple de rotation en songeant que le redresseur oblige la vapeur à une trajectoire courbe, d'où une réaction qui tend à le faire tourner.

On empêche cette rotation au moyen de vis suffisantes pour résister au couple.

A la sortie de la roue double, l'injection devient totale, d'où la nécessité de maintenir une distance appréciable entre cette sortie et l'étage suivant pour permettre à la vapeur de se détourner pour remplir l'espace annulaire.

7. — Il reste à la vapeur à parcourir onze étages de pression, comprenant chacun un *diaphragme* fixe, portant les *distributeurs* où se fait la détente divisionnaire de l'étage, et une *roue* portant les aubages moteurs.

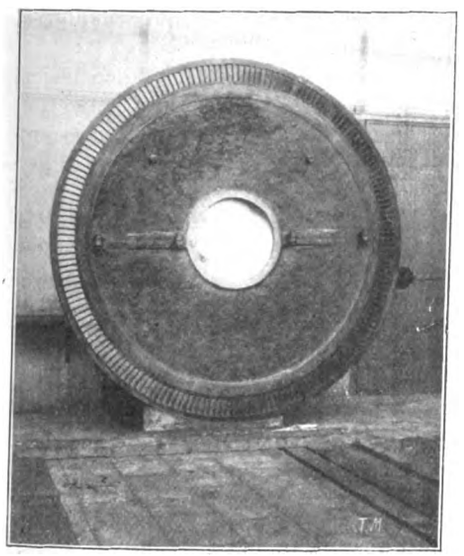


Fig. 4. — Vue d'un diaphragme.

La figure 4 représente la photographie d'un diaphragme, en deux morceaux se raccordant dans le plan horizontal. Pendant toute la durée de l'usinage, les deux morceaux sont rendus solidaires par des pattes serrées par des boulons visibles sur la figure. Après usinage, ces pattes sont rabotées; le demi-diaphragme inférieur est serré dans le demi-stator inférieur, le demi-diaphragme supérieur dans le couvercle du stator. Les ailettes des distributeurs sont en acier au nickel et serties dans des segments en fonte ajustés dans les diaphragmes.

Sous l'action de la différence des pressions qui règnent sur les deux faces d'un même diaphragme, il fléchit avec une flèche maximum du côté non encastré, c'est-à-dire vers l'alésage par où passe librement l'arbre. Il est utile de prévoir cette flèche pour laisser, entre chaque diaphragme et la roue suivante, un jeu suffisant. M. Rateau (1) a indiqué que le calcul de la flèche peut se faire en assimilant le diaphragme à une rondelle de Belleville, avec majoration du résultat pour tenir compte que le diaphragme est en deux pièces.

8. — Les *roues* sont en acier demi-dur doublement recuit. Leur diamètre moyen, mesuré au milieu de la hauteur de l'aubage, est uniformément $2^m,20$ dans toutes les roues. La figure 5 montre l'ensemble des roues montées sur l'arbre.

La première roue seule est à double aubage, toutes les autres ne sont qu'à une seule couronne d'aubages. La hauteur des aubages va en croissant, depuis l'admission jusqu'à l'échappement, pour tenir compte de l'encombrement sans cesse croissant de la vapeur. La figure 6 montre une photographie de la série complète des aubages mobiles. Ces aubages sont plus rapprochés dans la photographie que dans la réalité, ce qui a pour conséquence de donner une impression exagérée de l'évasement de la *veine*. On remarque en tête les deux aubages de la roue double, puis vient

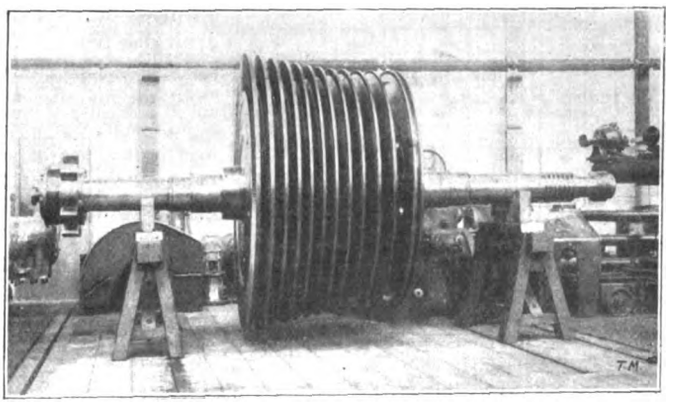


Fig. 5. — Vue du rotor.

l'aubage plus court de la roue n° 2; ceci peut paraître surprenant *a priori*, mais il faut songer qu'entre la roue double et la roue n° 1, on passe de l'injection partielle à l'injection totale. Les trois derniers aubages ont un talon intermédiaire pour éviter les vibrations dans les trop longues ailettes.

Les disques des roues ont à supporter l'énorme effort dû à la force centrifuge. L'auteur de cet article a réussi, en s'aidant des travaux de M. Rateau (1) et de M. Stodola (2), à calculer les efforts que développe la rotation des roues. La figure 7 représente les résultats du calcul pour la roue double. L'effort unitaire σ, en chaque point, est décomposé en un effort tangentiel σ_t et un effort radial σ_r. Le graphique montre la variation de ces trois grandeurs le long du rayon. On voit que le maximum de l'effort tangentiel se place sur l'alésage intérieur. Nous retrouvons ainsi une loi découverte par M. Rateau, dans son travail cité plus haut. Pour un disque d'épaisseur constante, M. Rateau montre que l'effort radial maximum se place sur la circonférence dont le rayon est la moyenne géométrique des deux rayons intérieur et extérieur. Pour le profil employé dans les roues, la position de ce maximum n'a pas une expression aussi simple, mais cette expression ne manque pas de redonner la loi simple de M. Rateau quand on fait les simplifications algébriques qui expriment que l'épaisseur devient constante.

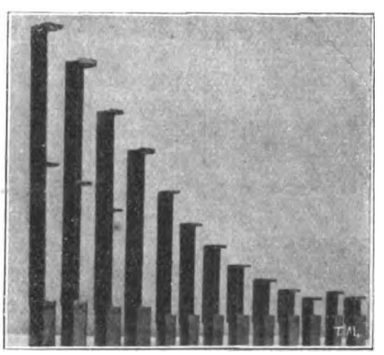


Fig. 6. — Vue d'une série d'aubages moteurs.

Les roues sont percées de trous dans le but d'éviter toute différence de pression sur les deux faces. Théoriquement, cette différence de pression devrait être nulle, puisque la turbine est à action (voir n° 6), mais le moindre défaut d'exécution, ou la moindre erreur de calcul provenant d'une fausse prévision des frottements, amènerait dans la roue une détente ou une surpression, c'est-à-

(1) Note sur les rondelles de Belleville, par M. Rateau, ingénieur des mines (*Annales des Mines*, 1890).

(1) Rateau : Note sur les plus grandes vitesses tangentielles qu'il est possible d'atteindre avec les corps tournants (*Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, t. IV, 1890).

(2) Stodola : Die Berechnung der Scheibenräder (*Die Dampfturbinen*, p. 242).

Digitized by Google

dire, pour employer le terme usuel, fournirait une *réaction* positive ou négative. Quelque faible que soit cette réaction, elle suffirait pour donner sur les faces étendues du disque, une poussée importante. C'est pour éviter cette poussée axiale que les roues des turbines à action sont percées. Sur la photographie de la dernière roue (fig. 8), on voit les six trous d'équilibrage de pression. A l'endroit des trous, on a placé une surépaisseur de métal pour compenser, dans une certaine mesure, l'amoindrissement de résistance.

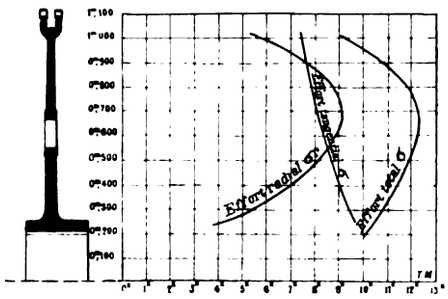


FIG. 7. — Épure des efforts pour la roue double.

9. — La répartition des chutes de pression dans les douze étages se fait d'après les règles suivantes :

La première détente a lieu dans les tuyères logées dans le fond admission. Cette détente très importante abaisse la pression de 14 kg à 4 kg, la température de 300° à 165°, et correspond à la transformation de 65 calories en énergie de vitesse, transformation se faisant par la loi de l'équivalence :

$$65 \times 427 = \frac{v^2}{2g},$$

donnant une vitesse V = 735 m que les pertes réduisent à 700 m environ.

Une détente aussi importante présente l'avantage d'éliminer le plus vite possible les inconvénients de la haute pression qui favorise les fuites, et des hautes températures, qui provoquent l'usure des matériaux.

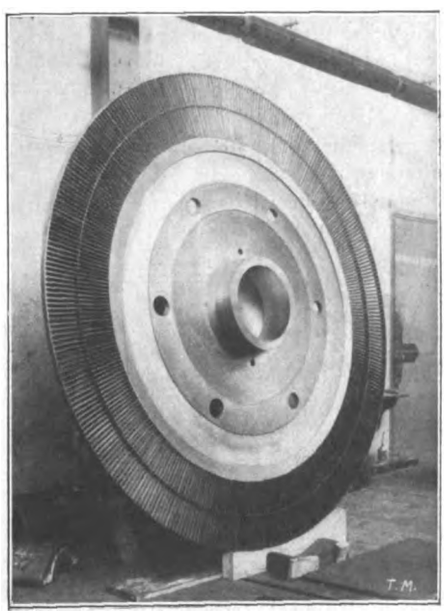


FIG. 8. — Vue de la dernière roue.

Mais une roue simple serait insuffisante pour utiliser une telle vitesse. En effet, le rendement d'une roue de turbine est exactement proportionnel au rapport $\frac{u}{v}$ de la vitesse périphérique à la vitesse d'injection de la vapeur, rapport dont M. Rateau a signalé toute l'importance dans ses travaux sur les turbos-machines (1) et auquel il a assigné la notation ξ. Le calcul montre sans peine que le ξ optimum d'une roue à n étages, où l'angle d'entrée de la vitesse absolue est α est donné par la relation :

$$\xi = \frac{\cos \alpha}{2n},$$

ce qui conduit à adopter 0,45 pour les roues simples et 0,22 pour les roues doubles, nombres que les expériences tendent à réduire un peu.

Dans le premier étage de la turbine étudiée :

$u = 143$ correspondant à 1 255 tours ;

$v = 700$;

$\xi = 0{,}207$.

C'est donc bien une roue double qui convient au premier étage de pression, tel que nous l'avons choisi.

Il ne faut pas se dissimuler que la roue double a un rendement médiocre. Elle réalise, dans son premier étage d'aubages, une vitesse trop forte du jet de vapeur et, au contraire, une vitesse trop faible dans le second étage. Les deux couronnes donnent donc deux parts inégales de la puissance et tout en encadrant les conditions de rendement maximum ne les réalisent ni l'une ni l'autre. Néanmoins, la roue double présente des qualités d'économie de construction et de rigidité qui l'ont fait adopter par la presque totalité des constructeurs.

La répartition des détentes dans les étages suivants se fait en divisant l'aire entropique restante en parties égales, de façon à attribuer à chacun des onze derniers étages le même nombre de calories, d'où il résultera, pour toutes les roues simples, une même puissance, au rendement près de ces roues, qui peut différer notamment par le choix des angles.

Le nombre des roues doit être tel que la valeur du coefficient ξ, commune aux onze derniers étages, convienne bien à une roue simple.

Il faut aussi que dans chacune des détentes qui suivent la première, le rapport de la pression d'aval à celle d'amont soit supérieur à un nombre qui est 0,54 dans la vapeur surchauffée et 0,58 dans la vapeur saturée. Cela tient à ce que, pour des valeurs plus faibles de ce rapport, la détente est assez considérable pour exiger une tuyère formée d'une partie convergente suivie d'une partie divergente. Cette construction est possible pour les tuyères du fond admission, mais serait inadmissible pour les ailettes placées à la périphérie des diaphragmes.

10. — La vapeur sortant de la dernière roue se répand dans le *fond échappement*, imposante pièce en fonte, venue de fonderie en deux morceaux, avec joint horizontal à la hauteur de l'axe. La figure 16 représente une photographie prise au moment où les deux pièces assemblées sont montées sur la barre d'alésage.

L'entrée des filets fluides dans le fond échappement semble devoir se faire en désordre, les filets sortant de la roue à peu près parallèlement à l'axe et devant ensuite être tous ramenés vers le bas.

Pour guider les filets à leur sortie de la dernière roue, et les répartir dans le fond échappement, en préparant leur descente vers le condenseur, on a placé (repère 8, Pl. IV, fig. 4) une couronne d'aubes fixes à orientation convenable. L'importante vitesse résiduelle de la vapeur, au lieu de se dissiper en remous dans un écoulement désordonné, produira, en se ralentissant, une légère augmentation de pression. Or, cette pression ainsi augmentée est juste celle fournie par le vide du condenseur; tout se passe donc comme si la turbine échappait à un vide supérieur à celui du condenseur.

Le principe que l'on vient d'expliquer est identique à celui des diffuseurs placés à la sortie des turbines hydrauliques, et dont l'emploi est préconisé par M. Rateau dans ses études sur les turbos-machines, déjà citées au n° 9.

11. — Le fond échappement conduit la vapeur dans un *condenseur par surface* placé dans le sous-sol. La circulation d'eau froide est assez efficace pour assurer un vide de 94 °/₀ dans le régime le plus défavorable, où la puissance est poussée à sa plus grande limite, soit 15 000 kw. Le rapport du poids d'eau de circulation au poids de vapeur condensée est d'environ 50. Un moteur électrique actionne les trois pompes de condensation : pompe à air du système Westhinghouse-Leblanc, pompe d'extraction des eaux condensées et pompe de circulation.

(1) RATEAU : Les turbo-machines. *Revue de Mécanique*, années 1897 et suivantes.

Digitized by Google

Le condenseur est relié à la turbine par une pièce formant *joint hydraulique*, dans laquelle viennent se déverser toutes les purges.

II. — Régulation.

12. — L'alternateur doit produire un courant de période 41 2/3, ce qui conduit à une vitesse de 1 250 tours environ, pour des alternateurs à quatre pôles. En réalité, la vitesse imposée est de 1 255 tours, avec possibilité de faire varier cette vitesse de régime de 5 °/₀ en plus ou en moins à l'aide d'une balance à ressort. La figure 9 représente schématiquement l'ensemble de la régulation. Les trois vues d'ensemble (Pl. IV, fig. 1, 2, 3) montrent le régulateur centrifuge 14, la balance à ressort 15, le moteur électrique 16 servant à commander du tableau la balance à ressort.

13. — *Le régulateur centrifuge* 1 (fig. 9) actionne, par un système de leviers, la tige 5 portant les clapets 8 de l'obturateur et règle ainsi la quantité de vapeur admise au tore d'admission.

Pour bien comprendre l'action du régulateur centrifuge, il est nécessaire de remarquer que la vitesse de régime dépend :

1° Du débit de vapeur nécessaire pour créer un couple moteur juste égal au couple résistant ;

2° Du réglage initial de la balance à ressort.

En effet, le débit de vapeur correspond à une levée plus ou moins grande de la tige qui porte les clapets de l'obturateur. Or, cette tige est invariablement liée à celle du régulateur, et au ressort 12 de la balance à ressort. D'autre part, une position déterminée du régulateur et une tension déterminée de la balance à ressort ne correspondent à une position d'équilibre que si la vitesse a une valeur déterminée, qui est précisément la vitesse de régime.

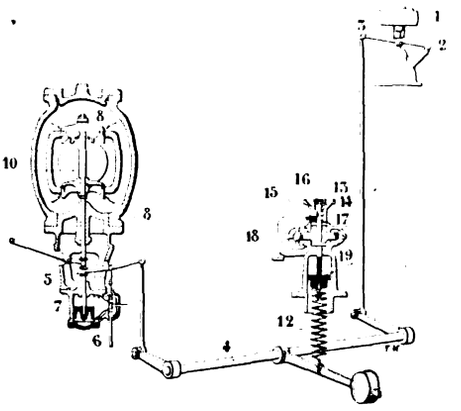


Fig. 9. — Dispositif du régulateur de vitesse. (Commande électrique de la balance à ressort.)

Si l'on ne touche pas à la balance à ressort, la vitesse de régime décroît environ de 4 °/₀ quand la charge croît de 0 à 15 000 kw.

L'usage de la balance à ressort permet d'avoir une vitesse de 1 255 tours à une charge quelconque, mais il faudra manœuvrer la balance à ressort, si l'on veut encore avoir 1 255 tours à une autre charge.

Enfin la balance à ressort permet, dans la mise en parallèle, d'obtenir, pour une charge déterminée, une vitesse de régime différant de 5 °/₀ en plus ou en moins de la vitesse 1 255 tours.

Quand la turbine est au repos, le régulateur est au bas de sa course, les clapets de l'obturateur sont ouverts en grand, ainsi que toutes les soupapes qui font communiquer le tore d'admission avec les tuyères. Dès qu'on ouvre la vanne d'arrivée de vapeur, la vapeur accède à la roue par tout l'arc d'injection. La vitesse de la turbine croît graduellement ; quand la vitesse dépasse sa valeur de régime, les masses excentrées du régulateur commencent à s'éloigner de l'axe en comprimant un ressort qui s'est opposé jusqu'ici à leur déplacement. La tige du régulateur monte rapidement en fermant l'obturateur.

La fermeture complète de l'obturateur correspond à une course de 16 mm du régulateur, amenant celui-ci dans une position où l'équilibre est réalisé pour une vitesse surpassant de 4 °/₀ la vitesse où le régime a commencé à fonctionner. Si l'alternateur demande à la turbine une charge appréciable, le régulateur ne fera qu'une partie de sa course ascendante, s'arrêtant au point où s'établit l'équilibre entre les couples moteur et résistant. Dans les manœuvres de l'obturateur, l'énergie nécessaire est demandée à un servo-moteur 7 actionné par le distributeur d'huile sous pression 6.

14. — *La balance à ressort* est représentée schématiquement sur la figure 9 par le simple ressort 12. On peut commander la balance, soit à la main par le volant 13, soit du tableau en actionnant le moteur électrique 18. Pour actionner à la main, on débraye d'abord le moteur par le poussoir 15, venant se loger dans le trou 16, la manœuvre ayant pour effet de rendre l'engrenage 17 fou sur son arbre.

III. — Vanne d'arrivée de vapeur et appareil de sécurité.

15. — La vanne d'arrivée de vapeur peut être actionnée de deux façons bien distinctes :

1° On peut l'ouvrir ou la fermer *volontairement* pour provoquer la mise en marche ou l'arrêt de la turbine ;

2° La fermeture peut être *provoquée* par le régulateur de sécurité lorsque, par suite du non fonctionnement du régulateur centrifuge, la vitesse de la turbine excède de 15 °/₀ la vitesse de régime.

Ce double rôle, joué par la vanne d'arrivée de vapeur, oblige à en parler conjointement avec les appareils de sécurité. On donnera d'abord la monographie individuelle des appareils, avant d'étudier leur fonctionnement simultané. Ces appareils sont :

1° Le régulateur de sécurité ;

2° L'inverseur de vapeur ;

3° La vanne d'arrivée de vapeur.

16. — *Le régulateur de sécurité* se compose d'un disque mobile 18 (Pl. IV, fig. 4) logé dans une échancrure de l'arbre et pouvant se déplacer dans un plan normal à l'arbre. Pendant la rotation de l'arbre, la force centrifuge sollicite ce disque à s'excentrer, mais ce mouvement ne peut avoir lieu que si la force centrifuge est suffisante pour dépasser la force antagoniste d'un ressort.

Le ressort est calculé de façon que, pour la vitesse de 1 440 tours, qu'on s'est imposé de ne pas dépasser, la pièce mobile tournant avec l'arbre vient écarter le galet de choc 19. Il faut absolument, pour éviter le martelage du disque excentré et du galet de choc que, dès que les deux pièces arrivent en contact, le disque soit brusquement excentré pour écarter d'un seul coup le galet dans sa position extrême. On obtient ce résultat en calculant le ressort de la façon suivante :

Soit ρ, la distance à l'axe du centre de gravité du disque mobile. La force centrifuge est $\frac{P}{g}\omega^2\rho$, et la résistance du ressort est $k^2\rho$. Soit ω_0 la vitesse où doit fonctionner l'appareil de sécurité. On réalise la relation :

$$\frac{P}{g}\omega_0^2 = K^2.$$

Il s'ensuit que, pour les vitesses inférieures à ω_0, le ressort est prépondérant, et le disque ne s'excentre pas. Mais pour une valeur de ω supérieure à ω_0 de la quantité correspondant aux résistances passives, il y a décollage, et, sous l'action de la force croissante

$$\frac{P}{g}(\omega^2 - \omega_0^2)\rho,$$

le disque prend un mouvement qui s'accélère de plus en plus et rejette brusquement le galet de choc dans sa position extrême.

17. — *L'inverseur de vapeur* est un appareil 11 fixé au socle (Pl. IV, fig. 1 et fig. 10).

C'est un cylindre traversé par trois pistons montés sur la même tige. Dans le cylindre, il y a accès permanent, par le

Digitized by Google

tuyau 1, de la vapeur des chaudières dans la région située entre les deux pistons inférieurs. Cette arrivée est placée au milieu de la course pour n'être jamais obturée par aucun des pistons. Les deux régions extérieures à ces deux pistons sont en communication par le tuyau 2 avec l'air atmosphérique (pour éviter une fuite de vapeur dans la salle, on a effectué la mise en communication avec le tuyau d'échappement à l'air libre). Du cylindre, partent deux autres tuyaux 3 et 4 aboutissant à l'une et à l'autre face du piston S, porté par l'axe de la vanne d'arrivée de vapeur.

Les deux régimes de l'inverseur de vapeur sont les suivants :

1° La tige est à la partie basse, telle que la représente la figure 10. Les communications sont faites de façon que la vapeur des chaudières passe de 1 à 3, vient agir sur la face avant du piston S et assure la fermeture de la vanne. La face arrière est à l'échappement à l'air libre par les tuyaux 4 et 2.

2° La tige est retenue à sa partie haute par le doigt 10 engagé sous la pièce 9. Dans ce cas, les communications sont inversées. La face arrière du piston est en communication avec la vapeur à 14 kg par les tuyaux 1 et 4. La face avant est à l'échappement par les tuyaux 3 et 2. L'effort résultant tend donc à l'ouverture de la vanne d'arrivée de vapeur.

Une manœuvre à la main par le levier permet de placer la tige dans la deuxième position. Ce geste se nomme : « armer l'inverseur ».

18. — *La vanne d'arrivée de vapeur* est représentée en coupe dans la figure 5 (Pl. IV). D'autre part, le plan d'ensemble (Pl. IV, fig. 1, 2 et 3) montre, en 8, quelle est la place de cet appareil sur la turbine, et permet de juger en plus de ses dimensions relatives.

Les pièces *fixes* principales de l'appareil sont :

Le *corps de la vanne*, en acier moulé, appliqué d'une part dans un plan vertical, normal à l'axe de la turbine, sur la bride d'entrée de l'obturateur (cette jonction est dissimulée derrière les masques en tôle lustrée), et reposant d'autre part sur le tuyau d'arrivée de vapeur ;

Le *siège n*, en acier forgé, sur lequel vient s'appliquer la soupape, lors de sa fermeture ;

La *chemise h*, en fonte, servant de guide au déplacement de la soupape ;

Le *cylindre b*, en fonte, dans lequel se déplace le piston moteur.

La partie *mobile* comprend d'arrière en avant :

La *soupape principale f*, en acier moulé, dont l'ouverture permet l'accès de la vapeur à l'obturateur ; cette soupape, dans la partie correspondante à son petit diamètre, forme à son tour siège pour une soupape plus petite ;

La *soupape auxiliaire* O, dont le rôle sera expliqué ultérieurement ;

La *plaque d'entraînement g* ;

Le *piston moteur s*, en acier, avec segments en fonte douce ;

La *vis V*, à laquelle on peut imprimer une translation longitudinale en actionnant à la main le volant de manœuvre 9 (Pl. IV, fig. 1 et 2).

Enfin, on peut remarquer, sur la vue en coupe, un encliquetage comprenant, comme première pièce, un doigt *f'*, maintenu levé par l'action du ressort *q'*, et qu'abaisse la vis V, lors de sa manœuvre. Nous expliquons plus loin le résultat de cette oscillation.

19. — Cette description sommaire permet de saisir facilement les différentes manœuvres que l'on exposera dans l'ordre suivant :

1° Mise en marche de la turbine ;

2° Arrêt volontaire de la turbine par la manœuvre du volant de la vanne ;

3° Arrêt volontaire de la turbine par la manœuvre du volant de l'appareil de sécurité ;

4° Fonctionnement automatique du régulateur de sécurité ;

5° Verrouillage de sécurité.

Ces diverses manœuvres vont être expliquées en suivant le schéma représenté sur la figure 10.

On étudiera d'abord la manœuvre de *mise en marche* de la turbine. La turbine arrêtée, la vis V doit être complètement enfoncée. Cette condition figure dans la consigne du mécanicien, pour la manœuvre de fermeture.

On verra plus loin les dispositions qui permettent de parer à une étourderie du machiniste, oubliant cette prescription. Pour le moment, on supposera qu'elle a été observée lors du précédent arrêt.

Dans ces conditions, les phases successives de la manœuvre de mise en marche sont les suivantes :

1° On arme l'inverseur ; cette manœuvre, qui se fait en agissant sur le levier spécial, a pour effet de placer la tige à sa partie supérieure, et de faire communiquer, *ipso facto*, la face AR du piston moteur S avec la vapeur à 14 kg, et la face AV avec la pression atmosphérique. L'effort ainsi créé tend à l'ouverture de la soupape, mais en réalité, la butée de la vis V contre la tige empêche cette ouverture.

2° On tourne le volant extérieur de quelques tours, la vis se retire en arrière, le piston moteur et sa tige la suivent dans ce mouvement, d'où ouverture de la soupape auxiliaire O qui va agir ici comme soupape de décollage.

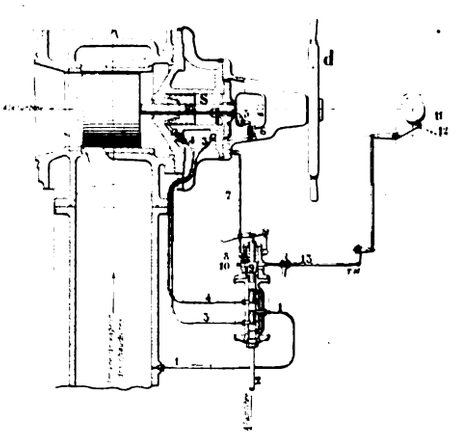


Fig. 10. — Dispositif de la vanne d'arrivée de vapeur. Fonctionnement à la main et par le régulateur de sécurité.

La vapeur, pénétrant par les trous de 12 mm percés sur la périphérie de la grande soupape, a accès à la turbine par l'ouverture de la petite soupape.

Ce débit de vapeur est largement suffisant pour le réchauffage de la turbine, opération recommandable qui doit durer une vingtaine de minutes. Le réchauffage a pour premier but de placer approximativement les diverses parties de la turbine dans les conditions de dilatation de la marche. Ce point de vue, capital dans les turbines à réaction, où les jeux sont faibles, est d'un intérêt secondaire dans les turbines Rateau, où la petitesse des jeux n'est pas nécessaire. Ce dernier point tient à ce que les organes mobiles étant traversés à pression constante, la vapeur stagnante des jeux ne présente aucune dénivellation de pression qui la pousse à circuler. Mais le réchauffage évite la condensation de vapeur dans la marche, condensation dangereuse pouvant produire des vibrations à la mise en marche.

L'accès de la vapeur se faisant par la soupape de décollage, les deux faces de la grande soupape sont à la même pression, et l'ouverture de cette dernière se fera facilement sous l'action du piston moteur.

3° On continue à ouvrir graduellement le volant ; quand la soupape auxiliaire est complètement ouverte, le jeu de 18 mm existant entre la pièce *p* et le siège *g* est devenu nul, la pièce *p* venant buter dans la plaque d'entraînement *g*, et le mouvement de la tige, attirée en avant par l'action de la vapeur, entraînera la grande soupape par l'intermédiaire de la plaque d'entraînement *g*.

L'ouverture de la soupape sera graduelle, et se fera à la demande de la main du machiniste agissant sur le volant.

Digitized by Google

20. — *L'arrêt de la turbine* peut se réaliser par deux manœuvres distinctes :

1° En actionnant à la main le volant de la vanne d'arrivée de vapeur 9 (Pl. IV, fig. 1);

2° En actionnant à la main le volant du régulateur de sécurité 10 (Pl. IV, fig. 1).

Voyons d'abord la première de ces manœuvres :

En actionnant le volant à la main, la vis se trouve animée d'une translation longitudinale qui se transmet à la tige portant le piston moteur.

La manœuvre aboutit aux fermetures successives de la grande soupape et de la soupape auxiliaire.

Pour appliquer sur son siège la grande soupape, il est nécessaire de vaincre l'effort antagoniste que produit la différence de pression sur les deux faces du piston moteur. Cet effort est de 1 750 kg environ, ce qui, en tenant compte du pas de la vis et du diamètre du volant, exige un effort à la jante de 16 kg, soit 8 kg par main. On doit faire ensuite deux tours pour appliquer la soupape auxiliaire contre son siège. On doit alors vaincre l'effort antagoniste précédent, augmenté de la résistance croissante du ressort r, effort dont le maximum est de 200 kg. L'effort tangentiel total à appliquer au volant se trouve alors porté à 17 kg 500.

21. — La première manœuvre que l'on vient de décrire a le défaut d'être lente et d'exiger un effort manuel appréciable. Voici un deuxième procédé qui, sans aucun doute, aura la préférence du machiniste.

Celui-ci agit sur le petit volant placé en bout d'arbre, côté admission (repères 10 du plan d'ensemble et 17 de la coupe, Pl. IV). Ce mouvement de rotation déplace une vis dont l'extrémité porte une rampe qui excentre le disque mobile constituant le régulateur de sécurité décrit plus haut (n° 16), exactement comme le fait la force centrifuge dans le cas d'emballement de la machine. La vis est à très grand pas, pour que l'action sur le galet de choc soit rapide.

L'oscillation du galet de choc se transmet par les jeux de leviers, visibles sur la figure 10, au doigt de l'inverseur qui se trouve tiré en comprimant le ressort 13. L'action d'un deuxième ressort, placé à la partie supérieure de l'inverseur, fait descendre brusquement cette tige, d'où inversion de la distribution de vapeur. C'est maintenant la face avant du piston moteur S qui est en communication avec la vapeur à 14 kg; la face arrière communique avec l'atmosphère. L'effort moteur va donc provoquer la fermeture de la soupape, sans aucun effort manuel.

L'inconvénient à éviter est la fermeture brutale qui risquerait de briser l'appareil. L'amortissement s'obtient de deux façons distinctes :

1° Dans le premier mouvement de fermeture, le piston moteur refoule en arrière la vapeur dans l'atmosphère, par un trou de 10 mm, largement suffisant pour qu'il ne s'établisse pas de contre-pression; mais, vers la fin de sa course, le piston obture le trou d'échappement. L'échappement ne se fait plus que par une ouverture de 1 mm, pratiquée au centre de la petite soupape a' (Pl. IV, fig. 5). Dans le sens actuel d'échappement de la vapeur, cette soupape est fermée et ne présente d'autre ouverture que le canal central de 1 mm;

2° Il est à craindre que, lorsque la grande soupape se trouve presque fermée, la perte de charge qu'elle impose à la vapeur soit telle que la pression régnant sur la face arrière de cette soupape soit notablement inférieure à 14 kg; elle peut descendre à 3, 2 ou 1 kg. Dans ces conditions, même si la soupape auxiliaire n'existait pas, on ne pourrait éviter, par les fuites le long du guidage de la grande soupape, que la haute pression n'existe sur la face avant. Il se produirait alors, au dernier moment, une succion énergique qui appliquerait brutalement la grande soupape sur son siège, en faisant abstraction du premier mode d'amortissement. C'est précisément cette succion qu'on évite par l'existence de la soupape auxiliaire, qui reste ouverte jusqu'à la fermeture de la grande soupape, cette ouverture maintenant les deux faces en équilibre de pression.

La soupape auxiliaire, que l'on a vu fonctionner comme soupape de décollage dans la manœuvre d'ouverture, fonctionne comme amortisseur dans la manœuvre de fermeture.

On terminera par une remarque essentielle. L'arrêt de la turbine vient de s'obtenir *sans qu'on ait eu* à toucher au volant de manœuvre de la vanne d'arrivée de vapeur. Le volant restera donc « ouvert », c'est-à-dire que la vis V et la tige q seront éloignées l'une de l'autre (Pl. IV, fig. 5).

L'une des prescriptions essentielles, entrant dans la consigne imposée au machiniste, est qu'il fasse tourner le volant des quatorze tours nécessaires pour obtenir la butée de la vis contre la tige. Nous expliquerons plus loin quels inconvénients graves auraient pu résulter de cet oubli et par quels dispositifs supplémentaires on a paré à ses conséquences.

22. — *Fonctionnement automatique du régulateur de sécurité.* On supposera que, par suite d'un accident, le régulateur de vitesse décrit au paragraphe 2 cesse de fonctionner. La turbine pourra prendre une vitesse croissante au-dessus de sa vitesse de régime. Les roues sont capables de supporter une vitesse périphérique plus grande; pourtant les efforts dus à la force centrifuge, croissant comme le carré du nombre de tours, mettraient rapidement en danger la résistance des disques. Il faut aussi préserver l'alternateur de tout excès de vitesse, et c'est surtout à cet appareil que l'on a songé en imposant par contrat le fonctionnement de sécurité pour une vitesse excédant de 15 °/₀ la vitesse de régime (1 255 tours), soit pour un nombre de tours atteignant 1 440 tours environ.

Comme nous l'avons déjà dit au n° 16, dans la monographie du régulateur de sécurité, tant que la vitesse est inférieure à 1 440 tours, la force centrifuge qui tend à excentrer le disque est incapable de surmonter l'action du ressort antagoniste qui le maintient en place. Dès que cette vitesse est dépassée, il y a prépondérance en faveur de la force centrifuge, et, comme on l'a expliqué, prépondérance croissante, d'où rapide déplacement du disque venant buter contre le galet de choc.

La suite des opérations devient donc identique au cas de la fermeture à la main par la manœuvre du petit volant calé en bout d'arbre. La seule différence est dans le déclanchement du disque, qui est automatiquement obtenu par la force centrifuge au lieu d'être dû à la pénétration du coin par la manœuvre d'un volant.

23. — *Verrouillage de sécurité.* — Le fonctionnement des appareils, tels qu'ils viennent d'être décrits, présenterait une grave lacune.

Si la fermeture de la turbine se fait par la manœuvre directe de la vanne, à l'aide du grand volant, la prescription réglementaire de fermeture de ce volant devient superflue, puisqu'elle constitue précisément l'unique manœuvre à faire.

Mais il est probable que le machiniste préférera employer la deuxième méthode qui, tout en étant instantanée, exige un effort nul, et procède d'une manière plus élégante.

D'ailleurs, ces considérations mises à part, il est bon que le régulateur de sécurité qui fonctionnera dans de très rares circonstances, peut-être jamais, comme appareil automatique, serve fréquemment pour l'arrêt volontaire de la turbine, de manière à maintenir en bon état de marche tous les organes.

L'arrêt de la turbine se faisant donc fréquemment par le fonctionnement du régulateur de sécurité, et nulle nécessité immédiate n'imposant au machiniste la manœuvre de fermeture du grand volant, il arrivera certainement des cas où la consigne sera oubliée, et la turbine sera au repos, le volant restant ouvert, position identique à celle qu'indique la figure 5 (Pl. IV) sur laquelle on aurait pu écrire « disposition interdite ».

Voici en quoi consiste l'inconvénient qui aurait pu résulter de

Digitized by Google

cette disposition : Au moment de mettre en route, le premier geste du machiniste (voir n° 19) doit être *d'armer l'inverseur* (voir n° 17), ce qui amènera la vapeur à 14 kg sur la face arrière du piston moteur et l'échappement sur la face avant, d'où un effort subit de 1 750 kg. La tige de la vanne n'étant pas arrêtée par la vis, l'ouverture sera extrêmement rapide, ce qui produira un choc important de la partie mobile contre la partie fixe. D'autre part, un flux considérable de vapeur sera déversé sur la roue double, encore immobile, et risquera de la gauchir.

On ne pouvait pas se contenter de parer à cet inconvénient par la seule rédaction d'une consigne à l'usage du machiniste. On a alors eu l'idée de ce que l'on appelle le « verrouillage de sécurité », qui consiste dans l'impossibilité matérielle d'armer l'inverseur, tant que le volant demeure ouvert.

Quand le régulateur de sécurité vient de fonctionner, soit automatiquement, soit à la main, la tige de l'inverseur (position de la fig. 10) est en bas, et le doigt 8 appuie sur elle, avec toute la force que lui communique le ressort 6. Il est donc impossible d'armer l'inverseur et, par suite, d'effectuer la mise en marche de la turbine. Cette impossibilité avertit le machiniste de son oubli qu'il répare aussitôt en fermant le volant. L'avancement de la vis vient faire buter la clavette *e* contre le doigt 5 qu'il fait tourner ; cette rotation a pour effet de dégager le doigt 8 et de libérer la tige de l'inverseur que l'on peut alors armer sans danger.

IV. — Descriptions des soupapes d'admission et de leur commande automatique.

24. — On a déjà expliqué au paragraphe 1, comment la répartition de la vapeur sur le pourtour du fond admission est obtenue par *huit* soupapes, commandant chacune *cinq* tuyères. On trouve, dans ce paragraphe, un tableau des charges correspondant à l'ouverture de ces diverses soupapes, établi dans l'hypothèse où la pression des chaudières et le vide sont conformes aux prévisions.

On se propose d'expliquer ici comment l'ouverture et la fermeture des soupapes se font automatiquement, suivant les exigences du service, sans la moindre intervention du machiniste. Le groupement d'appareils dont il s'agit étudier le fonctionnement simultané comprend :

1° Les *huit soupapes* du fond d'admission, toutes identiques entre elles ; il suffira, par conséquent, d'en décrire une ;

2° L'*appareil de commande des soupapes.*

25. — *Description d'une soupape d'admission de vapeur.* — Les vues d'ensemble montrent d'abord la physionomie extérieure des huit soupapes (repère 20). Sur la coupe (Pl. IV, fig. 4), on a placé à la partie supérieure une soupape (en déviant légèrement la coupe axiale pour pouvoir montrer une soupape). La figure 14 montre les logements dans le fond admission. Enfin la figure 6 (Pl. IV) donne la coupe en détail d'une soupape et montre que les *parties fixes* comportent :

1° Une pièce ajustée dans le logement du fond admission. Cette pièce, en fonte spéciale résistant au choc, fait à la fois fonction de *cylindre de guidage* et de *siège de soupape*. Le serrage qu'elle reçoit écrase un joint métallo-plastique prévenant les fuites de vapeur ;

2° Une pièce en fonte, serrée par des boulons ; ce serrage assure l'étanchéité des deux joints, celui dont il est parlé au 1° et celui qu'on voit sur une circonférence intérieure à celle des boulons. Cette pièce, assez compliquée, est, en outre, disposée en forme de cylindre pour le guidage intérieur du piston annulaire et sert d'autre part de guide à la tige de la soupape ;

3° La pièce qui constitue avec la pièce précédente le logement annulaire du piston ;

4° La *plaque de butée* des ressorts de fermeture ;

5° Les deux tuyaux : le tuyau marqué d'une flèche ascendante faisant communiquer l'appareil de commande des soupapes avec la face avant de la soupape, et le tuyau marqué d'une flèche descendante, qui est un simple tuyau de purge.

La partie mobile comprend :

1° La *soupape à piston*, en fonte spéciale résistant au choc ;

2° La *tige* emmanchée à baïonnette dans la soupape, et portant sur toute sa longueur des cannelures d'étanchéité ;

3° La pièce montée sur la tige ; cette pièce est disposée, d'une part en forme de couvercle, et d'autre part en piston creux coulissant dans le cylindre annulaire que constitue l'ensemble de deux pièces fixes ;

4° Le bouton en ébonite, serrant une rondelle calorifuge de klingérite. Ce bouton, dont l'existence contribue à l'esthétique de la turbine, a surtout comme but d'être un index révélateur des deux seules positions possibles de la soupape qui sont les positions extrêmes d'ouverture ou de fermeture. Ce bouton ne saurait être considéré comme devant servir à une manœuvre manuelle, d'abord parce que le fonctionnement des soupapes est exclusivement automatique, et surtout parce que, en ordre de marche, l'effort d'ouverture d'une soupape est considérable. Mais, au repos, au cours d'une visite de la machine, on pourra

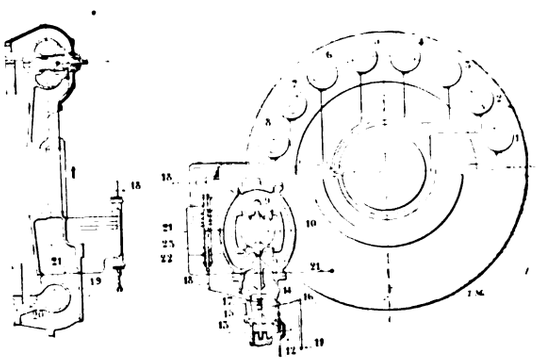


Fig. 11. — Commande automatique des soupapes d'admission.

vérifier à la main si le fonctionnement des soupapes est bien régulier ;

5° La *douille* comprimant le ressort dans le mouvement d'ouverture ;

6° La *petite soupape*, percée dans sa partie centrale d'un trou de 2 mm. débouchant sur la face avant de la grande soupape.

26. — Après cette description sommaire de l'appareil, il reste à expliquer comment s'opèrent les deux manœuvres d'ouverture et de fermeture de la soupape.

Lorsque la soupape est fermée, la turbine étant en ordre de marche, la vapeur des chaudières, après avoir franchi la vanne d'arrivée de vapeur et les clapets de l'obturateur, accède dans tout le tore du fond admission et vient baigner extérieurement tout le pourtour de la soupape, sans toutefois atteindre les tuyères correspondantes à la position de fermeture de cette soupape. A l'intérieur de la soupape, communiquant par les tuyères avec la chambre où tourne la roue double, règne une pression de 2 à 6 kg, suivant le régime. L'appareil de commande des soupapes est placé de telle façon qu'il amène la vapeur des chaudières à 14 kg sur la face arrière de la soupape, en passant librement par la petite soupape soulevée. L'effort ainsi développé est prépondérant dans le sens de la fermeture, même dans le cas où la pression de la première chambre serait maximum. Si cette dernière pression est faible, l'effort de fermeture n'en est que plus grand.

Si la soupape doit s'ouvrir, l'appareil de commande des soupapes occupe une position telle que la vapeur amenée, au lieu d'être la vapeur des chaudières à 14 kg, sera la vapeur de la chambre dans laquelle tourne la roue double. Dans ce cas, il y a prépondérance de l'effort dans le sens de l'ouverture. En effet,

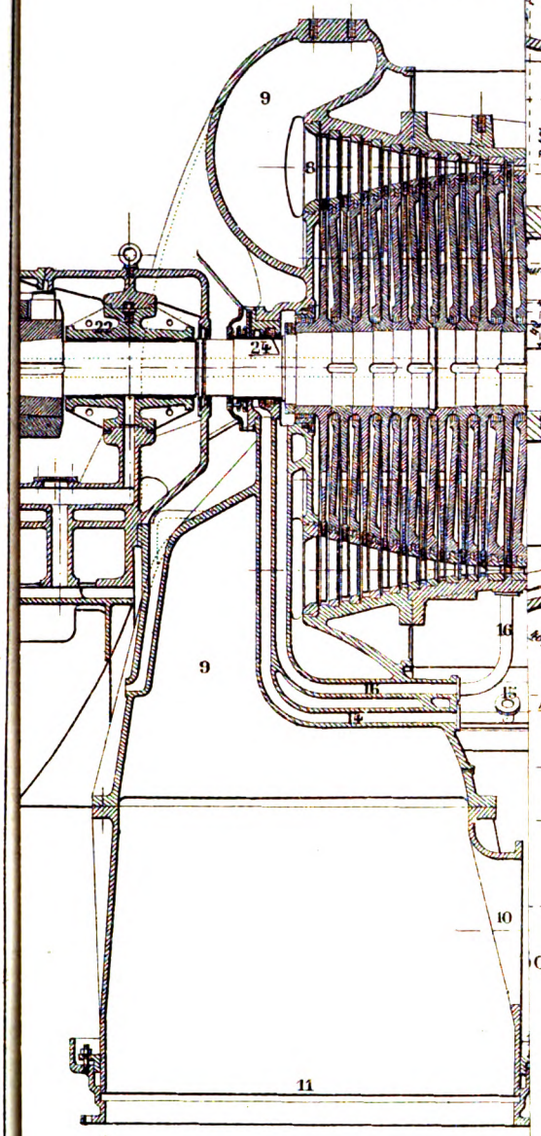
Digitized by Google

15.000 kilowatts

/40

Fig. 4

Coupe longitudinale



Légende de la figure 4

16	Tuyau d'équilibrag
17	Volant de comma
18	Disque mobile
19	Galet de choc
20	Vis de commande
21	Butée
22	Coussinets lisses
23	Garnitures H.P.
24	Garnitures B.P.
25	Garnitures des d
26	Accouplement
27	Coussinets de l'a
28	Arrivée d'huile aux
29	Décharge de la soup

ur

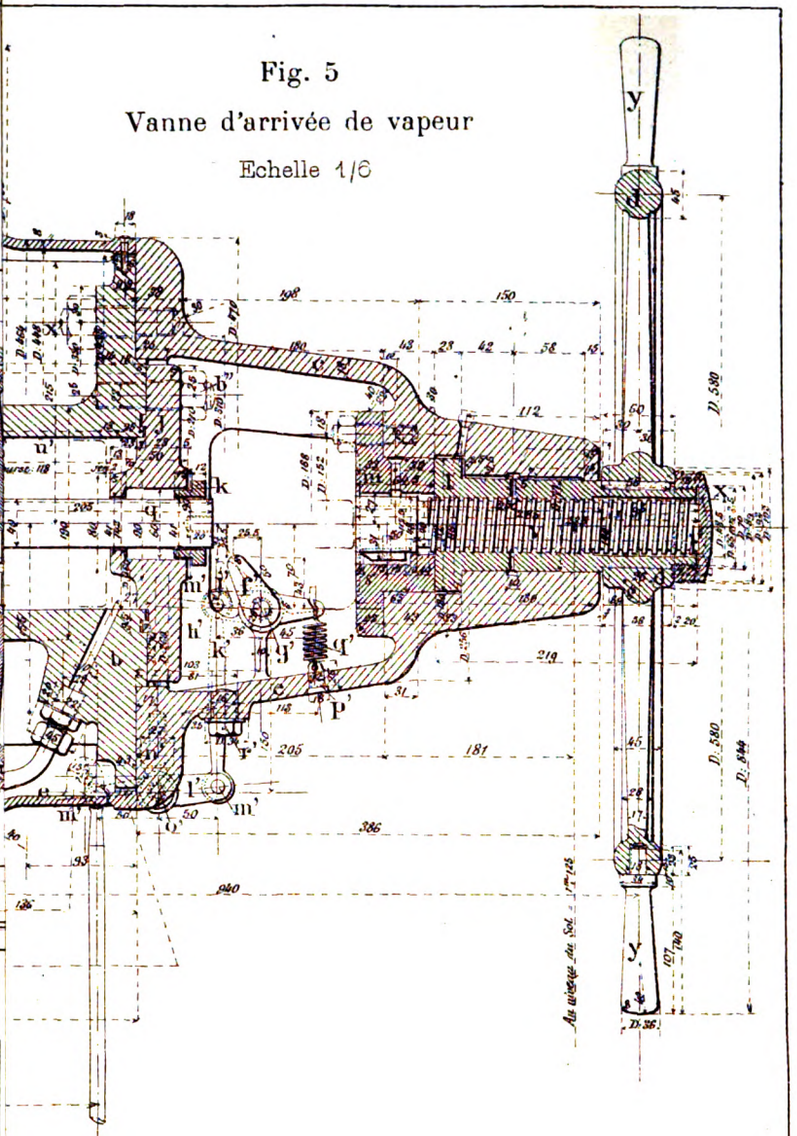
des garnitures

ur des garnitures

Fig. 5

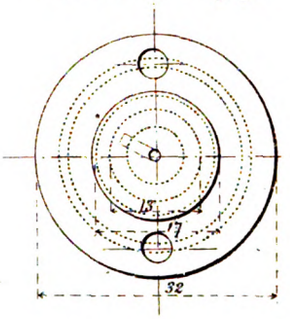
Vanne d'arrivée de vapeur

Echelle 1/6

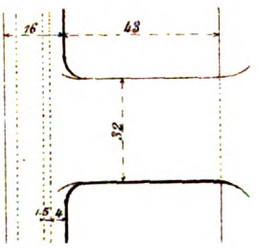


oupape de distribution

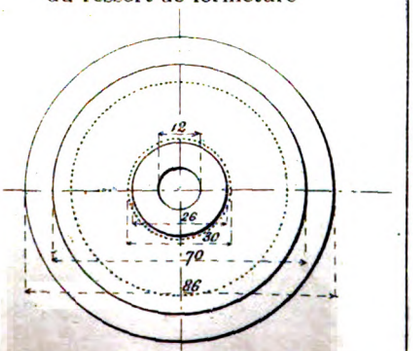
Détails de la soupape



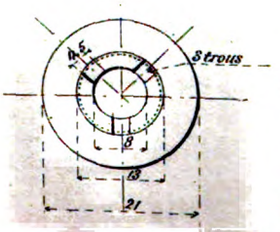
Détail d'un bras



Vue de face de la douille d'appui du ressort de fermeture



Coupe de la soupape



et 49, Quai des Grands-Augustins, Paris

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

Digitized by Google

Digitized by Google

d'une part, la face avant du piston est diminuée de la section de la tige, d'autre part, sur la face arrière, s'exerce la pression de la première chambre sur l'intérieur de la soupape, et la pression de 14 kg sur la périphérie extérieure.

Il était intéressant d'éviter le fonctionnement brutal des soupapes à leur ouverture et à leur fermeture. A cet effet, on a réalisé l'amortissage dans les deux sens :

1° Dans le sens de l'ouverture, la vapeur située sur la face avant du piston commence à s'écouler par un tuyau de 7 mm. Vers la fin de la course, ce tuyau est recouvert par le piston et l'écoulement ne peut se faire que par le trou de 2 mm, percé dans la petite soupape que le mouvement de vapeur applique sur son siège. Cette soupape est largement guidée pour éviter tout coincement;

2° Dans le sens de la fermeture, l'amortissage se fait par l'air renfermé au fond du cylindre annulaire constitué par les pièces fixes, le mouvement du piston chassant l'air par un conduit de 2 mm qu'on voit au bas de la coupe de la figure 6 (Pl. IV).

27. — *Appareil de commande automatique des soupapes.* — Entre les puissances de 5000 et de 15000 kw, le nombre de tuyères ouvertes croît à raison de cinq tuyères par fraction de 1250 kw supplémentaires, chaque groupe de cinq tuyères étant commandé par une soupape.

Il est de toute nécessité que l'ouverture ou la fermeture de ces soupapes se fassent automatiquement, à l'appel de la charge. Si cette automacité est utile au point de vue de la fermeture (il ne faut, en effet, ne jamais avoir trop de tuyères ouvertes pour ne pas avoir à laminer la vapeur), elle est indispensable pour l'ouverture des soupapes quand la charge croît, afin d'éviter l'arrêt de la turbine.

La nécessité d'une commande automatique étant établie, il reste à décrire l'appareil qui la réalise.

28. — L'organe essentiel se compose d'un cylindre vertical 21 (Pl. IV, fig. 1 et 2).

Dans ce cylindre, appliqué contre l'obturateur, peuvent glisser deux pistons montés sur la même tige 18 (fig. 11). La région intermédiaire entre les deux pistons est en communication permanente avec la pression de 14 kg que nous appellerons *pression HP*.

Cette communication est assurée par le tuyau 22, partant de la boîte de l'obturateur (avant le passage des clapets) et débouchant dans le distributeur en un point toujours compris entre les deux pistons, quelle que soit leur position. Les régions extérieures aux deux pistons communiquent par le tuyau 21 avec la chambre de la roue double, où règne une pression absolue, à peu près proportionnelle à la charge, et allant de 2 à 6 kg. Convenons de désigner cette pression par *pression BP*.

D'autre part, le cylindre est percé de huit trous, correspondant à huit tuyaux aboutissant à chacune des huit soupapes (fig. 14).

Quand la charge est inférieure à 5 000 kw, les huit tuyaux font communiquer la face avant de chaque soupape avec la vapeur HP, assurant ainsi la fermeture de toutes les soupapes.

Si la charge vient à augmenter; la vitesse faiblit; le régulateur centrifuge met aussitôt en jeu le servo-moteur et provoque la levée de l'obturateur. Un petit effort supplémentaire, demandé, non pas au régulateur centrifuge, ce qui nuirait à sa sensibilité, mais au servo-moteur, relève le taquet 15, le levier 16, et fait descendre la tige 18. Il en résulte que le tuyau relatif à la soupape n° 1 cesse de déboucher dans la vapeur HP et débouche maintenant dans la vapeur BP. On a expliqué au n° 26 comment cette vapeur BP, amenée sur la face arrière de la soupape, provoque son ouverture. Une nouvelle augmentation de charge produira l'ouverture successive des soupapes, à raison d'une soupape pour chaque surcharge de 1 250 kw.

Si, au contraire, la charge vient à diminuer, à un moment quelconque du fonctionnement, la vitesse tend à s'accroître. Le régulateur centrifuge intervient alors pour fermer l'obturateur en abaissant sa tige, ce qui amène le taquet supérieur 14 en contact avec le levier; après une certaine course, l'entraînement a lieu en déterminant l'ascension de la tige de l'appareil de commande et la fermeture des soupapes, jusqu'à adaptation exacte au nouveau régime.

29. — Il semble *a priori* que l'écart des deux taquets d'ouverture et de fermeture doive être juste égal à l'épaisseur de l'extrémité arrondie 16 du levier. Il est facile de se convaincre de la nécessité d'un jeu supplémentaire. En effet, si le jeu était réduit à l'épaisseur du levier, les manœuvres d'*ouverture* et de *fermeture* constitueraient, pour ainsi dire, les deux faces d'un phénomène réversible. L'examen approfondi du phénomène va montrer la nécessité d'un décalage.

Supposons la turbine en charge graduellement croissante dans les environs de 10 000 kw, par exemple. Un peu avant le point 10 000 kw, la section offerte par les quatre soupapes ouvertes devient de plus en plus insuffisante; la pression remonte donc dans l'intervalle situé entre les clapets de l'obturateur et les tuyères; elle atteint la valeur de 13 kg 5 pour 10 000 kw. A ce point précis, la cinquième soupape s'ouvre, démasquant cinq tuyères supplémentaires, la section devient surabondante et la pression s'abaisse devant l'obturateur. La chute de pression au passage des clapets de l'obturateur devenant plus importante, il s'ensuit une plus grande vitesse de passage de la vapeur, et, comme le flux de vapeur ne doit pas sensiblement augmenter, le régulateur centrifuge abaisse l'obturateur. Il faut, pour que cet abaissement se fasse sans déclencher la fermeture de la cinquième soupape, que le taquet supérieur se trouve reporté assez haut, et que l'abaissement l'amène au plus à être tangent à l'extrémité du levier de commande.

En pratique, il est seulement essentiel que les ouvertures ne soient jamais retardées, pour éviter l'arrêt intempestif de la turbine, faute d'un accès insuffisant de vapeur. En plaçant le taquet de fermeture lors du montage, on aura donc seulement soin qu'après une fermeture de soupape, le battement de l'obturateur ramène le taquet d'ouverture dans la position de fonctionnement; de cette manière, si la soupape qui vient d'être fermée doit être ouverte à nouveau par suite d'une augmentation de charge, elle pourra l'être sans retard.

V. — Graissage et accessoires.

30. — Le graissage des organes à lubrifier s'effectue avec de l'huile sous pression qui parcourt un circuit complètement fermé et sert indéfiniment, sauf remplacement partiel régulier très faible.

Le réservoir d'huile est aménagé dans le socle même de la turbine. C'est dans ce réservoir qu'aspirent les pompes et où retourne l'huile après circulation dans les paliers.

La circulation d'huile est assurée par deux pompes à engrenages jumelées, placées sous le palier admission (repère 31, Pl. IV, fig. 1). Chaque pompe est commandée par un arbre vertical prenant son mouvement sur le bout d'arbre de la turbine par roue et vis sans fin (repère 20). L'un des arbres porte à sa partie supérieure le régulateur centrifuge, l'autre porte le tachymètre.

Le débit normal des pompes est d'environ 1 000 litres à la minute. Si l'on admet un échauffement d'huile de 10°, le nombre de calories enlevées par seconde est :

$$1\,000 \times 0{,}9 \times 0{,}31 \times 10 = 2\,790 \text{ calories,}$$

$0{,}9$ = poids spécifique de l'huile,

$0{,}31$ = chaleur spécifique de l'huile.

Ces calories équivalent à :

$$2\,790 \times 427 = 1\,191\,000 \text{ kgm/minute,}$$

ou : 19 800 kgm/seconde.

Or, le poids du rotor du turbo-alternateur étant évalué à 45 t,

Digitized by Google

la vitesse périphérique dans les coussinets étant 21m,300, la puissance de frottement évaluée avec un coefficient de frottement de 0.02 est :

$$T_f = 0{,}02 \times 45\,000 \times 21{,}300 = 19\,200 \text{ kgm/seconde.}$$

On voit que ce graissage est suffisant et prévient tout échauffement anormal des paliers.

Si l'huile servait uniquement au graissage, il suffirait d'une pression effective de 0 kg 5 pour assurer la circulation dans les coussinets. Mais il est nécessaire d'avoir aussi de l'huile à la pression effective 2 kg 500 pour le fonctionnement du servo-moteur assurant la manœuvre de l'obturateur. Cette pression de 2 kg 500 sera la pression de refoulement des deux pompes à engrenages, mais on disposera, sur la conduite de refoulement, d'un robinet d'étranglement à la suite duquel la pression tombe à une valeur suffisante pour assurer la circulation.

Chaque pompe a une aspiration particulière; le refoulement se fait en commun dans un tuyau vertical, que l'on voit, dans la figure 1, sous les pompes.

La circulation de l'huile, en partant du réservoir, est la suivante. L'huile aspirée et refoulée par les pompes, puis détendue dans le robinet d'étranglement, traverse d'abord le *réfrigérant d'huile* placé en sous-sol. La réfrigération de l'huile abaisse sa température d'environ 10°. L'huile sortant des paliers à 55° environ et se trouvant ramenée vers 45°, remonte du réfrigérant, et alimente une conduite horizontale d'où partent les communications assurant le graissage des trois paliers du groupe et de tous les organes dont la lubrification est nécessaire. Les différents retours d'huile ramènent l'huile au réservoir, après un filtrage préalable, et la circulation se continue suivant le même cycle.

Entre les pompes et le robinet d'étranglement se place la dérivation conduisant l'huile au distributeur du servo-moteur. Une *soupape de décharge*, réglée à 2 kg 500, permet, en cas de surpression accidentelle, de rejeter l'huile dans le socle. Le tuyau de décharge de cette soupape se voit au repère 29 de la figure 4, (Pl. IV).

31. — *Pompe à huile de mise en marche.* — Au démarrage du turbo-alternateur, les pompes à huile ne peuvent assurer le graissage des paliers, tant que la vitesse de régime n'est pas atteinte. Un moteur-pompe spécial, placé en sous-sol (repère 33 de la Pl. IV, fig. 2) assure la lubrification initiale. La commande de ce moteur-pompe se fait en envoyant de la vapeur par le robinet (repère 34, Pl. IV, fig. 1).

32. — *Dispositifs de sécurité.* — Il existe deux dispositifs avertisseurs prévenant le mécanicien, soit du manque de pression d'huile, soit d'un échauffement trop considérable des paliers.

Le manque de pression d'huile est indiqué par un *sifflet avertisseur*, commandé par un piston retenu au haut de sa course par l'huile sous pression. Sitôt que la pression d'huile tombe, le piston revient sous l'action d'un ressort antagoniste et ouvre une soupape par laquelle un jet de vapeur vient frapper un timbre sonore.

La température de l'huile dans chaque palier est donnée à chaque instant, par un *thermomètre à distance*. La transmission est assurée par la dilatation d'une certaine masse de mercure qui, par un tube capillaire, agit sur l'appareil indicateur de température. Quand cette dernière atteint environ 60°, un contact électrique, établi par l'aiguille du cadran, ferme le circuit d'une sonnerie et celui d'une lampe à feu rouge placée au-dessus du thermomètre.

33. — *Détenteur des garnitures.* — De chaque côté de l'arbre de la turbine se trouvent des *garnitures*, visibles sur la coupe longitudinale (repères 23 et 24, Pl. IV, fig. 4).

Ces garnitures sont constituées par des bagues en carbone et des diaphragmes de bronze au plomb. La garniture côté HP (repère 23) sépare de l'atmosphère la chambre où tourne la roue double, chambre où la pression est normalement supérieure à la pression atmosphérique, mais peut se trouver exceptionnellement en dépression dans les marches à faible puissance.

Dans le cas de surpression, il se produit, vers l'extérieur, une fuite de vapeur d'un effet désagréable, qui donnerait l'impression d'un gaspillage. On évitera cet ennui en mettant la garniture HP en communication avec la garniture BP (repère 24) par le tuyau 14. Ce procédé aura en outre l'avantage de créer, dans cette garniture BP, une surpression s'opposant aux rentrées d'air dans le condenseur.

Dans les marches à charge réduite, la fuite côté HP peut devenir insuffisante pour alimenter la garniture BP. Il est alors nécessaire d'avoir un appareil spécial (repère 35, Pl. IV, fig. 2) envoyant un supplément de vapeur vive convenablement détendue dans le tuyau de communication 14. Le robinet 36 permet d'introduire de la vapeur vive détendue et le robinet 137 sert à envoyer de la vapeur vive non détendue au début de la mise en marche pour réchauffer et purger les garnitures.

34. — *Vireur.* — Dans les visites de l'appareil, on fait tourner le rotor au moyen d'un *vireur* (repère 41, Pl. IV, fig. 2).

Une pompe que commande le levier à main horizontal, aspire l'huile du socle et la refoule dans un cylindre dont le piston actionne un cliquet agissant sur une denture portée par le manchon d'accouplement.

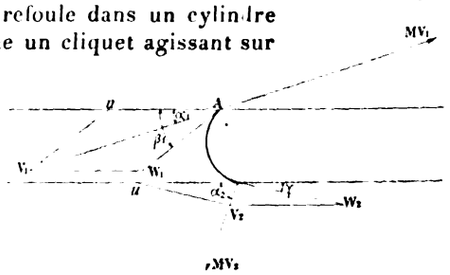


Fig. 12. — Graphique de la poussée axiale.

35. — *Garnitures des diaphragmes.* — Les garnitures des diaphragmes (repère 25, Pl. IV, fig. 4) sont destinées à limiter les fuites qu'occasionne, près de l'arbre, la différence des pressions produites sur les deux faces d'un diaphragme. Cette différence provient de la détente divisionnaire dans les distributeurs de ce diaphragme.

Dans une turbine Rateau, ces fuites sont d'ailleurs réduites au minimum, car elles se produisent sur le plus faible diamètre possible, qui est le diamètre extérieur des moyeux des roues, sensiblement celui de l'arbre. Ce point important constitue l'un des avantages du dispositif multicellulaire de M. Rateau sur le dispositif à tambour.

Ces garnitures se composent de deux demi-couronnes en bronze au plomb, emmanchées dans chaque demi-diaphragme par une queue d'aronde. Elles portent une série de cannelures, créant autant de chambres où la vapeur se détend graduellement, de la pression amont à la pression aval. Les fuites sont considérablement atténuées, car elles dépendent de la différence des pressions dans la dernière chambre et à l'aval du diaphragme, qui est une faible fraction de la chute totale.

36. — *Equilibrage axial.* — L'auteur de cet article a publié, dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* de juin 1910, une note relative à la poussée axiale dans les turbines à vapeur. Nous rapportons ici les passages principaux de cette note au cas qui nous intéresse.

La présence dans la turbine d'une masse de vapeur à pression décroissante, depuis l'amont jusqu'à l'aval, et les forces d'inertie développées par le mouvement de cette masse produisent, sur le rotor, une poussée dans le sens axial, le plus souvent dirigée d'avant en arrière. C'est ce que l'on nomme la *poussée interne*.

Quand l'appareil commandé par la turbine (ventilateur, pompe ou hélice) produit aussi une poussée axiale, cette dernière se nomme la *poussée externe*.

La somme algébrique de ces deux poussées doit être nulle, autant que possible, ou n'excéder, dans aucun cas, le faible effort

Digitized by Google

qu'on peut demander au palier de butée. Ce problème est difficile à résoudre, non seulement parce que l'évaluation *a priori* des poussées est délicate, mais surtout parce que les deux poussées variant avec le régime de la turbine, il est difficile de faire suivre à l'équilibrage une variation correspondante qui le laisse parfait.

Dans le cas qui nous occupe, l'appareil commandé est un alternateur. La poussée externe est, par suite, nulle, et nous n'avons à envisager que la poussée propre de la turbine, c'est-à-dire la poussée interne.

Pour étudier la poussée interne, on la décompose en deux parts :

1° La *poussée statique*, qui serait la seule existante si on pouvait, à un instant donné, immobiliser toute la vapeur en gardant à chaque molécule fluide la pression qu'elle a dans le mouvement ;

2° *La poussée dynamique* due aux forces d'inertie du fluide en mouvement.

La poussée statique est :

$$P_s = \Sigma\, p\,d\sigma,$$

$d\sigma$ étant la projection de tout élément de surface mobile sur un plan normal à l'axe, y compris les ouvertures d'entrée et de sortie des aubes mobiles ; p est pris avec le signe + ou avec le signe — suivant que la pression s'exerce d'avant en arrière ou en sens contraire.

On considère cette poussée dans trois cas distincts :

1° L'arbre est à diamètre croissant d'avant en arrière (arbre conique ou à gradins) ;

2° Plusieurs couronnes mobiles sont montées sur un même tambour qui fournit une poussée :

$$(p_1 - p_2)\pi(R^2 - r^2),$$

p_1 et p_2 étant les pressions à l'amont et à l'aval de ce tambour ; R est le rayon extérieur du tambour et r le rayon de l'arbre. Le montage en tambour est employé pour des raisons d'économie dans la construction et, quelquefois aussi, pour faire naître une poussée interne capable de compenser la poussée externe de l'hélice dans les turbines marines ;

3° Si la turbine est à réaction, chaque couronne d'aubes mobiles est placée entre deux régions où règnent des pressions différentes. En appelant R_1 et R_2 les deux rayons qui encadrent la hauteur de l'aube mobile, la poussée sera pour chaque étage :

$$\pi(R_1^2 - R_2^2)\Delta p,$$

Δp étant la chute de pression relative à la roue mobile.

Aucune de ces trois causes n'existe dans une turbine Rateau, dont l'arbre a partout le même diamètre et où la disposition employée appartient uniquement au type dit à action.

La poussée dynamique s'évalue à l'aide du théorème des quantités de mouvement. Ce théorème a le précieux avantage de ne pas faire intervenir les forces intérieures et de donner des résultats indépendants des travaux absorbés par les remous et agitations tourbillonnaires, toujours difficiles à évaluer.

Son application à la masse de vapeur, qui emplit à un instant donné les aubages d'une roue mobile, donne ce remarquable résultat que toutes les forces d'inertie attachées individuellement à chaque molécule et qui constituent un ensemble si complexe, sont mécaniquement équivalentes à deux forces uniques MV_1 et MV_2 dirigées suivant les vitesses absolues d'entrée et de sortie, et sortantes toutes deux, M représentant la masse de la vapeur, circulant en une seconde.

La poussée axiale d'arrière en avant, produite par le métal du rotor sur la vapeur se lit sur la figure 12. Elle est égale à :

$$M(V_1 \sin \alpha_1 - V_2 \sin \alpha_2).$$

α_1 et α_2 étant les angles que font les directions des vitesse absolues avec celles des vitesses périphériques correspondantes.

La vapeur exerce sur le rotor une réaction qui seule intéresse le constructeur. Elle aura la valeur précédente, mais sera dirigée en sens contraire, c'est-à-dire d'avant en arrière.

L'expression précédente a le défaut de faire intervenir l'angle α, qui n'est pas un angle de construction, aucune paroi matérielle ne guidant la vitesse absolue de sortie.

Nous préférons remplacer cette expression par la suivante qui lui est équivalente :

$$M(W_1 \sin \beta_1 - W_2 \sin \gamma),$$

β_1 et γ étant les angles d'entrée et de sortie de l'aubage mobile.

Dans une turbine à action, la vitesse relative W est théoriquement constante. Nous demanderons la vérification de ce fait important à l'équation bien connue de Barré de Saint-Venant :

$$\text{Accroissement de } \frac{W^2 - u^2}{2g} = \int_{p_2}^{p_1} v\,dp.$$

Etant donné qu'il ne se produit aucune détente dans la roue mobile d'une turbine à action, on a $p_1 = p_2$ et l'intégrale du second membre est nulle. Comme, d'autre part, la turbine est axiale, la vitesse u n'éprouve pas de variation et l'équation de Saint-Venant assure la permanence de la vitesse W.

D'autre part, les angles β_1 et γ ayant des valeurs voisines, la poussée dynamique :

$$M(W_1 \sin \beta_1 - W_2 \sin \gamma)$$

est théoriquement nulle.

Pratiquement, W_2 étant inférieur à W_1, par suite des pertes dues au frottement, il s'ensuit une légère poussée dynamique dans le sens de l'écoulement. Le calcul numérique donne une poussée de 150 kg par roue, dans la marche à 10 000 kw, soit un total de 1 800 kg, qui atteint 2 700 dans la marche à 15 000 kw.

Cette analyse serait incomplète si nous ne citions pas une nouvelle cause de poussée axiale, cause moins connue et dont il est pourtant parlé dans certains brevets, sous le nom de *phénomène d'éjection*.

La vapeur entre dans la roue mobile avec une vitesse absolue considérable, résultant de la détente dans le distributeur précédent. Il en résulte un appel de la masse gazeuse remplissant l'espace entre la roue et le diaphragme avant, appel analogue à celui sur lequel repose le principe des trompes. Au contraire, à la sortie de la roue mobile, les trois quarts au moins de la vitesse absolue se sont transformés en travail mécanique ; la vapeur sort donc avec une vitesse plus faible, et le phénomène de trompe est bien moindre. La pression en avant de la roue est évidemment plus faible qu'après la roue, malgré l'influence égalisatrice des trous. Il en résulte une poussée d'arrière en avant, c'est-à-dire s'exerçant en sens contraire de la poussée dynamique.

Enfin, comme dernière cause de poussée, interviennent les incorrections de tracé d'aubages, qui peuvent amener une légère réaction positive ou négative. Les aubages moteurs sont calculés pour être traversés à pression constante, mais la moindre erreur dans la prévision des sections peut déterminer, soit une légère détente, d'où résultera une poussée vers l'échappement, soit une légère surpression amenant une poussée vers l'admission.

Tout compte fait, la turbine Rateau présente l'énorme avantage d'une poussée axiale presque nulle, nécessitant tout au plus un coussinet de butée (repère 21, Pl. IV, fig. 4).

On a encore poussé les précautions au delà, en prévoyant des deux côtés de la turbine la possibilité d'un équilibrage différent, suivant que la poussée se manifestera dans un sens ou dans l'autre. Sur la coupe (Pl. IV, fig. 4), on a représenté l'équilibrage dans le cas d'une poussée d'avant en arrière. Il consiste à faire communiquer, par le tuyau 16, une pression intermédiaire de la turbine avec la chambre voisine des garnitures BP, où l'écrou de serrage fait office de piston d'équilibrage.

Digitized by Google

37. — *Cadrans.* — Les cadrans mis à la disposition du machiniste pour surveiller la marche de la turbine sont les suivants :

Les pressions de vapeur sont indiquées par trois manomètres :

1° Manomètre (repère 22) : pression d'arrivée de vapeur mesurée avant le passage des clapets de l'obturateur;

2° Manomètre (repère 23) : pression de la vapeur après le passage dans les clapets de l'obturateur, lecture qui indique, par comparaison avec la précédente, le degré de laminage de la vapeur;

3° Manomètre (repère 25) : indicateur de vide au condenseur.

Les pressions d'huile sont indiquées par deux manomètres placés à l'avant du palier d'admission.

1° Manomètre (repère 26) : pression d'huile à la sortie des pompes;

2° Manomètre (repère 27) : pression d'huile après le robinet d'étranglement.

La température de la vapeur est indiquée par le pyromètre à cadran (repère 24).

Les températures d'huile sont indiquées, pour chaque palier, par un thermomètre à distance, comme il a été dit au n° 36.

Le nombre de tours est indiqué par le *tachymètre* (repère 13). La commande est obtenue par un arbre vertical recevant son mouvement de l'arbre de la turbine par roue et vis sans fin (repère 20, fig. 4). Le même arbre commande une des deux pompes à huile.

Le nombre de tours correspondant au régime normal est indiqué par un trait rouge.

En général, le cadran porte une région couverte de hachures rouges indiquant au mécanicien la zone de vitesses rendues dangereuses par le synchronisme de leur période avec celle de l'arbre, synchronisme pouvant amener les phénomènes de résonance se traduisant par l'amplitude croissante des vibrations. Pour la turbine qui nous occupe, l'arbre est *rigide*, c'est-à-dire que sa vitesse critique (environ 1 700 tours) est supérieure à sa vitesse normale de marche (1 255 tours). L'arbre de l'alternateur ayant une vitesse critique au moins aussi élevée que celui de la turbine, il n'y aura aucune région délicate à traverser, avant d'atteindre la vitesse de régime.

VI. — Garanties de consommation. Fonctionnement aux diverses puissances.

38. — Une des conditions essentielles à réaliser est d'avoir une machine capable d'une gamme assez étendue de puissances, sans que le rendement se trouve altéré d'une façon appréciable. La turbine est prévue pour une puissance variant de 2 500 à 15 000 kw, la puissance moyenne le plus souvent réalisée étant de 10 000 kw.

39. — *Marche à 10 000 kw.* — Dans les conditions normales de marche, c'est à-dire pour une pression de 14 kg absolus et un vide de 96 °/₀, la garantie de consommation prévue au marché est de 5 kg 950 par kilowatt-heure. La consommation totale sera donc en chiffres ronds de 60 000 kg à l'heure. Les sections des onze diaphragmes ont été prévues pour cette consommation.

L'injection dans la roue double est faite par 40 tuyères. Vingt d'entre elles, placées à la partie inférieure, débitent la vapeur à toutes les charges. Les vingt suivantes, symétriques des premières, par rapport à l'axe de la turbine, reçoivent la vapeur des quatre premières soupapes, à raison de cinq tuyères par soupape.

La roue double fournit une part importante de la charge, environ 2 400 kw. A la sortie de la roue double, la vapeur se répand dans la circonférence entière pour entrer dans les distributeurs du deuxième étage, où l'injection est totale.

Dans les conditions de marche normale, la quantité de chaleur disponible par kilogramme de vapeur, lue sur le diagramme entropique, est de 241 calories. Évaluons la consommation minimum de vapeur par kilowatt-heure, correspondant à ce nombre de calories.

1 kw-heure équivaut à $102 \times 3\,600$ kgm.

Le poids de vapeur nécessaire pour les produire sera donc théoriquement :

$$\frac{102 \times 3\,600}{427 \times 241} = 3\,\text{kg}\,57 \text{ par kw/heure.}$$

La consommation de 5,95 kg par kilowatt-heure correspond donc à un rendement global du groupe égal à :

$$\rho = \frac{3,57}{5,95} = 0,6.$$

En comptant un rendement de l'alternateur égal à 0,92, nous aurons comme rendement propre de la turbine :

$$\rho' = \frac{0,6}{0,92} = 0,653$$

évaluation modeste qui pourra, sans aucun doute, être largement dépassée.

40. — *Marche en surcharge de 10 000 à 15 000 kw.* — La marche à 15 000 kw correspond à huit soupages ouvertes. Le débit de vapeur sera de 90 000 kgh, qui seront injectés par 60 tuyères sur un arc de 3/4 de circonférence. La roue double travaille tout aussi correctement que dans la marche normale, le flux additionnel de vapeur trouvant un supplément de section justement approprié. Les onze diaphragmes, calculés pour un débit de vapeur de 60 000 kg, vont se trouver, semble-t-il, trop étroits pour le passage de 90 000 kg. Les 90 000 kg vont néanmoins passer, comme on s'en doute, car la section ne dépend pas uniquement du débit, mais encore de la vitesse de passage V et du poids spécifique γ. La pression remonte à la sortie de la dernière roue. Le vide descend à 94 °/₀, ce qui fait passer le poids spécifique de 0,03 à 0,043. Cette légère différence avec le vide normal, faisant varier très sensiblement l'encombrement de la vapeur, permet à la dernière roue d'assurer le débit en surcharge. Les pressions remontent ainsi dans les différents étages, de façon que toutes les sections assurent le nouveau débit. L'échappement de la roue double se fait maintenant à 6 kg au lieu de 4 kg. Cette élévation de pression porte le poids spécifique de la vapeur de 2 kg 17 à 3 kg 17; mais la chute devenant $\frac{14}{6}$ au lieu de $\frac{14}{4}$, la vitesse d'injection décroît de 725 m à 607 m. Donc, d'une part, la section de sortie des tuyères doit être réduite dans le rapport de $\frac{2,17}{3,17}$ pour tenir compte du moindre encombrement de la vapeur, et amplifiée dans le rapport de $\frac{725}{607}$ pour tenir compte de la diminution de vitesse. Tout compte fait, il s'ensuit une réduction de $\frac{1}{5}$. Bien entendu, la modification ne pourra pas porter sur les tuyères fonctionnant pour la puissance de 10 000 kw. Ces tuyères seront trop évasées, et il en résultera pour elles un petit déchet de rendement. Mais rien n'empêchera de construire correctement pour les marches à 11 250, 12 500, 13 750, 15 000 kw, les tuyères supplémentaires correspondant à ces diverses puissances.

Ces explications rendent compte du fait, qu'une turbine, dont les sections sont calibrées pour 10 000 kw, peut fonctionner à une puissance manifestement supérieure, grâce aux pertes suivantes :

1° Perte de 2 °/₀ environ sur le vide;

2° Perte due à l'imparfaite appropriation de toutes les tuyères aux nouvelles conditions de marche;

3° Pertes par frottement des disques dans la vapeur, s'accrois-

Digitized by Google

sant avec la plus grande valeur du poids spécifique de la vapeur en chaque point.

Cette analyse semblerait conclure à une plus grande consommation par kilowatt pour la marche en surcharge.

Pourtant, nous trouvons dans le contrat qui lie la Compagnie parisienne de distribution d'électricité aux divers constructeurs que la garantie par kilowatt-heure est toujours la même. Cela tient à ce que les résistances d'ordre mécanique, inévitables dans un appareil lourd tournant à grande vitesse, restent rigoureusement les mêmes aux deux régimes, puisqu'elles sont simplement fonction du poids de l'appareil et de la vitesse périphérique aux coussinets. Ce nouveau déchet, rapporté à une puissance supérieure, donne un pourcentage plus faible, et affecte beaucoup moins le chiffre de consommation rapporté à l'unité de puissance.

Il est donc naturel d'admettre que la turbine reste un instrument de qualité constante aux divers régimes entre 10 000 et 15 000 kw. L'importance de cette conclusion n'échappera à personne.

41. — *Marche en charge réduite de 5 000 à 10 000 kw.* — Jusqu'à 5 000 kw, l'arc d'injection de la roue double diminue par la fermeture graduelle des soupapes. L'utilisation des trop grandes sections des diaphragmes se fait par une dilatation plus grande de la vapeur. L'échappement de la roue double se fera à 2 kg; les tuyères deviennent trop courtes, et la détente se poursuivra sous forme d'explosion dans l'espace correspondant au jeu existant entre les tuyères et la roue. Les résistances passives se comptent sur une puissance plus faible, et affectent plus lourdement le rendement. Aussi le maximum de consommation par kilowatt imposé par le contrat remonte-t-il à 6 kg 7, pour 5 000 kw.

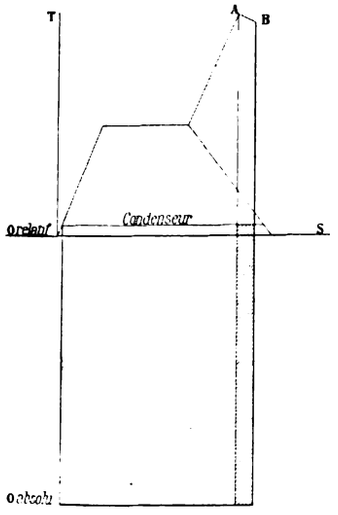


Fig. 13. — Diagramme entropique.

42. — *Marches inférieures à 5 000 kw.* — L'injection se fait par les vingt tuyères toujours ouvertes. Le réglage n'est plus effectué que par l'obturateur qui lamine la vapeur de manière à lui donner l'encombrement correspondant à l'arc de 20 tuyères.

La consommation va encore se ressentir de l'effet de ce laminage. Nous nous rendrons compte de l'effet de laminage par l'examen du diagramme entropique (fig. 13). Pendant le laminage, le point représentant l'état de la vapeur se déplace sur la courbe de chaleur constante passant par le point A et atteint par exemple la position B. La détente de la vapeur dans la turbine étant sensiblement adiabatique, on envoie en plus au condenseur toute la chaleur représentée par l'aire hachurée sur le diagramme. La consommation théorique va donc se trouver augmentée. D'autre part, les résistances passives affectent de plus en plus lourdement le rendement de la turbine. Aussi trouvons-nous dans le tableau des garanties 8 kg par kilowatt-heure pour la marche à 2 500 kw.

VII. — Construction de la turbine.

43. — *Fond admission.* — Cette pièce, du poids de 6 500 kg, est un chef-d'œuvre de moulage d'acier. La mise en place du noyau du tore avec huit soupapes de distribution, tel que le montre la figure 14, présente des difficultés inouïes de fonderie et de coulée pour un poids de cette importance. Le fondeur a parfaitement surmonté toutes les difficultés, puisque la pièce n'a présenté aucun défaut à la pression d'épreuve de 20 kg. Son usinage s'est fait très simplement sur un puissant tour vertical de 3m,200 de plateau.

44. — *Corps intermédiaire.* — Cette pièce en fonte, du poids de 7 300 kg, ayant la forme générale d'un tronc de cône, relie les fonds admission et échappement comme le montre la coupe longitudinale de la figure 4 (Pl. IV). Son exécution ne présentait aucune difficulté. Les logements des six diaphragmes (fig. 4) ont été creusés et vérifiés avec précision au moyen de jauges pliantes à bout micrométrique sur le même tour vertical de 3m,200 de plateau.

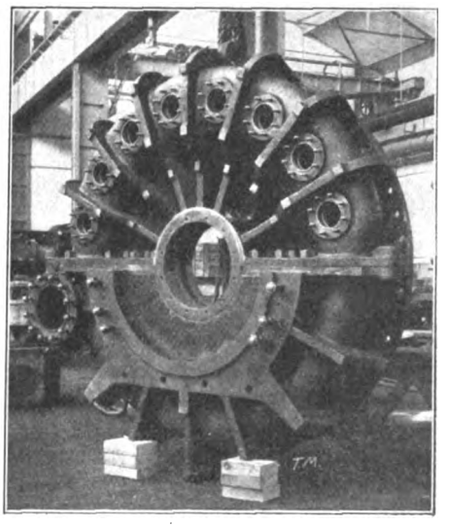


Fig. 14. — Fond admission, côté des soupapes.

45. — *Fond échappement.* — Cette pièce de fonte de 20 400 kg a des dimensions excédant de beaucoup les dimensions usuelles et des formes très arrondies ne permettant pas de songer à l'installer sur un tour en l'air ou vertical. La quantité de matière à enlever pour l'emplacement des six derniers diaphragmes (fig. 4) et du diffuseur à l'échappement (repère 8, fig. 4) était considérable, puisque le déchet d'usinage a allégé cette pièce de 1 750 kg.

L'usinage de cette pièce a exigé une puissante machine à aléser électrique, transportable, d'un diamètre de barre de 450 mm, installée sur des rehausses spéciales. L'ensemble du travail a donc eu lieu par alésage, ainsi que le montre la figure 16 qui représente le fond échappement placé sur la barre d'alésage.

46. — *Roues et aubages moteurs.* — Dans les turbines Rateau, en général, et dans la turbine de 10 000 kw, en particulier, le travail d'usinage le plus important comporte la fabrication des ailettes des roues mobiles, leur montage sur les roues et l'équilibrage de l'ensemble.

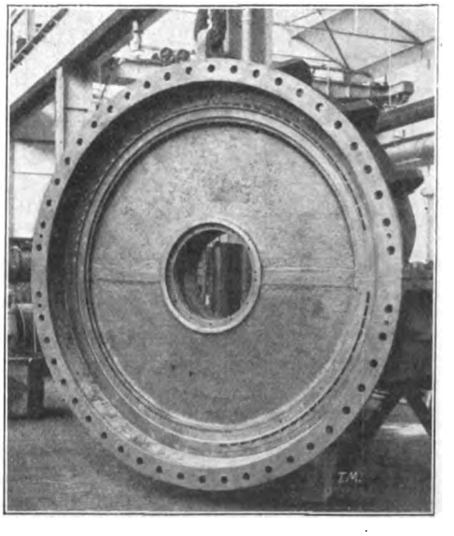


Fig. 15. — Fond admission, côté des tuyères.

Les plus grandes ailettes atteignent, dans les dernières roues, des dimensions peu ordinaires, soit 430 mm de hauteur totale, dont 350 utilisés pour le passage de la vapeur. Toutes ces grandes ailettes sont entièrement fraisées dans des barres d'acier au nickel spécial. La grande ailette dont il vient d'être question a perdu 85 °/₀ de son poids au cours des diverses phases de son usinage. Il faut donc que le travail d'usinage en série de ces pièces soit organisé avec méthode, pour obtenir un prix de revient admissible.

Digitized by Google

On remarquera que les ailettes les plus longues des dixième, onzième et douzième roues portent, au milieu de leur longueur utilisée par la vapeur, un talon-entretoise, réservé dans la matière, dans le but d'éviter les vibrations et les flexions latérales de ces ailettes sous l'action du jet de vapeur.

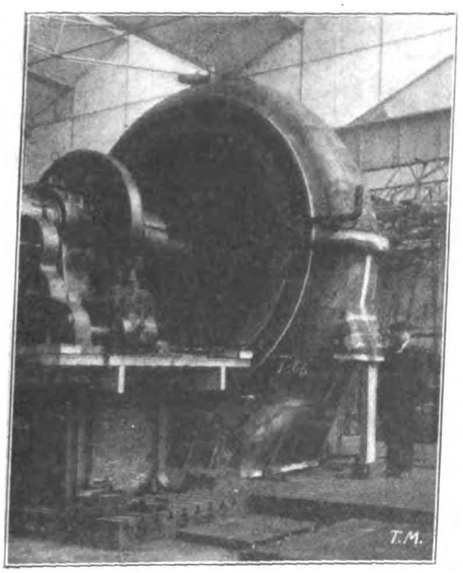


Fig. 16. — Vue du fond échappement monté sur la barre d'alésage.

Pour obtenir les ailettes, on part d'une barre d'acier au nickel, de section rectangulaire, qui est d'abord sciée de longueur, puis fraisée à largeur par un jeu de fraises à écartement fixe (fig. 8). L'opération suivante consiste à exécuter, avec des fraises à profil constant (fig. 17), les profils du dos et du creux qui doivent se juxtaposer aux talons de tête et de pied. Ensuite les ailettes juxtaposées par séries de vingt sont travaillées par un jeu de cinq fraises (fig. 19) formant la chape d'assemblage, la longueur exacte et le dégagement des faces. Enfin, un montage très particulier sur une machine à reproduire permet de dégager d'une seule passe la section d'aubage utilisée par la vapeur. Il ne reste plus alors, pour procéder au montage des ailettes, qu'à leur donner la conicité du talon nécessitée par leur forme en secteur de cercle.

Les ailettes sont assemblées sur les roues, percées ensemble et fixées par des goupilles rivées à la presse.

Les roues sont des disques d'acier forgé ayant suivi un traitement thermique, après la première ébauche, pour leur donner le maximum de résistance et de résilience. Elles sont

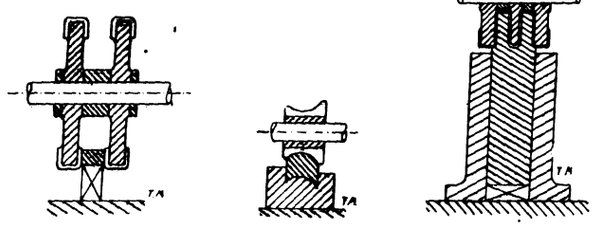


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Fig. 17, 18, 19. — Dessins figuratifs du travail des aubages à la fraise.

tournées sur des tours spéciaux; après le montage des ailettes, on les parachève en affleurant la tête des rivets sur les mêmes tours.

L'équilibrage de ces roues est ensuite réalisé avec le plus grand soin. A cet effet, une machine à équilibrer spéciale reçoit les roues centrées sur un mandrin dont les portées rectifiées reposent sur les deux disques de la machine. Ces disques qui sont eux-mêmes parfaitement équilibrés roulent sur des billes en quantité suffisante pour supporter de lourdes charges, tout en conservant une grande sensibilité de roulement.

Le balourd s'accuse ainsi très rapidement; un poids de 0 gr. 050 suffit pour entraîner nettement une roue pesant plus de 1 000 kg. Le balourd d'une roue est ainsi déterminé et équilibré tout d'abord grossièrement par des poids fixés en un point diamétralement opposé. On enlève ensuite par grattage ou par perçage le poids de métal voulu sur l'âme de la roue au droit du balourd. Cette opération nécessite plusieurs montages sur l'équilibreuse; mais on arrive à une très grande précision; 2 à 3 g sont seulement tolérés sur une roue de 1 000 kg environ. La figure 20 montre le montage des ailettes à la périphérie des roues.

47. — *Distributeurs et diaphragmes.* Les distributeurs sont constitués par des ailettes en acier demi-dur étiré à un profil déterminé pour chaque étage, soudées dans deux couronnes intérieure et extérieure en fonte. Ces distributeurs sont ainsi coulés par segments de 1/12 de circonférence, assemblés entre eux et tournés ensemble sur un montage.

Les couronnes ainsi composées sont alors ajustées et montées par des vis fraisées sur les corps des diaphragmes qui sont en acier moulé.

Cette méthode donne une grande facilité de fixation des ailettes dans la fonte.

48. — *Socles.* La turbine repose sur deux socles : sur le socle côté admission repose le palier avant de la turbine; sur le socle côté échappement reposent le fond échappement par deux pattes latérales et le palier double intermédiaire entre la turbine et l'alternateur.

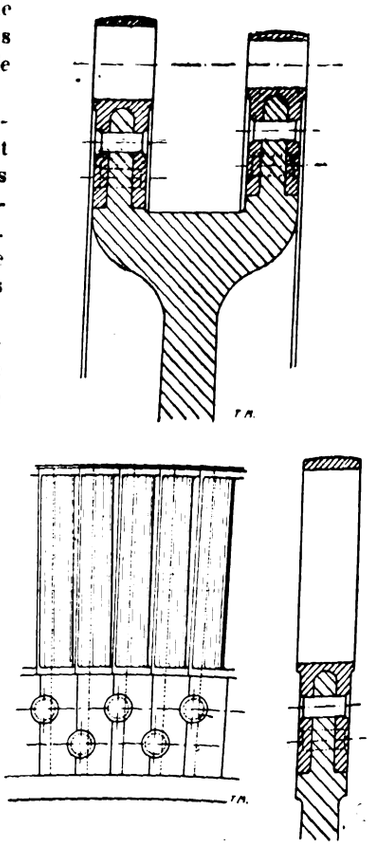


Fig. 20. — Montage des ailettes sur les roues.

Les effets de dilatation de la turbine pourraient amener un déplacement relatif des socles admission et échappement. Pour éviter ce déplacement, on a solidarisé les deux socles par de forts tubes entretoisés. Le palier double étant invariablement fixé à son socle, constitue le point fixe de la turbine. Au contraire, le palier admission peut librement glisser sur son socle sous l'effet de la dilatation.

Les deux socles, à leur intérieur, constituent deux vases communiquant reliés par un gros tuyau et pleins d'huile. C'est dans ces deux vases que vient se déverser l'huile de retour de graissage des coussinets, et qu'elle est de nouveau aspirée par les deux pompes. A chaque cycle, toute l'huile, avant son aspiration, traverse un filtre en toile métallique en mailles fines facilement visitable. Une glace placée au-dessus de ce filtre permet de se rendre compte du bon fonctionnement de graissage.

49. — *Démontage.* La disposition des diaphragmes en deux pièces permet un démontage facile de la turbine.

On desserre les boulons qui réunissent au joint horizontal les deux parties du stator. On fixe au stator supérieur les anneaux d'enlevage, et au stator inférieur les chandelles de guidage. Cela fait, le pont soulève tout le stator supérieur comprenant :

Le demi fond admission supérieur; le demi-corps intermédiaire supérieur; le demi-fond échappement supérieur; les demi-diaphragmes supérieurs; le rotor se trouve ainsi mis à nu, et enlevable après qu'on a retiré les chapeaux de paliers et demi-coussinets supérieurs et écarté les deux parties de l'accouplement.

C. Monteil,
Docteur ès Sciences,
Chargé du Cours de Mécanique appliquée à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

INFLUENCE DES DIMENSIONS PRINCIPALES ET DES FORMES DES CARÈNES SUR LES VITESSES RÉALISÉES PAR LES NAVIRES

Introduction.

Le problème de la détermination de la résistance opposée par l'eau à la marche des navires est un des problèmes les plus compliqués de la mécanique des fluides. Il n'a pu jusqu'ici, malgré les efforts répétés des théoriciens et des expérimentateurs, être résolu d'une manière générale vraiment satisfaisante.

Cependant, les résultats obtenus jusqu'à ce jour, aussi bien par la théorie que par l'expérience, sont loin d'être négligeables; nous sommes persuadé qu'en apportant de l'ordre et de la méthode, à la fois dans les expériences à faire et dans l'interprétation de leurs résultats, on arrivera sous peu à une solution du problème, amplement suffisante pour les applications pratiques.

La présente étude a pour but de résumer et de classer les principaux résultats obtenus jusqu'à ce jour, en indiquant ce qu'ont donné les différentes méthodes d'investigation essayées et ce qu'on peut en espérer. Nous montrerons que la théorie relativement moderne de la similitude mécanique appliquée aux essais de navire, qui a permis de déduire des essais de petits modèles les résistances de carène des navires eux-mêmes, peut fournir, par une extension rationnelle de ses principes, à la fois un critérium simple, permettant de chiffrer les qualités de formes des navires, et des formules pratiques, donnant, en fonction de la vitesse et des dimensions principales, une valeur de la résistance minimum réalisable. Nous ne prétendons pas avoir trouvé une solution définitive du problème; mais nous pensons que les règles et les formules, auxquelles nous avons abouti, sont susceptibles, telles qu'elles sont, d'applications pratiques très importantes et qu'elles peuvent conduire, au moyen d'expériences méthodiques, à la solution générale du problème posé.

L'ordre suivi dans la présente étude sera le suivant :

Résumé des principales théories de résistance des carènes;

Analyse théorique et décomposition de la résistance de carène (résistance de frottement et résistance résiduaire);

Exposé des lois de la résistance de frottement;

Etude de la résistance résiduaire et détermination des lois de ses variations;

Vérifications et conséquence des lois de variation de la résistance résiduaire (analyse des résultats d'essais de petits modèles et de navires effectués en France et à l'étranger);

Résumé et conclusions (règles relatives au tracé des carènes pour les différents types de navires).

Nota. — Nous ne parlerons qu'incidemment de la navigation sous-marine. Les règles et lois que nous donnerons ne s'appliqueront en aucune façon à la navigation en plongée des sous-marins.

I. — Résumé des principales théories de résistance des carènes.

A. Rappel des définitions de la puissance indiquée, de la puissance sur l'arbre, de la puissance utile de propulsion. Rapports moyens entre ces diverses puissances. — Une faible partie de la puissance calorifique du combustible employé (charbon ou pétrole ordinairement) est transmise à la machine, soit aux pistons moteurs dans le cas des machines alternatives, soit aux aubages des rotors dans le cas des turbines; elle est appelée *puissance indiquée*.

Une fraction de la puissance indiquée, appelée *puissance sur l'arbre*, est transmise au propulseur.

Le propulseur, constitué en général par une ou plusieurs hélices, produit une *poussée*, à laquelle correspond *la puissance utile de propulsion*. (Si P est la poussée en kilogrammes et V la vitesse du navire en mètres à la seconde, la puissance utile de propulsion est égale en chevaux à $\frac{PV}{75}$).

Si on désigne par F_i la puissance indiquée, F_a la puissance sur l'arbre, F_u la puissance utile, on peut admettre pour valeurs moyennes des rapports de ces puissances, dans le cas de bonnes machines et de bonnes hélices, les valeurs suivantes :

$\frac{F_a}{F_i}$, égal à 0,75 pour les faibles allures, atteint 0,85 pour la puissance maximum(1).

$\frac{F_u}{F_a}$, égal à 0,75 pour les puissances moyennes, tombe à 0,65 pour la puissance maximum.

Au total, le rapport $\frac{F_u}{F_i}$ reste assez voisin de 0,55 aux diverses allures (sauf aux très faibles puissances, pour lesquelles il est inférieur à cette valeur). Néanmoins, il est prudent de ne compter que sur une valeur de 0,50 environ, lorsqu'on établit un avant-projet de navire.

Pendant longtemps, il a été impossible de connaître la puissance utile, laquelle dépend, comme l'ont montré de nombreux essais, non seulement des caractéristiques du navire, mais encore des formes de sa carène. On ne connaissait que la puissance indiquée; il était par suite impossible d'attribuer avec certitude, soit aux machines, soit aux hélices, soit à la coque, les bons ou mauvais résultats d'un navire par rapport à ceux de bâtiments similaires.

Actuellement, au contraire, on peut admettre que les résultats d'essais de petits modèles déterminent d'une façon très approchée les valeurs de la puissance utile aux différentes vitesses. On devrait donc pouvoir déduire des résultats d'essais des bâtiments, soit le rapport $\frac{F_u}{F_i}$ (cas des machines alternatives), soit le rapport $\frac{F_u}{F_a}$ (cas des turbines en supposant mesurée la puissance sur l'arbre) et, par suite, obtenir des renseignements intéressants sur les rendements des machines et des hélices. Malheureusement, les résultats d'essais à la mer sont entachés de trop d'erreurs accidentelles, dues à des causes diverses, pour qu'il soit possible d'en déduire des renseignements suffisamment précis sur les rendements des machines et des hélices et, d'autre part, la mesure de la puissance sur l'arbre est fort aléatoire.

B. Formules d'utilisation usuelles. Formule d'Alfonasieff. — Lorsqu'il n'était possible de déterminer que les puis-

(1) Ce rapport varie en moyenne de 0,80 à 0.90, si l'on ne compte pas, dans la puissance indiquée, la puissance des machines de servitude (pompes à air, turbines de circulation).

Digitized by Google

sances indiquées aux différentes vitesses, il était logique de chercher des formules, à coefficients aussi constants que possible, permettant de relier la vitesse à la puissance indiquée et aux dimensions principales des navires. Les formules, dites d'utilisation, les plus connues sont les suivantes :

$$V = M\sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}, \qquad V = M'\sqrt[3]{\frac{F}{\Sigma^2}}, \qquad V = M''\sqrt[3]{\frac{F}{P^{2/3}}}\ (1),$$

dans lesquelles V désigne la vitesse en nœuds, F la puissance indiquée eu chevaux, B^2 la surface immergée du maître couple en mètres carrés, Σ^2 la surface mouillée de la carène en mètres carrés, P le déplacement en tonneaux. M, M′ et M″ sont appelés coefficients d'utilisation.

Ces formules se déduisent respectivement de formules simples relatives à la résistance à l'avancement, d'un plan mince déplacé normalement, d'un plan mince déplacé tangentiellement, d'un solide de forme géométrique déterminée, à savoir :

$$R = KB^2V^3. \qquad R = K'\Sigma^2V^3. \qquad R = K''P^{2/3}V^3$$

dans lesquelles R représente la résistance à l'avancement, B^2 la surface du plan mince déplacé normalement, Σ^2 la surface mouillée du plan mince déplacé tangentiellement et P le déplacement du solide de forme géométrique choisi comme terme de comparaison.

L'emploi des formules d'utilisation serait commode si les coefficients M, M′, M″ étaient peu variables. Or, ces coefficients varient, non seulement avec les dimensions et avec les types des navires, mais encore, pour un même navire, quand la vitesse change. De plus, ce qui est beaucoup plus grave, une modification faite à un bâtiment peut produire une augmentation ou une diminution de vitesse, alors que la formule d'utilisation, en conservant la même valeur du coefficient, accuserait une variation de sens inverse.

Actuellement, étant donné qu'on connaît, par des expériences de petits modèles, les puissances utiles, on pourrait chercher à employer les formules d'utilisation, en substituant à la puissance indiquée la puissance utile. Les variations des coefficients M, M′, M″ resteraient tout aussi désordonnées.

Formule d'Alfonasieff. — Alors que les formules d'utilisation précédemment indiquées sont déduites de considérations théoriques, celle d'Alfonasieff, entièrement empirique, est déduite des résultats de nombreux essais à grande vitesse de bâtiments de fort tonnage. Plus compliquée que les formules d'utilisation usuelles, elle cadre généralement assez bien avec les résultats d'essais, mais elle s'en écarte parfois assez notablement, car elle ne fait intervenir nullement les formes de la carène, dont l'importance est très considérable.

La formule d'Alfonasieff est la suivante :

$$F = \left(\frac{V}{U}\right)^{10/3} \times 1\,000 \text{ avec } U = \left(\frac{L}{l}\right)^{1,10} \frac{L^{1,10}}{P^{2/3}} \cdot A,$$

dans laquelle F est la puissance en chevaux, V la vitesse en nœuds, L la longueur, l la largeur, P le déplacement du navire et A un coefficient égal à 27 pour les carènes peintes et à 28 pour les carènes doublées en cuivre neuf.

C. Étude de l'amiral Fournier sur la vitesse des navires. Discussion de l'étude. — L'amiral Fournier a publié récemment une étude fort intéressante, intitulée : Vitesse des navires. L'auteur cherche à déterminer, en fonction de la vitesse et des caractéristiques d'un navire (surface mouillée de la carène, acuité des lignes d'eau avant de la carène), les lois de variations de la résistance totale de carène. Il aboutit aux conclusions suivantes :

1° En navigation sous-marine, la résistanee de carène R peut être représentée par :

$$R = \frac{\rho}{2g} n K \Sigma^2 V^3$$

dans laquelle ρ est le poids de 1 m³ du liquide, $g = 9{,}81$, Σ^2 est la surface mouillée en mètres carrés et V la vitesse en mètres à la seconde.

K est un coefficient de frottement variant de 0,0028 (doublage en cuivre) à 0,0037 (fer peint); n est donné par la formule $\log n = \left(\frac{\pi}{2} - 1\right) \sin^{1/3} I_m$ (I_m désignant l'angle d'attaque maximum des lignes d'eau de la carène) ;

2° En navigation à la surface, l'influence des vagues modifie les lois de la résistance de carène. La modification est favorable en dessous d'une vitesse critique W, nulle pour cette vitesse, favorable ou défavorable au delà suivant que le coefficient n, précédemment défini, est inférieur ou supérieur à 1,93.

L'amiral donne tous les renseignements nécessaires pour le tracé des courbes de résistance. Des courbes de vérification et d'application sont jointes à l'étude.

Discussion de l'étude. — L'étude de l'amiral aboutit, en somme, à la détermination des variations du coefficient d'utilisation M′ de la formule $V = M'\sqrt[3]{\frac{F}{\Sigma^2}}$, en remplaçant la puissance indiquée par la puissance utile.

1° En navigation sous-marine, M′ serait constant et d'autant plus grand que la carène est plus fine à l'avant. La constance de M′ pourrait être vérifiée d'après les résultats d'essais en plongée de modèles de sous-marins; nous ne possédons les résultats d'essais que d'un seul sous-marin, résultats accusant des variations sensibles de M′. La loi de dépendance du coefficient M′ de l'acuité de l'avant nous paraît discutable, l'expérience des torpilles, les formes des poissons semblant indiquer nettement que l'acuité arrière est plus importante que l'acuité avant en navigation sous-marine.

2° En navigation de surface M′, accuserait des variations qu'on déduirait aisément des courbes données par l'amiral. Ces variations rendent bien compte, au point de vue qualitatif, de l'influence des vagues. Au point de vue quantitatif, il ne nous semble pas que l'accord soit aussi satisfaisant. Cela doit tenir surtout au fait que l'acuité avant ne définit pas suffisamment les qualités de formes des navires.

Les courbes de vérification montrent un bon accord de la théorie avec l'expérience. Toutefois, pour l'*Edgar-Quinet* et le *Boutefeu*, elles accusent, pour les vitesses dites critiques, des résistances supérieures de 20 à 30 % environ à celles qui ont été relevées au bassin d'essai des carènes.

Les courbes d'application conduisent parfois à des chiffres de rendements, machine et hélices réunies, plus élevés que le maximum pratiquement réalisable (ce rendement atteindrait 0,911 pour le *Césarévitch*); ce qui permet de conclure que, dans ces cas, la résistance réelle est plus faible que ne l'indiquent les courbes de l'auteur. En fait, l'accord moyen de la théorie et de l'expérience semblent satisfaisant surtout pour les navires dont les formes sont de qualité moyenne; pour les navires bien tracés, la théorie conduit à des résistances sensiblement plus élevées que la réalité.

En résumé, l'étude de l'amiral Fournier, malgré l'intérêt qu'elle présente au point de vue théorique et la représentation qualitative remarquable des phénomènes qu'elle fournit, ne conduit pas, au point de vue quantitatif, à une approximation telle qu'on puisse la considérer comme résolvant d'une façon définitive le problème de la détermination des résistances de carène.

Nous verrons ultérieurement que la résistance de carène com-

(1) La première de ces formules a été souvent employée en France, la dernière en Angleterre.

Digitized by Google

prend deux parties (résistance de frottement et résistance résiduaire) dont les lois sont très différentes. Aussi pensons-nous que les méthodes basées sur l'étude globale de la résistance ne peuvent aboutir à des résultats sensiblement plus approchés que ceux qu'a donnés l'amiral.

D. Etudes sur les vagues. — Il sort du cadre de la présente étude de donner le détail des nombreux travaux qui ont été publiés sur les mouvements ondulatoires de l'eau. Nous renvoyons à ce sujet aux ouvrages suivants :

Cours de théorie du navire de l'École d'application du Génie maritime, par MM. Pollard et Dudebout, actuellement inspecteur général et directeur du Génie maritime.

Conférences sur la propulsion des navires faites à l'École supérieure de Marine (1), par M. de Courville, ingénieur en chef de la Marine.

Les études sur les vagues présentent un intérêt considérable. En particulier, elles ont conduit aux lois de la similitude mécanique et ont, par suite, rendu possibles les expériences si fécondes de petits modèles.

II. — Analyse théorique et décomposition de la résistance de carène.

A. Résistance de la carène sans appendices, avec appendices, succion. Rapports moyens entre ces diverses résistances. — La poussée P produite par le propulseur est égale et directement opposée à la résistance R_t de la carène. Si F_u est la puissance utile en chevaux et V la vitesse en mètres à la seconde du navire, on a :

$$R_t = P = \frac{75 F_u}{V}.$$

On peut décomposer la résistance totale R_t de la carène en trois résistances :

R_c, résistance de la carène supposée privée de ses appendices et de son propulseur et remorquée;

R_a, résistance supplémentaire due aux appendices;

R'_s, résistance supplémentaire due à l'influence du propulseur sur la carène (succion).

On a donc :

$$R_t = R_c + R_a + R_s$$

ou encore :

$$R_t = R_c(1 + \alpha + \beta)$$

en posant :

$$R_a = \alpha R_c \text{ et } R_s = \beta R_c.$$

α et β sont, en général, assez petits et peuvent être considérés comme sensiblement constants quand la vitesse varie. α dépend du développement des appendices (quilles de roulis et d'échouage, supports d'arbres, arbres, gouvernail); β dépend de la position et de la grandeur des hélices, ainsi que de l'affinement de la carène à l'arrière du navire.

Les valeurs de α et β peuvent se déterminer par des essais de petits modèles. α peut varier de 0,10 (bâtiments à appendices assez réduits) à 0,20 (bâtiments à appendices très développés); β peut varier de 0,06 à 0,18 pour des bâtiments de finesse modérée et descendre à 0,02 pour des bâtiments très fins, tels que les torpilleurs (2). (Résultats d'essais effectués en Italie.) A défaut de résultats de bassin d'essai, on peut estimer en général que $\alpha + \beta = 0{,}20$, soit $R_t = 1{,}20\ R_c$.

La résistance de carène nue, R_c, est la plus intéressante à étudier, car elle dépend directement des dimensions principales et des formes de la carène.

La connaissance des valeurs des résistances supplémentaires est utile également, bien qu'on n'ait pas le plus souvent la faculté de les diminuer, le développement des appendices et la position des hélices étant d'ordinaire imposés. Toutefois, lorsqu'on le peut, il faut chercher à diminuer autant que possible ces résistances supplémentaires. On a constaté que le remplacement de supports d'arbres porte-hélices par un arrière en croix permet de réaliser un gain important. (Dans certains cas, près de 10 °/₀ de la résistance totale, d'après des expériences effectuées à Bremerhaven.) Les quilles de roulis doivent être aussi peu étendues en longueur qu'il est possible (1/3 de la longueur du navire au maximum, d'après des expériences effectuées à Bremerhaven en 1902) et tracées de façon à éviter tout choc d'eau à leur contact.

B. Décomposition de la résistance de carène sans appendices en résistance de frottement et en résistance résiduaire. — La résistance de carène R_c peut être décomposée en plusieurs éléments.

Considérons un élément s de la surface de la carène d'un navire en marche (fig. 1).

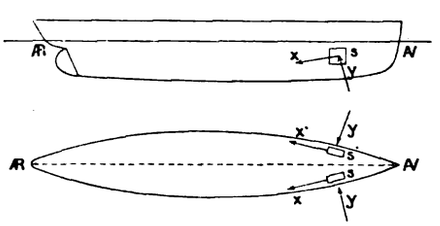


Fig. 1. — Action de l'eau sur une carène de navire.

L'action de l'eau peut être considérée comme la résultante d'une pression égale à la pression hydrostatique au repos et d'une action, de composantes X, tangentielle à l'élément et Y normale à cet élément, causée par le mouvement du liquide.

Les pressions égales en chaque point à la poussée hydrostatique au repos ont pour résultante une force verticale égale, et directement opposée au poids du navire, force qui n'a pas d'action sur la marche.

En faisant correspondre à l'élément s l'élément de la carène s, symétrique par rapport au plan de symétrie du navire, on voit que les deux actions tangentielles X et X' (dues au frottement du liquide sur la carène) ont une composante horizontale f dirigée de l'AV vers l'AR du navire; de même les deux actions normales Y et Y' ont une résultante horizontale dirigée soit de l'AV vers l'AR soit en sens inverse. Les forces X, X', Y, Y' déterminent d'autre part une résistance verticale dirigée vers le haut ou vers le bas h.

En sommant pour tous les éléments de la carène, on obtient au total les forces suivantes :

$R_f = \Sigma f$, résistance horizontale due au frottement;

$R_r = \Sigma r$, résistance dite résiduaire (résidu de la résistance totale quand on a enlevé la résistance de frottement);

$H = \Sigma h$, poussée verticale de déjaugeage, ordinairement dirigée de bas en haut;

$M = \Sigma M' h$, moment de déjaugeage, qui a ordinairement pour effet de faire émerger l'avant du navire.

La somme $R_f + R_r = R$, résistance totale de la carène. Cette résistance est équilibrée suivant les cas par un effort de traction (remorquage), par la poussée du propulseur, par l'action du vent sur des voiles.

Remarques. — 1° Aux résistances R_f et R_r il conviendrait d'ajouter la résistance due à l'action de l'air sur la partie émergeante de la carène (action faible pour les gros bâtiments par vent faible ou moyen, action très importante pour les canots

(1) Nous tenons à signaler que c'est la lecture de ces conférences qui nous a donné l'idée des recherches qui ont abouti à la présente étude.

(2) Lorsqu'il y a succion importante, l'eau qui arrive aux hélices est entraînée par la coque. Il en résulte, en général, une augmentation notable du rendement des hélices, augmentation qui atténue beaucoup la perte due à la succion.

Digitized by Google

automobiles à grande vitesse). La résistance de la carène peut encore, dans certains cas, être majorée par l'action des vagues (choc des vagues, roulis, tangage) ou modifiée dans le cas de navigation par petits fonds ou dans un canal étroit.

2° Lorsque le navire ne présente pas de plan de symétrie (navire à la bande, navire à voiles), il existe une résultante normale au plan longitudinal du navire qui produit la dérive.

C. Similitude mécanique. Expériences de petits modèles. — M. l'ingénieur en chef de la marine Marbec (1) a fait un exposé complet des lois de la similitude mécanique. Ces lois se résument, dans le cas qui nous intéresse, en l'énoncé suivant :

Pour deux carènes géométriquement semblables, dans le rapport λ, *remorquées dans le même liquide, à des vitesses dans le rapport* $\sqrt{\lambda}$, *les résistances résiduaires sont dans le rapport* λ^3.

La loi précédente ne peut être appliquée à la résistance totale de carène, mais seulement à la résistance résiduaire, car la résistance de frottement n'obéit pas aux lois de la similitude mécanique; nous verrons ultérieurement comment on la calcule.

La méthode des petits modèles découle immédiatement de la loi précédente. Soient :

$$R_c = R_f + R_r \qquad \text{et} \qquad R'_c = R'_f + R'_r$$

les résistances de carène du navire et de son petit modèle. Nous verrons qu'on peut calculer directement R_f et R'_f. On mesure R'_c par une expérience directe sur le modèle, ce qui donne R'_r et, en appliquant la loi de similitude, on obtient R_r. On connaît ainsi R_c.

De nombreuses expériences ont permis de vérifier que la loi de similitude peut être considérée comme exacte.

Remarque. — Divers auteurs, et en particulier M. Risbec (1), ont décomposé la résistance résiduaire en divers éléments, à savoir :

Résistance directe, due à l'écartement des molécules liquides à l'avant et à la création d'un vide à l'arrière;

Résistance de remous, provenant des aspérités et des appendices de la coque;

Résistance due aux vagues (vagues divergentes et vagues transversales).

Cette décomposition est purement conventionnelle, car il est impossible de considérer une résistance spéciale due à la formation des vagues; celles-ci ne sont qu'une manifestation extérieure des effets produits dans la masse liquide par l'ensemble du travail de propulsion. D'après la théorie de l'amiral Fournier, la présence des vagues serait, en général, une cause de diminution et non d'augmentation de la résistance de carène.

L'étude des vagues a été très utile, comme nous l'avons déjà signalé, puisqu'elle a contribué à la découverte des lois de similitude; mais, actuellement, elle paraît avoir moins d'importance; car les résultats d'essais de petits modèles, qui permettent de déterminer la résistance résiduaire, ne séparent pas la résistance directe de celle due aux vagues.

III. — Exposé des lois de la résistance de frottement.

A. Lois du frottement. — On a admis pendant longtemps que la résistance de frottement pouvait être représentée par $R = K\Sigma^a V^b$ (Σ^a surface mouillée, V vitesse de translation).

Les lois exactes du frottement ont été déterminées par W. Froude en remorquant, à différentes vitesses, des panneaux minces enduits ou doublés de substances variées (2).

Pour les surfaces vernies et la paraffine, Froude donne comme valeur de la résistance de frottement :

$$R \text{ en kg} = O.L^{0,0875}\left(\frac{1\pi}{g}\right)^{0,9125}\Sigma^a V^{1,525},$$

formule dans laquelle L représente la longueur en mètres, Σ^a la

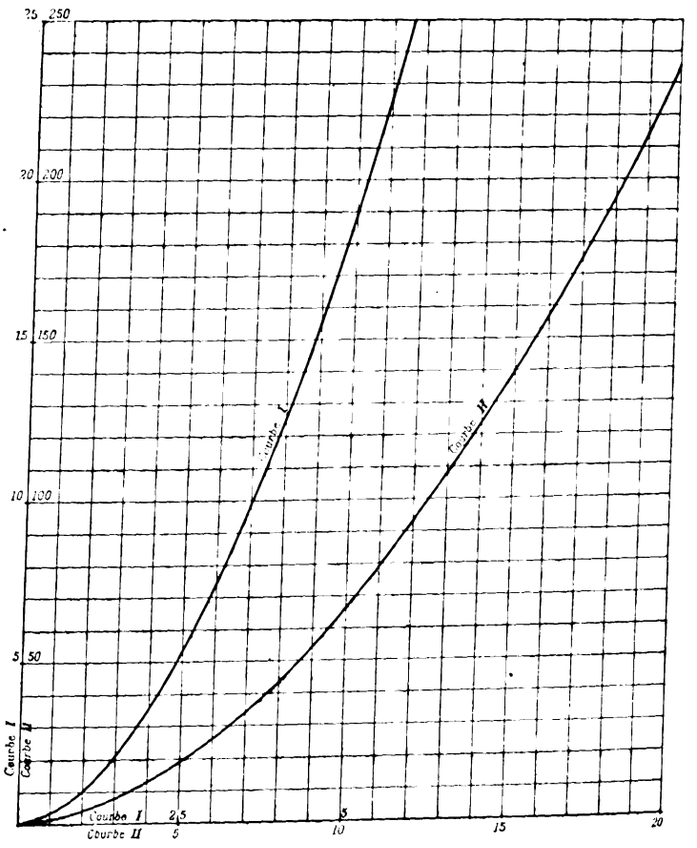


Fig. 2. — Valeurs de $V^{1,525}$ en fonction de V.

surface en mètres carrés, V la vitesse en mètres par seconde, et O un coefficient variable dépendant de L.

La formule donnée par Froude peut encore s'écrire :

$$R = \varphi\Sigma^a V^{1,825}.$$

Nous avons calculé le coefficient

$$\varphi = OL^{0,0875}\left(\frac{1\pi}{g}\right)^{0,9125},$$

d'après les valeurs de O données par Froude, et nous avons abouti, pour le représenter, à la formule très simple :

$$\varphi = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + L}.$$

Le tableau suivant montre que cette formule cadre très bien avec les expériences de Froude.

VALEURS de L en mètres	VALEURS de φ d'après les valeurs de O données par Froude	VALEURS de φ d'après la formule précédente
2,5	0,1890	0,1890
3	0,1849	0,1847
4	0,1787	0,1778
5	0,1727	0,1727
10	0,1596	0,1597
20	0,1510	0,1506
50	0,1442	0,1441
100	0,1421	0,1417
150	0,1407	0,1409
200	0,1391	0,1404

(1) Pollard et Durdebout. *Théorie du navire.*

(2) Formules relatives au travail résistant, *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1894.

(3) *Mémorial du Génie maritime*, 2e livraison de 1875 et 4e livraison de 1889.

Digitized by Google

La valeur de O n'a été déterminée par Froude que pour $L \leq 15$ m environ. La loi de variation du coefficient φ justifie l'extrapolation qu'il a faite au delà de cette longueur. On trouve, en outre, une vérification de la loi du frottement dans l'analyse des essais à faible vitesse des grands bâtiments (à faible vitesse, la résistance de frottement est prépondérante par rapport à la résistance résiduaire).

Citons pour mémoire que M. Risbec (1), analysant des expériences effectuées par Tidermann, avait déterminé une loi de variation de la résistance de frottement beaucoup plus compliquée que la loi donnée ci-dessus.

Les courbes qui précèdent (fig. 2) donnent les valeurs de $V^{1,825}$ en fonction de V, ce qui facilite le calcul des résistances de frottement.

B. Variations du coefficient de frottement avec la nature et l'état de la surface. — La valeur du coefficient de frottement varie avec la nature de la surface de la carène, les valeurs de φ que nous avons données ne s'appliquant rigoureusement qu'aux surfaces vernissées et à la paraffine. Pour les modèles recouverts de papier d'étain, Froude a trouvé, pour le frottement, une loi un peu différente de celle des surfaces vernissées; toutefois, les valeurs des résistances de frottement sont assez voisines.

Pour les bâtiments doublés en cuivre, le frottement est à peu près le même que pour les surfaces vernissées. Pour les navires recouverts d'une peinture mate, comme le vert de Schweinfurth, on peut admettre une majoration de 10 °/₀ du coefficient de frottement.

Le coefficient de frottement dépend, en outre, et dans de très grandes proportions, de l'état de propreté de la carène. Ainsi, on a trouvé en Angleterre que, pour une carène recouverte d'herbes et de coquillages, le coefficient de frottement pouvait atteindre sept fois la valeur de ce qu'il était pour la carène propre. En Amérique (Hichborn, 1890), on a trouvé les variations suivantes du coefficient de frottement :

Carène propre	1
Carène modérément sale	1,9
Carène recouverte de coquillages	5,4

Etant donné les variations considérables du coefficient de frottement avec l'état de la carène des navires, il importe, lorsqu'on compare des résultats d'essais de bâtiments, de tenir compte de l'état de la carène au moment des essais (en particulier, du temps de séjour à flot après passage au bassin). Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

C. Calcul de la résistance de frottement. Surface de frottement de la carène. — La résistance de frottement étant égale à $R_f = \varphi \Sigma^2 v^{1,825}$, il faut, pour avoir sa valeur, connaître Σ^2, surface mouillée.

On remplace souvent la surface mouillée par la surface réduite, qu'on définit ainsi :

La surface réduite est le produit de la distance entre couples par la somme des longueurs développées des couples.

La surface réduite est une valeur approchée par défaut de la surface mouillée. Elle en diffère d'ordinaire assez peu et peut se mesurer très aisément sur le vertical d'un plan des formes (à l'aide d'un curvimètre ou d'un bout de ficelle).

On peut justifier la substitution de la surface réduite à la surface mouillée, par le fait que ce ne sont pas les forces de frottement élémentaires qui donnent, par leur somme, la résistance de frottement, mais les projections de ces forces sur le plan longitudinal. Cette justification serait rigoureuse si l'on admettait que la vitesse de l'eau le long de la carène est sensiblement égale à ce qu'elle serait le long d'un plan mince de même longueur que le navire et remorqué à la même vitesse.

En réalité, il n'en est pas exactement ainsi. Par suite de l'action des formes de la carène, la vitesse subit des variations de grandeur et de direction qui modifient le frottement. Ces différences de vitesse étant dues aux formes mêmes du navire, on est toutefois fondé à faire rentrer les petites variations de frottement correspondantes dans la résistance résiduaire. Mais, lorsqu'on déduit de la résistance résiduaire d'un petit modèle celle du navire, il en résulte une légère erreur, car la fraction de résistance de frottement, qu'on a fait ainsi rentrer dans la résistance résiduaire, ne suit pas exactement la loi de similitude. Si l'on admet, d'une part, que le frottement est un peu plus grand sur une carène que sur le plan mince de même surface remorqué à la même vitesse et, d'autre part, que, pour le navire et son modèle, les vitesses aux points correspondants sont dans le même rapport que les vitesses de translation, il en résulte que la résistance du navire, calculée d'après son petit modèle, sera légèrement supérieure à la réalité. L'écart toutefois paraît pouvoir être négligé.

(*A suivre.*)

L. Le Besnerais,
Ingénieur de la Marine.

(1) *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1894.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

LES NOUVEAUX MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

LA CONSTRUCTION DE MAISONS PAR MOULAGE

Un des problèmes qui sollicitent l'attention de tous les constructeurs est de mettre à la disposition des industriels et des travailleurs, des bâtiments légers et de petites habitations dont la construction soit rapide et économique.

On a souvent fait une regrettable confusion entre la *maison économique* et la maison à bon marché. La première, en raison des matériaux employés ou des méthodes de construction adoptées, remplira toutes les conditions d'hygiène, de salubrité et de solidité requises en coûtant aussi peu qu'il est matériellement possible. Dans la *maison à bon marché*, on obtient une diminution de prix de revient en sacrifiant la qualité des matériaux ou en ne se préoccupant pas suffisamment des lois de la stabilité.

La solution du problème de la maison ouvrière exige l'adoption de méthodes nouvelles, dans lesquelles les anciennes théories du bâtiment ne joueront plus qu'un rôle très effacé, et parmi ces méthodes, nous en présentons aujourd'hui une qui mérite qu'on s'y arrête assez longuement.

A la suite d'expériences faites aux Etats-Unis et plus tard en Hollande, MM. Harms et Small ont eu l'idée de mettre en pratique une théorie d'Edison, le génie américain, qui prétendait

Digitized by Google

qu'il était possible de mouler des maisons de moyenne importance et qu'on devait en tirer d'assez sérieux avantages. Cette théorie pouvait devenir une réalité à la condition de trouver un moyen vraiment pratique de la réaliser et voici comment ces ingénieurs ont imaginé la solution dans une maison type qui vient d'être construite sur les terrains de M. Nozal, à la Plaine-Saint-Denis (1).

Moules. — Les moules sont constitués par des plaques en fonte exactement rabotées sur leurs côtés et s'ajustant avec la

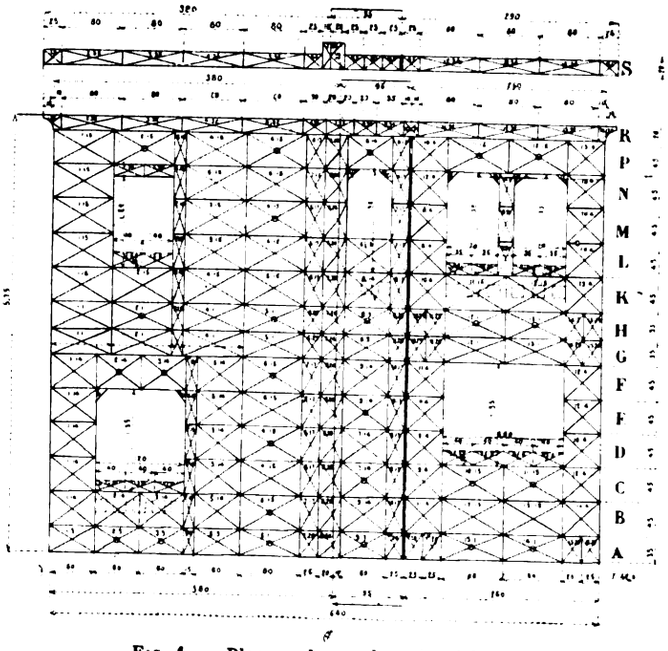


Fig. 1. — Plaques de moulage (extérieur).

plus grande précision les unes contre les autres. Chaque plaque est évidée pour en diminuer le poids et la rendre facilement transportable par un ouvrier. On constitue une série de ces plaques de dimensions variables pour pouvoir satisfaire à tous les besoins de la construction, et chaque série porte un numéro qui sera une indication très précise de la plaque qui convient à chacune des parties de la maison.

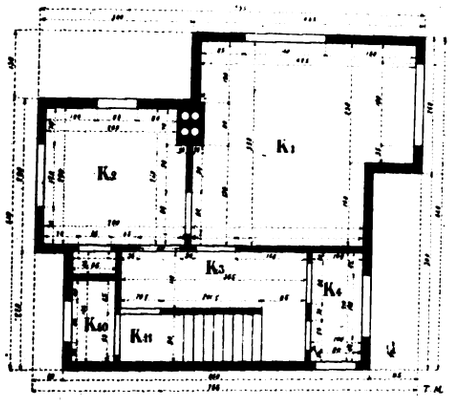


Fig. 2. — Plan d'une maison moulée.

Le moulage d'une maison comporte deux jeux de plaques, l'un pour la façade extérieure (fig. 1), et l'autre pour les parois intérieures; quelques-unes sont percées au milieu d'un trou par lequel on fait passer le boulon à deux écrous et qui porte une double embase dont la distance représente l'épaisseur qu'on veut donner à la paroi.

Les plaques sont montées par rangées horizontales en les numérotant successivement, ainsi qu'on le voit sur la figure 1 sur laquelle les premiers chiffres sont l'indication de la place que doit occuper la plaque dans sa rangée et les seconds sont leur numéro de série, qui en indiquent les dimensions. Comme on le voit, toutes les plaques ont une hauteur uniforme de 20, 35 ou 45 cm, suivant la hauteur de l'assise et c'est cette régularité qui en facilite le montage avec une certaine rapidité. La figure 2 donne le plan d'une maison ainsi moulée.

Béton. — Le béton est constitué par un mélange de ciment à prise lente, de sable de rivière assez fin et de gravillon de la grosseur connue dans le bâtiment sous le nom de « mignonnette », dans la proportion de 1:2:3, c'est-à-dire que pour un volume de ciment, on ajoute deux volumes de sable et trois volumes de gravillon. Le ciment employé pour cette expérience était de la marque Demarle-Lonquéty. La proportion indiquée précédemment correspond à 320 kg de ciment, 510 litres de sable et 775 litres de gravillon par mètre cube de béton mis en œuvre.

Le béton est malaxé dans une bétonnière mécanique rotative, en introduisant dans le mélange 120 et même parfois 175 °/₀ du volume de ciment en eau de gâchage, de façon à obtenir une bouillie extrêmement liquide qui puisse s'introduire facilement dans toutes les parties vides du moule. Il semble que du béton aussi peu consistant ne pourrait être coulé sans que les parties qui le composent se séparent et se déposent suivant leur densité propre au fond du moule, de telle sorte que tout le fond ne pourrait comporter que du gravillon, tandis que les deux autres éléments devraient nager à la surface et on pourrait craindre un manque d'homogénéité qui détruirait complètement la valeur du procédé. Pour parer à cet inconvénient, MM. Harms et Small introduisent dans le mélange une matière colloïdale, qui est du reste la base de leur brevet, et qui a pour effet de maintenir toutes les parties de la pâte en suspens et de leur donner une viscosité qui facilite leur passage dans les vides même les plus petits, tout en augmentant, dans une certaine mesure, la rapidité de la prise.

Sortant de la bétonnière, le béton, convenablement malaxé, tombe dans un bac placé au-dessous et coule par des conduits dans une benne qui l'élève automatiquement au point où doit se faire la coulée. Le rendement de la bétonnière doit être calculé pour qu'il n'y ait pas d'arrêt dans le coulage, de sorte que la quantité qui sera introduite dans l'appareil sera telle que lorsque la dernière benne sera remplie avec le béton d'une fournée, la fournée suivante puisse être versée dans la conduite. La machine qui était installée aux expériences de Saint-Denis pouvait mélanger d'une seule fois 600 litres de béton de la proportion indiquée.

Coulage. — Lorsque le béton convenablement mélangé est amené par la benne au sommet de la maison, il est versé directement dans l'espace vide laissé entre les deux plaques au moyen d'un petit canal en tôle et il n'est versé qu'en un seul point, un angle généralement. Il tombe directement au fond du moule et par sa propre fluidité, il s'écoule dans tous les interstices qu'il remplit aussi exactement que s'il y était déposé à la main.

Dans l'expérience de Saint-Denis, le coulage a demandé exactement six heures : commencé à neuf heures du matin, il était terminé à quatre heures et demie du soir, avec un arrêt de une heure et demie pour le repas de midi; c'est donc dire que le temps nécessaire à la construction serait de huit jours pour le montage des moules, deux jours pour la prise, y compris le temps pris par le coulage et deux jours pour le démontage des moules; le total est de moins de treize jours pour amener la maison en état de recevoir les travaux d'achèvement : menuiserie, peinture, serrurerie, etc., et non compris, bien entendu, le temps des fondations, s'il y a lieu d'en faire.

On n'a pas exécuté par le même procédé le coulage des parties horizontales, parce qu'il aurait fallu attendre trop longtemps qu'elles fussent en état de se supporter elles-mêmes, ce qui

1. Voir « La Maison moulée de Santpoort » dans *La Technique Moderne*, t. III, n° 10, octobre 1911, p. 579.

Digitized by Google

n'aurait pu avoir lieu qu'une fois le béton complètement sec. Comme il importait de ne pas retenir trop longtemps des visiteurs qui assistaient aux expériences, on avait décidé de se servir de dalles en béton moulées à l'avance et qui avaient été placées pour le plancher de l'étage et la toiture en terrasse au fur et à mesure que se montaient les plaques de moulage (fig. 3), de même qu'on avait placé les marches de l'escalier et les conduits de fumée qui se trouvaient ainsi complètement enrobés dans le béton.

Il semble, en ce qui concerne ces derniers, que ce procédé puisse apporter un remède à la défectuosité des cheminées qui, on le sait, ont très souvent le grand défaut de ne donner qu'un tirage imparfait, souvent à cause de la mauvaise constitution de la maçonnerie qui, au bout d'un certain temps de contact avec les gaz chauds circulant dans les conduits, se craquèle et laisse passer les fumées et les gaz. Le ciment enrobant exactement les conduits et ayant une très grande résistance aux effets de la chaleur, il est à espérer que ces fissures ne se produiront pas.

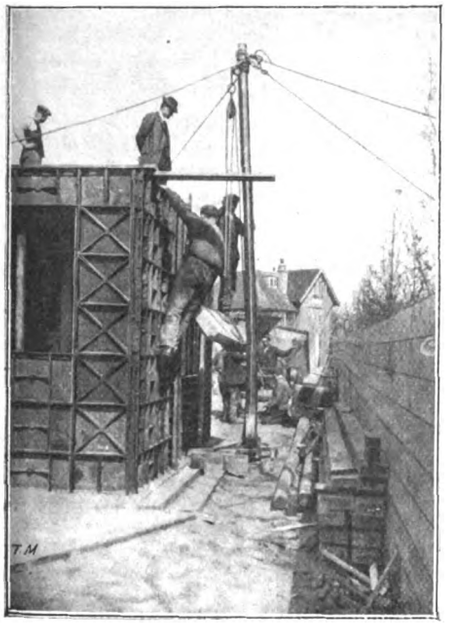


Fig. 3. — Montage des dalles du plancher.

Armature. — Les aciers qui sont placés à l'avance et qui ont un diamètre de 4 mm, espacés de 30 cm environ, tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal, ne constituent pas à proprement parler une armature. En effet, le seul danger que pourraient présenter les murs serait un fléchissement sous une trop forte charge; or, en prenant la résistance du béton à 28 kg par centimètre carré, on voit qu'un mur de 15 cm comme ceux de la maison coulée pourra facilement supporter les charges auxquelles il sera soumis. Ces aciers n'ont donc d'autre but que de servir de chaînage pour éviter l'écartement possible des parois, et leur répartition dans toute la section des murs assure à ce chaînage une continuité qui augmente la stabilité de la construction. La proportion du fer au béton est, comme on peut s'en rendre compte, assez faible, puisque dans un mur de $2^m,80$ de haut et $0^m,80$ de large, on compte 6 barres placées verticalement et 7 barres placées horizontalement, ce qui représente $22^m,40$ de barres de 79 mm² de section, soit un volume de métal de 0,001928, alors que celui du béton est de $2,80 \times 0,80 \times 0,15$ 0,0336, d'où la proportion de $\frac{0,001928}{0,0336} = 0,057$, soit un peu plus de 1/2 °/₀.

Non seulement des sections de métal plus fortes auraient été inutiles pour la stabilité, mais, si elles avaient été nécessaires, elles auraient empêché la libre circulation du béton dans le moule.

Aspect extérieur. — L'aspect extérieur est des plus simples, sans aucune ornementation inutile et sans autres saillies que les jets d'eau des fenêtres et une petite corniche très distincte au sommet de l'édifice, pour lui servir de couronnement.

Prix de revient. — Nous ne pouvons donner un prix de revient définitif, car il ne s'agissait que d'un essai et que l'installation qui avait servi à le faire était trop rudimentaire pour qu'on en pût tirer des résultats bien positifs. Cependant, en s'appuyant sur des expériences antérieures, il est très possible d'arriver à donner un prix très approximatif qu'une exploitation sérieuse pourrait réduire considérablement. En prenant pour base les chiffres donnés par la série de la Société Centrale des architectes français, on arriverait à établir comme suit le coût d'une maison moulée du type de celle qui a été construite à Saint-Denis.

Le volume de béton employé a été de 25,47 m³, comportant :

8 150 kg de ciment à 4 fr les 100 kg.	326 »
13 m³ de sable à 7 fr 50	97 50
19 3/4 m³ de gravillon à 9 fr	177 75
Malaxage de 25, 47 m³ de béton à 3 fr 50	89 15
376 kg de fer d'armature à 25 fr les 100 kg	94 »
Montage et démontage des moules, 9 jours à 4 hommes, soit 36 journées à 8 fr	288 »
Dalles de plancher et de toiture, environ 63 m² à 7 fr. . .	440 »
21 marches d'escalier de $0^m,90$ à 3 fr 50 l'une.	73 50
Portes, fenêtres, menuiserie intérieure, peinture, dallages, etc., environ	1 500 »
Deux séries de moules estimés à 50 000 fr, dont l'amortissement et l'intérêt peuvent être représentés par 20 °/₀, soit 10 000 fr, pouvant servir pour 50 maisons, ce qui donne par maison	200 »
Total approximatif.	3 285 90
Divers et imprévus, 10 °/₀	328 60
Soit pour une maison	3 614 50

La superficie construite étant de 40 m² environ, le prix du mètre carré de construction à un étage serait de 90 fr. 36.

Conclusions. — En admettant même que le prix reste celui qui vient d'être indiqué, il faut tenir compte qu'il serait difficile de construire, pour une dépense égale, une maison de la même importance avec des matériaux ordinaires et qui posséderait les mêmes avantages, lesquels peuvent se résumer ainsi :

1° *Garantie de solidité*, puisque lorsque le béton a fait prise, la maison forme un monolithe autant dire absolu à l'abri de toute désagrégation ultérieure et aussi parce que le béton durcit, dans une certaine limite, en vieillissant;

2° *Suppression à peu près absolue des dangers d'incendie*, car les expériences ont démontré que le béton pouvait résister mieux que la plupart des autres matériaux à des températures très élevées;

3° *Etanchéité des murs* qui empêche l'humidité de pénétrer à l'intérieur, surtout si le sol des caves, s'il y en a, ou la base de la maison, s'il n'y a pas de caves, est formé par un bon radier en béton commun, qui évite la montée de l'humidité naturelle du sol.

Nous ne saurions trop insister sur un point particulier qui est la limite d'emploi des maisons moulées.

Celles-ci se prêtent à la construction de groupes d'habitations ouvrières, dans les grands centres industriels où la population est nombreuse; elles conviendraient à la création de « cités »; elles ne seront pratiquement économiques que construites en séries, non pas obligatoirement d'un type uniforme, mais toutes construites en même temps, de façon à éviter des transports ou des manutentions de moules qui deviendraient très onéreux.

Toutes ces conditions étant remplies, la maison moulée est appelée à rendre de très grands services à la petite construction rurale future, mais vouloir appliquer le moulage des maisons à des unités serait une erreur économique; vouloir en faire de petits palais serait une conception malheureuse.

M. Darras.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Servo-frein système Boirault.

Le but que s'est proposé l'inventeur consiste à réaliser, par un dispositif applicable à tous les systèmes de freins en usage sur les chemins de fer, les progrès assez nombreux restant à accomplir, et qui sont les suivants :

1° Verrouiller les freins continus, de manière à assurer le serrage, même si la force développée par la commande vient à manquer, et à parer ainsi aux inconvénients qu'un défaut d'étanchéité des garnitures peut présenter, notamment sur les longues pentes;

2° Eviter le patinage tout en gardant la faculté de freiner au maximum;

3° Rendre l'effort du freinage automatiquement proportionnel au poids variable du véhicule freiné, surtout pour les trains de marchandises;

4° Eviter que l'usure des sabots se traduise par une diminution du serrage;

5° Utiliser la force vive des véhicules pour le freinage, de manière à réaliser une économie de consommation de vapeur pour les freins continus et à diminuer la puissance des appareils de commande;

6° Actionner automatiquement les freins par les crochets de traction.

L'appareil est intercalé entre la tige de commande et la barre de timonerie; cette dernière est actionnée par un ressort R, plus ou moins comprimé par un levier indirectement commandé par un excentrique calé sur l'essieu.

L'ensemble (fig. 1) est porté sur un bâti par deux axes O, O_1, sur lesquels toutes les pièces sont folles.

La commande est attelée sur la tige C actionnant le levier coudé A; quand on tire la tige C, le bras horizontal du levier A

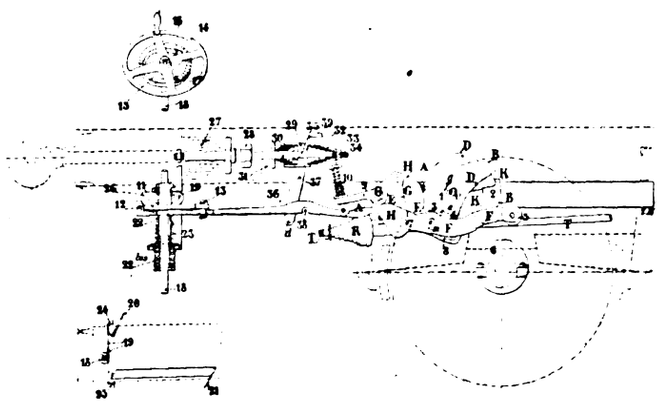


Fig. 1. — Servo-frein système Boirault (position de desserrage).

s'abaisse et fait tourner, de gauche à droite, le volant B au moyen du galet *g* agissant sur la coulisse excentrique 1.2; ce volant entraîne par le téton *e*, agissant en 4, la came irréversible D, ou came de manœuvre; cette came repousse l'extrémité inférieure de la suspente E, sur laquelle est articulé en *m* le levier F, qui est l'organe de prise de force; le point *m* constitue un point fixe de position variable.

A l'extrémité du levier F est disposé un galet 5 capable de venir en prise avec l'excentrique d'essieu 6; à son autre extrémité, le levier F est relié par la biélette G à un levier H, dit levier de freinage, susceptible de comprimer le ressort R de la barre de timonerie T.

Le verrouillage est assuré par le cliquet K, à profil irréversible, qui suit le levier F en tombant par son propre poids, et s'oppose au relèvement du levier H.

L'ensemble des pièces H G E F est, à l'état de repos, maintenu

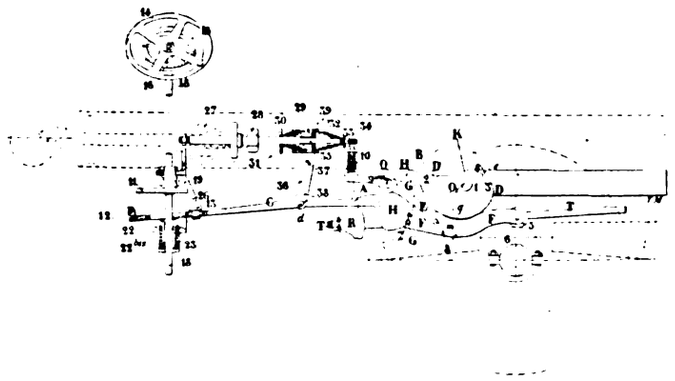


Fig. 2. — Servo-frein système Boirault (position de serrage).

en position relevée par le ressort 10, de sorte que le galet 5 est tenu hors de prise de l'excentrique 6.

Le fonctionnement, au serrage, est obtenu de la manière suivante (fig. 2):

Quand, en tirant sur la tige C, le point fixe variable *m* est abaissé sous l'action de la came D commandée par le levier A, le levier F amène le galet 5 en prise avec l'excentrique d'essieu 6, et cette dernière comprime, par la biellette G et le levier H, le ressort R qui commande la timonerie du frein.

Au point de vue purement cinématique, le résultat obtenu par l'action du galet 5 est le même que si le ressort R était comprimé par la commande extérieure; dès que l'excentrique a agi, à chaque position de la commande correspond une position déterminée des organes du servo-frein et, par suite, un degré de serrage déterminé. C'est au point de vue dynamique qu'intervient le galet 5; grâce à la mobilité de ce galet, le mouvement est décomposé en deux périodes distinctes, et c'est dans la seconde période que, sous l'effet de la force vive, l'excentrique 6 produit le serrage du frein; dans la première période, qui est en quelque sorte préparatoire, il suffit que la commande extérieure développe une force suffisante pour déplacer le point fixe variable *m*; l'excentrique 6 vient ensuite opérer l'action réellement effective, et le cliquet K assure aussitôt la stabilité du freinage.

Ces explications suffisent à faire comprendre le fonctionnement général du mécanisme, tant au serrage qu'au desserrage; on peut ajouter que chacune des deux opérations peut être immédiatement obtenue à son maximum en un seul tour de roue, par une action rapide de la commande extérieure, ou, au contraire, fractionnée en effets partiels successifs si la commande est actionnée lentement: le mouvement de serrage est limité par la butée de la pièce 8 sur le prolongement du tourillon du point fixe variable *m*.

La variation d'épaisseur des sabots, par suite de leur usure, est sans influence sur l'effort de serrage, puisque, lorsque les sabots sont amincis, il en résulte simplement une augmentation de la course de la timonerie et de la butée 8, et que le point limite du serrage est ainsi reculé.

Les variations de poids des véhicules agissent en sens inverse de l'usure des sabots; lorsque, sous l'influence d'une lourde charge, les ressorts sont affaissés, le bâti du servo-frein est plus

Digitized by Google

près du plan horizontal de l'essieu, et le freinage commencera son action plus rapidement que s'il s'agissait d'un véhicule moins chargé; dans un train composé de véhicules de poids différents, le freinage d'un véhicule déterminé excédera toujours, d'une quantité constante, celui d'un autre véhicule déterminé, mais de poids plus faible; l'appareil proportionne donc automatiquement l'effort de freinage au poids du véhicule freiné.

Le servo-frein Boirault peut être actionné par toutes les commandes en usage sur les chemins de fer; l'administration des chemins de fer de l'Etat a fait un essai sur un fourgon comportant simplement une commande à main, et antérieurement pourvu d'un frein à vis avec volant horizontal dans la vigie.

Pour conserver l'ancien dispositif, on a fixé sur l'arbre une came horizontale 11 comprise entre deux contacts 12 et 13 portés par la tige de commande C du servo-frein. Un mouvement du volant de manœuvre de moins de 180° imprime au volant B du servo-frein une rotation de 230°, et à la came D un mouvement de 200°; l'effort à exercer sur le volant est plus faible que pour actionner le frein à vis.

Un index 16, solidaire du volant de vigie 14, se déplace devant un indicateur auto-réglable 15, qui renseigne sur le degré de serrage.

Pour faciliter les manœuvres de gare, on a fait usage, aux essais, d'une commande accessoire accessible de terre; il a suffi de caler sur l'arbre 18 un pignon denté, sur lequel engrène une crémaillère 19, actionnée, de part et d'autre du wagon, par des leviers extérieurs 20 et 21 (fig. 1).

Enfin, l'inventeur a voulu permettre la commande du servo-frein par les crochets de traction. Dans ce but, le montage peut être complété de la manière suivante :

La tige de commande G n'est pas maintenue invariablement dans le plan horizontal où elle est en prise avec la came 11, mais est supportée par une douille 22, contenant une douille plongeante 22 *bis*, avec ressort intermédiaire 23; la commande à main de la vigie peut ainsi être rendue inopérante par un désengagement obtenu par la compression du ressort 23, au moyen de la tige 19, servant déjà pour la manœuvre de terre, et qui actionne une came irréversible 26, agissant sur le ressort 23; la tige 19 entraîne la came 26 quand on manœuvre l'une des manivelles 24 ou 25 (fig. 1).

On peut également assurer le désengagement de la came 11 au moyen d'une pédale placée dans la vigie.

Outre ce désengagement nécessaire de la commande de vigie, il faut, lorsque le frein doit être manœuvré par les crochets de traction, monter la barre d'attelage de manière à laisser un jeu entre le ressort de traction 27 et son écrou d'attaque 28. Dans une douille 29 est logé un ressort 30 prenant appui sur une butée 31 fixée au châssis; la douille 29 porte une contre-douille opposée 32, servant de logement à un ressort 33 prenant appui sur un épaulement 34 solidaire de la barre de traction. La bande initiale du ressort 30 est supérieure à la bande d'écrasement du ressort 33, et sa bande totale est très inférieure à celle du ressort 27.

La douille 29 porte deux tourillons 35 actionnant la fourche d'un balancier 36, articulé en un point fixe 37 du châssis; ce balancier porte un index *d*, qui se profile horizontalement sous la barre de commande G, et vient en prise avec cette barre quand la came 11 a été désengagée; ce doigt *d*, en se déplaçant sous l'action de la douille 29, s'engage dans l'encoche 38.

Quand aucun effort de traction n'est exercé sur le crochet, les ressorts 30 et 33 sont distendus, et l'écrou 28 décolle le ressort de traction 27; la douille 29 est à son point de repos, et l'index *d* est à fond de course vers le crochet, entraînant la barre C et assurant le freinage.

Dès qu'on tire sur le crochet de traction, les ressorts 30 et 33 s'écrasent, le balancier 36 se renverse et le desserrage se produit par l'action de l'index *d* sur la barre C; dans un train ainsi monté, la moindre action de freinage exercée sur la locomotive, se traduirait immédiatement par le freinage de tous les véhicules, dans des conditions analogues à celles résultant de l'emploi du frein continu, et sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'une conduite d'énergie avec garnitures de raccord.

A. S.

Caractéristiques des locomotives à grande vitesse aux États-Unis.

Les locomotives des États-Unis sont considérées comme de grande vitesse lorsqu'elles sont utilisées pour remorquer, sur des parcours d'au moins 160 km, des trains tracés à une vitesse moyenne d'au moins 80 km à l'heure.

Bien entendu, le poids des trains remorqués constitue l'un des éléments d'évaluation; ce poids est au moins de 270 t; il peut s'élever à 450 t.

Dans le premier cas, il s'agit de trains considérés comme légers et l'on emploie des locomotives Atlantic (4-4-2); dans le second cas, on est en présence de trains lourds et l'on fait usage de locomotives Pacific (4-6-2).

Ces locomotives Atlantic et Pacific ne sont, ainsi qu'on le sait, que des dérivés des types antérieurs (4-4-0) et (4-6-0), auxquels on a adjoint un essieu porteur à l'arrière, permettant d'augmenter la surface de grille et la puissance de la chaudière.

Sur les lignes à profil peu accidenté, et lorsque la charge des trains ne doit pas dépasser 315 t, on utilise les locomotives type Atlantic, dont le premier spécimen remonte à 1895; lorsqu'on est en présence, au contraire, de lignes à profil accidenté, ou lorsque la charge des trains doit être supérieure à 315 t, on a recours aux machines type Pacific, plus récentes que celles du type Atlantic.

Les machines du type Prairie (2-6-2), qui ont précédé celles du type Pacific, ne sont plus guère employées maintenant.

Timbre de la chaudière. — Les chaudières des machines à grande vitesse sont généralement timbrées à 14 kg, parfois à 16 kg, mais la tendance actuelle est de réduire la pression, par suite des conclusions des travaux de M. Goos, professeur à l'Université des chemins de fer de Lafayette, qui tendent à démontrer qu'avec les machines à simple expansion, il y a avantage à réduire le poids des chaudières, en ne les timbrant qu'à 12 kg 500, et à utiliser l'économie de poids ainsi réalisée pour une augmentation de la surface de grille.

Surface de grille. — La surface de grille varie de $3^{m^2},75$ à $5^{m^2},12$. On craignait autrefois que deux chauffeurs ne fussent nécessaires pour alimenter des foyers dont la grille atteindrait 5 m^2 de surface; l'expérience a démontré qu'un seul agent pouvait assurer ce travail.

Surface de chauffe. — La surface de chauffe, dans les machines Atlantic, atteint 343 m^2; elle s'élève à 418 m^2 dans les machines Pacific.

Diamètre des roues motrices. — Le diamètre maximum des roues motrices était autrefois de $1^m,73$; elles devaient alors tourner à 300 et même à 400 tours par minute pour atteindre la vitesse nécessaire; depuis 1895, on a construit des locomotives comportant des roues motrices de $2^m,04$ et même de $2^m,16$, en vue de réduire les vitesses linéaires.

Volume des cylindres. — D'une manière générale, la tendance actuelle ne conduit pas à la construction de cylindres volumineux; normalement, les cylindres ont de 508 à 560 mm de diamètre et 712 mm de course; ils donnent un effort théorique de traction de 11 t 4 à 14 t 6; le rapport du poids adhérent à cet effort varie entre 4,5 et 5,5, et tend actuellement vers 6.

Distribution. — La distribution Walschaërt tend à remplacer la distribution Stephenson.

Compoundage. — Le compoundage est très peu employé aux

Digitized by Google

États-Unis, où presque toutes les machines à grande vitesse sont à simple expansion.

Surchauffe. — L'emploi de surchauffeurs se généralise très rapidement.

A. S.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Dosage du camphre dans les celluloïds.

Rappelons d'abord brièvement les méthodes en usage : le celluloïd est réduit en poudre, soit à la râpe, soit à l'aide d'un moulin analogue au moulin à cuir; on en extrait le camphre de deux manières différentes :

1° En le dissolvant dans un solvant approprié et qui laisse intacts les éthers cellulosiques;

2° En l'entraînant par la vapeur d'eau.

Le procédé par épuisement se fait au Soxhlet et avec l'éther de pétrole (point d'ébullition : 45 à 55°), en opérant sur 20 gr de celluloïd. La solution de camphre obtenue est évaporée lentement et le résidu est redissous dans la benzine. On amène cette nouvelle solution à 100 cm³ et on l'examine au polarimètre. Si on lit une rotation de α°, le camphre, contenu dans la prise d'essai, est donné par la formule :

$$C = 2{,}51536\,\frac{\alpha}{l} - 0.02746\left(\frac{\alpha}{l}\right)^2 \text{ (1)}.$$

Quant au procédé par entraînement, il s'effectue dans un appareil ordinaire et les eaux recueillies sont acidulées à l'acide chlorhydrique, puis épuisées avec de la benzine. On détermine au polarimètre, comme précédemment, la tenenr en camphre de cette nouvelle solution.

M. E. Barthélemy qui étudia ces procédés (2), attire l'attention des chimistes, ne possédant pas de polarimètre, sur la méthode d'analyse dite « des pesées successives », moins exacte mais néanmoins précieuse. Voici en quoi elle consiste : 10 cm³ de la solution aqueuse camphrée diluée suffisamment de manière à titrer à peu près 5 °/₀ de camphre, sont mis à évaporer dans un petit cristallisoir (diamètre : 5-6 cm; hauteur : 2-2 cm,5) taré, à bords rodés, recouvert, au moment des pesées, d'un verre de montre bien calibré et placé dans un exsiccateur à acide sulfurique. On pèse ce cristallisoir à intervalles réguliers. En reportant les résultats obtenus dans un système de coordonnées, les poids en ordonnées et les temps en abscisses, on obtient une courbe présentant un coude très net, coude dont l'ordonnée correspond sensiblement au poids de camphre contenu dans le cristallisoir. Un calcul simple permet de trouver la richesse en camphre du celluloïd examiné.

M. B.

L'alumine anhydre employée comme substance dessiccatrice.

L'alumine anhydre, obtenue par chauffage à température peu élevée de l'alumine hydratée, serait, d'après M. Johnson (3), à même de dessécher les gaz d'une façon plus parfaite et plus rapide que les substances employées jusqu'ici (anhydride phosphorique, acide sulfurique, chlorure de calcium, chlorure et bromure de zinc). Si l'on expose à l'action d'un courant d'air saturé de vapeur d'eau, une certaine quantité d'anhydride phosphorique et d'oxyde d'aluminium, on constate que, dans le même temps, l'anhydride phosphorique n'absorbe qu'une quantité à peine sensible d'eau, tandis que l'oxyde d'aluminium subit une augmentation de poids de 18 °/₀.

Un tube contenant de l'oxyde d'aluminium peut servir indéfiniment à la dessiccation d'un courant gazeux. Il suffit de le régénérer, de temps en temps, en le faisant parcourir par un courant d'air à 300 ou 400°.

M. B.

(1) Forster, *Deutsche chemische Gesellschaft.*
(2) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha.* 15 novembre 1912.
(3) *Journal of the American Chemical Society*, vol. 34.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide d'une machine électrique.

Pour déterminer les pertes d'énergie à vide, on emploie fréquemment la méthode d'inertie : on fait tourner la machine, puis on supprime la force propulsive; le mouvement continue sous l'action des forces d'inertie, cette énergie se dissipe progressivement dans les pertes qu'il s'agit de mesurer. Le moment de freinage est à chaque instant proportionnel à l'accélération négative. Il n'était pas possible, jusqu'ici, de déterminer directement cette accélération; on était obligé de déterminer le nombre de tours en fonction du temps, au moyen d'appareils enregistreurs en général, et l'on déterminait l'accélération négative par la diminution du nombre de tours dans l'unité de temps.

La nouvelle méthode, préconisée par M. A. Y. Herberg (1), permet au contraire de lire, à chaque instant, le moment du couple retardateur sur un ampèremètre et le nombre de tours sur un voltmètre, de telle façon que le moment du couple dû aux pertes peut être déterminé directement en fonction du nombre de tours.

On sait que la f.é.m. d'une dynamo à courant continu à excitation constante est proportionnelle au nombre de tours :

$$(1) \qquad e = Kn$$

où K représente une constante dépendant de l'excitation de la machine. Si donc, l'on couple la machine à étudier avec une petite dynamo d'environ 1/20 de kw à excitation autonome, on peut lire le nombre de tours de la machine sur un voltmètre connecté sur les balais de cette dynamo auxiliaire :

D'autre part, la somme des moments des couples agissant sur le rotor peut s'écrire :

$$M = \Theta\frac{d\omega}{dt},$$

en prenant comme sens positif celui de la rotation. Θ désigne le moment d'inertie du rotor et ω la vitesse angulaire en radiants par seconde :

$$\omega = \frac{\pi n}{30},$$

n étant le nombre de tours par minute.

On peut aussi écrire :

$$(2) \qquad M = \frac{\pi}{30}\cdot\Theta\frac{dn}{dt}.$$

On sait que le courant de charge i d'un condensateur de capacité C peut s'écrire :

$$i = C\frac{de}{dt},$$

on a donc :

$$i = KC\frac{dn}{dt}$$

et comme d'après l'équation (2) on a :

$$\frac{dn}{dt} = \frac{M}{\Theta}\cdot\frac{30}{\pi},$$

il vient :

$$i = KC\cdot\frac{M}{\Theta}\cdot\frac{30}{\pi},$$

ou bien :

$$(3) \qquad M = \frac{\Theta}{KC}\cdot\frac{\pi}{30}\cdot i.$$

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 7 novembre 1912.

Digitized by Google

Si aux bornes de la dynamo auxiliaire, on connecte un ampèremètre en série avec un condensateur de capacité connue, on pourra lire directement l'intensité i du courant, intensité proportionnelle à M.

On voit immédiatement la manière de procéder pour effectuer les mesures de pertes à vide : on monte, sur la machine d'essai, la dynamo auxiliaire munie du voltmètre, de l'ampèremètre et du condensateur, ainsi que l'indique la figure 1. C est connu et on détermine K de la façon suivante : on fait marcher la dynamo auxiliaire à un nombre de tours déterminé et l'on mesure la tension de cette dynamo pour une certaine excitation. Quant à Θ, il a été déterminé suivant une des méthodes habituelles.

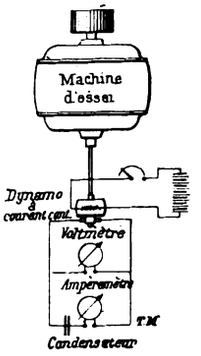


Fig. 1. — Schéma des connexions pour la détermination des pertes à vide et une machine électrique.

Par la lecture simultanée du voltmètre et de l'ampèremètre, on connaît donc à chaque instant n et M; mais ce qui est précisément délicat, c'est cette lecture simultanée pour des variations rapides. On peut employer le cinématographe, qui permet de faire vingt ou trente inscriptions par seconde des indications simultanées des deux appareils; si les variations sont trop rapides, il faut avoir recours aux oscillographes.

L. V. B.

HYDRAULIQUE

L'hydropulseur.

L'hydropulseur (1), imaginé par le Conseiller des Ponts et Chaussées Adolphe Abraham, de Berlin, présente une certaine analogie avec le bélier hydraulique de Montgolfier. Il aspire ou refoule, et il permet d'utiliser les faibles hauteurs de chute supérieures à $0^m,50$.

En principe, dans l'hydropulseur refoulant (fig. 1), un tuyau T relie le bief d'amont a, qui est à la hauteur h, à une roue à aubes, analogue à une turbine, qui communique alternativement avec le bief d'aval c et avec un tuyau T' de hauteur $(h + h_1)$. Une fraction de l'eau qui parcourt le tuyau T se trouve ainsi élevée à une hauteur h_1, au-dessus du bief d'amont. Dans la pratique, le nombre des tuyaux T aboutissant à un même appareil est assez élevé (8 à 40), afin d'augmenter la puissance de l'hydropulseur. Le diamètre de ces tuyaux peut être assez grand (250 mm et au-dessus).

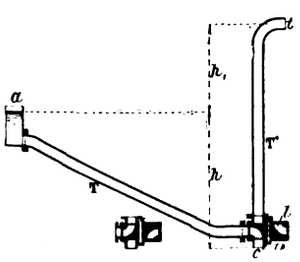


Fig. 1.

Ces appareils peu encombrants et d'un prix minime conviennent pour les grands débits et certains d'entre eux peuvent consommer jusqu'à 30 m^3 par seconde. On construit des hydropulseurs refoulant à 30 m de hauteur, mais on espère atteindre et même dépasser 100 m avec un rendement hydraulique satisfaisant (0,45 à 0,66). En outre d'après l'auteur, ces appareils fonctionnant sans choc ne donneraient pas lieu à l'usure qui se produit dans les soupapes du bélier hydraulique.

Applications :

1° Drainage et irrigation;

2° Alimentation des ateliers de lavage des charbons au moyen de l'eau d'épuisement des puits de mines;

3° Régularisation du mouvement des turbines, en maintenant au moyen d'un hydropulseur la hauteur d'eau constante (Application sur le Weser : un hydropulseur de 40 tuyaux de 750 mm de diamètre, consommant 54 m^3 à la seconde).

Les principales applications citées par l'auteur sont des installations de drainage et d'irrigation.

E. M.

(1) Notes techniques du Comité central des houillères de France.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Boulon à ressort et à clavette.

Certaines pièces des véhicules de chemins de fer et de tramways, assemblées à la manière ordinaire par boulons et écrous, sont sujettes à se recouvrir de poussière et de boue, pendant le service; leur démontage est ainsi rendu difficile, sinon impossible, car, à la longue et la rouille aidant, les écrous se soudent pour ainsi dire à leurs boulons. On ne peut plus, alors, les dévisser à l'aide d'une clef; il faut employer le marteau et le burin. Cette opération, souvent fort incommode, vu le peu de place dont on dispose, est longue et, par suite, coûteuse; enfin, la plupart du temps, l'écrou ainsi démonté a été déchiqueté par le burin et il faut le remplacer par un neuf.

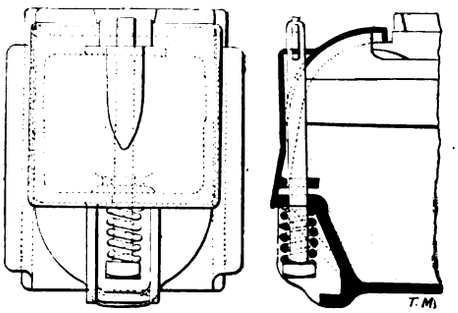


Fig. 1. — Dispositif du boulon à ressort et à clavette.

Pour éviter ces inconvénients, M. J. S. Mac Whirter, ingénieur en chef du tramway de la 3e Avenue, à New-York, a imaginé de remplacer les boulons à écrous, qui fixent les dessus et les dessous de boîtes de ses véhicules, par des boulons à clavette serrés par un ressort (fig. 1).

Le démontage du boulon est alors simple et rapide. Le dessous de boîte est pourvu d'une saillie sur laquelle on appuie le manche du marteau, en guise de levier, pour soulever la tête du boulon, ce qui permet de faire remonter la mortaise et de la dégager assez pour pouvoir mettre ou enlever la clavette qui fixe le boulon. Cette manœuvre n'exige ni clef ni outil spécial.

P. B. D'A.

Goupille à pose rapide.

Pour montrer jusqu'à quel point sont poussées les économies de temps et de main-d'œuvre chez les constructeurs américains, nous donnons ci-après le dessin d'une nouvelle goupille (brevetée), qui est fabriquée par Andrew C. Campbell, de Waterbury (Connecticut).

On sait que les goupilles ordinaires (fig. 1), ont leurs deux branches symétriques, et de même longueur. Lorsqu'on met la goupille en place, on l'enfonce à l'aide du marteau; puis, on introduit un burin entre les branches de la goupille et, avec le marteau, on frappe sur le burin pour écarter les branches. Cela fait deux opérations bien distinctes : l'une exécutée avec le marteau seul, l'autre exécutée avec deux outils : le marteau et le burin.

Fig. 1. — Goupille à branches symétriques.

Avec la nouvelle goupille (fig. 2), le marteau seul entre en

(1) *Electric Railway journal*, numéro du 28 septembre 1912.

Digitized by Google

jeu; il sert à enfoncer la goupille par un coup sur la tête et à l'ouvrir par un coup sur la pointe; l'ouvrier n'a pas besoin : 1° de chercher son burin; 2° de le placer sur le joint des branches, ce qui exige une certaine attention ; 3° de frapper sur le burin pour ouvrir les branches.

Ce petit perfectionnement semble n'être que peu de chose, et cependant il est de nature à supprimer des pertes de temps et de main-d'œuvre. La seule objection qu'on puisse faire à l'emploi de la goupille dyssymétrique, c'est que son aspect n'est pas aussi agréable à l'œil (fig. 3) que celui d'une goupille symétrique bien posée; nous disons *bien posée*, parce que souvent les goupilles sont placées sans aucun souci de l'esthétique : leur tête est écrasée, leurs branches sont écartées inégalement; ceci n'a aucune importance d'ailleurs au point de vue mécanique, et justifie l'invention de la goupille dyssymétrique. P.-B. D'A.

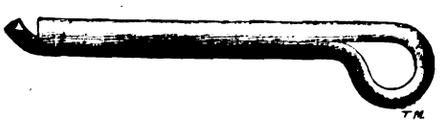


Fig. 2. — Goupille à branches dyssymétriques.

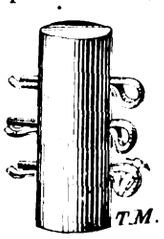


Fig. 3. — Pose de la goupille dyssymétrique.

MACHINES THERMIQUES

Sur les compteurs de vapeur.

L'industriel s'efforce chaque jour davantage d'évaluer, avec plus de précision, ses recettes et ses dépenses ainsi que le rendement des machines qu'il emploie. C'est à ce besoin qu'on doit la création de compteurs pour les agents les plus divers. Néanmoins, la vapeur dont il se fait depuis si longtemps une énorme consommation pour les besoins les plus variés n'a été jusqu'ici, pour ainsi dire, soumise à aucun mesurage. Ce n'est pas que les industriels ignorent l'intérêt de premier ordre que pourrait présenter pour eux une connaissance exacte du poids de la vapeur produite par leurs générateurs, mais ils ignorent qu'on est parvenu à vaincre en grande partie les difficultés qui empêchèrent pendant trop longtemps la construction d'un compteur exact et robuste. Aussi pourra-t-il leur être de quelque utilité d'être renseignés sur l'état actuel de la technique de ces appareils.

La mesure du débit d'une conduite de vapeur est un cas particulier de la mesure du débit d'une canalisation parcourue par un fluide quelconque, mais il est caractérisé par la faible densité du fluide, par sa pression et par les vitesses de circulation employées en pratique, de sorte que nombre d'instruments basés sur certains principes utilisés pour d'autres fluides donnent, dans le cas présent, des résultats peu satisfaisants. Tels sont, notamment, le tube de Pitot et les divers types de moulinets auxquels on peut recourir pour l'eau, le gaz, l'air comprimé, etc.

Les appareils donnant des indications satisfaisantes peuvent être rangés dans l'une des deux classes suivantes :

1° Les compteurs à étranglement, dans lesquels un étranglement de la conduite détermine une perte de charge qui, mesurée par l'instrument, permet de calculer le débit;

2° Les compteurs à impulsion, dans lesquels la vapeur exerce, sur un flotteur disposé dans un étranglement de section variable, une poussée équilibrée par un ressort, par un poids ou par toute autre force.

Les appareils du premier système souffrent des difficultés provenant de la délicatesse nécessaire à la mesure de la dépression. En effet, pour ne pas prendre trop d'énergie à la vapeur, on est amené à maintenir faible cette dépression, qui est de l'ordre des dixièmes de kilogramme, ce qui exige l'emploi de manomètres capables de déceler au moins les centièmes de kilogrammes. On doit en outre réaliser un appareil agissant suivant les racines carrées des dépressions mesurées, ce qui entraîne l'introduction d'un certain nombre d'organes intermédiaires.

Avec les appareils à impulsion, au contraire, un orifice de section variable est traversé par la vapeur sous une dépression constante, et il ne s'agit plus que de mesurer la section de la conduite à laquelle le débit reste proportionnel : on réalise ainsi un appareil plus simple, plus sûr et pratiquement indéréglable.

Nous nous contenterons aujourd'hui de décrire un appareil de cette dernière catégorie, le compteur de vapeur « Bayer ».

Dans ce compteur (fig. 1), le disque qui reçoit l'impulsion est disposé dans une tubulure spéciale en fonte, qui s'intercale sur la conduite de vapeur et à l'intérieur de laquelle se trouve ménagé un orifice conique que la vapeur est obligée de traverser. Cette tubulure porte le manomètre et le tambour enregistreur.

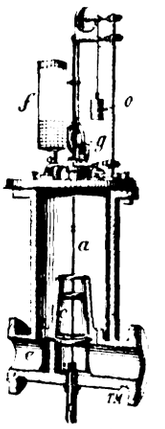


Fig. 1.

La vapeur pénètre par l'orifice *e* dans le corps du compteur, traverse ensuite le cône *o* où elle vient frapper sur le disque *c*, équilibré par le contrepoids *d*, et l'abaisser plus ou moins selon sa vitesse, puis arrive à l'orifice de sortie opposé à celui d'entrée et continue ensuite son trajet dans la conduite. Le disque *c* est relié au contrepoids *o* par un fil passant sur une poulie : ce fil est guidé, dans deux flans évidés. Lorsque le disque s'abaisse, la section de passage autour de lui augmente, la différence de pression entre ses deux faces diminue, et le disque atteint une position d'équilibre lorsque cette différence de pression contrebalance l'action du contrepoids : quand donc l'équilibre est atteint, la différence de pression de la vapeur a une valeur constante. Un amortisseur, dont on aperçoit la coupe à la partie inférieure de la figure 1, permet au disque d'obéir sans retard comme sans oscillations aux variations du débit.

Afin d'enregistrer sur un diagramme les différentes positions du disque dont les cotes sont proportionnelles au débit, la tige du disque porte un style qui inscrit ses positions sur un tambour mû par une horlogerie portant un papier préparé chimiquement. On obtient ainsi un diagramme qui, une fois déroulé, présente une courbe dont les ordonnées sont proportionnelles à la section de passage de la vapeur et dont les abscisses sont proportionnelles aux temps (fig. 2).

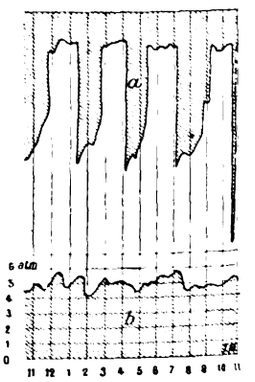


Fig. 2.

Dans la partie inférieure du diagramme, un manomètre enregistreur trace en même temps la ligne de dépression, qui accuse généralement d'assez faibles variations de part et d'autre de la pression moyenne.

Toute la partie supérieure du compteur est enfermée dans une cage vitrée fermant à clef.

Si on calcule au planimètre, ou par toute autre méthode, la surface comprise entre les abscisses et la courbe de débit, on obtient le débit total en volume pendant le temps correspondant; la connaissance de la pression moyenne pendant cet intervalle permet de déterminer la densité de la vapeur et par suite son débit en poids.

Pour abréger ces opérations, le constructeur fournit, avec les appareils, des barèmes calculés d'avance, qui, pour chacune des pressions, donnent les débits pendant douze heures correspondant à 1 mm d'ordonnée moyenne de la courbe des débits.

Dans le cas où la pression reste constante, il suffit donc de calculer l'ordonnée moyenne du diagramme et de se reporter à la

Digitized by Google

table. Dans le cas où la pression présente des variations assez importantes, on divise les diagrammes en régions dans lesquelles la pression varie peu et on fait pour chacune des régions les opérations du cas précédent.

D'ailleurs, sans se livrer à ces opérations pour le contrôle quantitatif de la consommation, on peut, par la simple inspection du diagramme, exercer une surveillance continuelle sur la marche des appareils qui emploient la vapeur. C'est ce que nous allons expliquer par l'exemple suivant :

La figure 2 montre un diagramme obtenu dans une usine entre 11 heures du matin et 11 heures du soir, les surfaces hachurées représentent l'une (*a*) le débit et l'autre (*b*) les pressions.

Les diagrammes montrent que quatre opérations ont été effectuées au moyen de la vapeur et que chacune a eu une durée de près de deux heures, sauf la dernière, où un ouvrier a, sans nécessité aucune, laissé ouverte la soupape de vapeur pendant une demi-heure.

On peut remarquer en outre que la consommation de vapeur a été particulièrement élevée entre dix heures et onze heures du soir : dans le cas de ce diagramme, en effet, une enquête fit connaître qu'on dut exceptionnellement chauffer de l'eau pour une opération suivante, tandis que d'ordinaire un autre appareil fournissait l'eau chaude en quantité suffisante.

On comprend donc très clairement que, non seulement le compteur indique la consommation de vapeur, mais qu'il permet aussi au directeur d'une fabrication de contrôler facilement la consommation et d'éviter par suite tout gaspillage.

Si l'on collectionne les diagrammes successivement fournis par le compteur, on peut en outre se livrer à des comparaisons sur la marche de l'exploitation à différentes périodes, constater les économies réalisées dans telle ou telle opération, à telle ou telle heure, ou les progrès obtenus de la part des différentes équipes de chauffeurs.

On peut même utiliser les renseignements fournis par ces diagrammes pour prendre des mesures conduisant à l'exploitation rationnelle de ce chapitre si important des frais généraux, soit, par exemple, pour établir un système de primes à l'économie.

J. Izart.

Compteurs de volume système Rota pour gaz.

Nous croyons bon de compléter la note précédente par la description d'un autre compteur à section variable, perfectionné d'une façon des plus ingénieuses. Jusqu'ici, on ne l'a pas appliqué à la vapeur, mais il fonctionne admirablement pour tous les gaz, sous faible ou sous forte pression.

L'appareil précédent rentre dans la classe des appareils mesureurs de débit à section variable. L'expression du *poids* d'un fluide débité par unité de temps, en supposant le poids spécifique δ invariable, est :

$$p = sv\delta,$$

v étant la vitesse et s la section, sv le volume, par conséquent. D'où deux grandes classes de volumètres : ceux dans lesquels on mesure la vitesse v, la section d'écoulement restant invariable ; et ceux dans lesquels v reste constant, la section d'écoulement variant selon la vitesse.

Les appareils de la seconde classe, dans laquelle rentre le compteur de vapeur décrit ci-dessus, sont schématisés figure 1 ; si une force constante, un poids p (abstraction faite du poids du fil), dans la circonstance, sollicite la fermeture d'un ajutage cônique par un disque, le disque, poussé par le flux du fluide à débiter, s'arrêtera, dans une position d'équilibre déterminée, lorsqu'il y aura égalité entre la différence de pression au-dessus et au-dessous du disque, et le poids p. Ce poids p étant constant par définition, la différence de pression sera elle-même constante, c'est-à-dire la vitesse d'écoulement (proportionnelle à cette différence de pression). Or, si le débit est variable, pour maintenir cette vitesse d'écoulement constante, il faudra que la section varie, ce qui revient à dire, finalement, que la position d'équilibre sera fonction du débit.

Telle est la théorie très simple des volumètres à section variable ; dans leur réalisation pratique, ils présentent un point délicat : le presse-étoupe qu'exige le fil de liaison du contrepoids au disque. Le volumètre *Rota*, schématisé figure 2, élimine de façon particulièrement élégante cette difficulté.

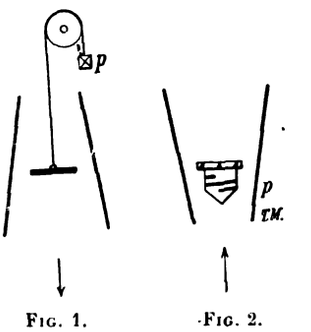


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Principe des compteurs à section variable à disque équilibré.

Fig. 2. — Principe des compteurs, système Rota, à flotteur rotatif équilibré dynamiquement.

Le poids p est celui d'un flotteur, tendant, par son propre poids, à obturer l'ajutage conique : la liaison est ainsi supprimée, et, par suite, le presse-étoupe. Il subsiste, néanmoins, une seconde difficulté : celle du guidage de ce flotteur. Là encore la solution est tout à fait élégante : par le moyen de rainures hélicoïdes, pratiquées sur la surface externe du flotteur, la friction du fluide communique au flotteur un mouvement de rotation très rapide, qui a pour résultat un centrage purement dynamique du flotteur.

La figure 3 montre, à grande échelle, la forme du flotteur, réalisé en ébonite généralement, et la figure 4 l'aspect extérieur du compteur *Rota*. Le tube conique est gradué, et l'on mesure le débit traversant l'appareil d'après la hauteur à laquelle s'arrête, sur l'échelle, le flotteur ; la position d'équilibre détermine en effet le débit, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut.

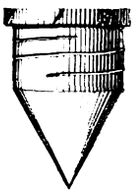


Fig. 3. — Flotteur rotatif en ébonite.

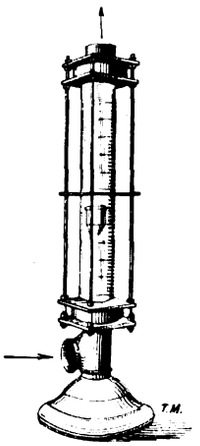


Fig. 4. — Compteur à gaz, système Rota.

Les applications industrielles de ce petit appareil sont multiples : en dehors même des mesures de volume de gaz proprement dites, dont l'occasion se présente dans l'industrie chimique, etc., il peut rendre des services précieux lorsqu'il s'agit de mélanger deux gaz en proportion connue, par exemple, pour la soudure autogène, pour contrôler la production d'un générateur, introduire dans un autoclave un volume de réactif déterminé, mesurer la consommation d'air comprimé d'outils pneumatiques, etc.

J. Izart.

Les accidents de moteurs Diesel.

Récemment, quelques explosions se sont produites pendant le fonctionnement des moteurs Diesel. Elles paraissent causées par des phénomènes d'auto-inflammation dus à la combustion de l'huile de graissage, par suite de l'élévation de température.

Les techniciens discutent vivement à ce sujet, et nous nous réservons d'analyser les opinions diverses qui se manifesteront sur cette question. Le problème est trop intéressant à résoudre, pour ne pas l'envisager sans parti pris, de façon à ne pas compromettre les applications pratiques des moteurs du type Diesel,

R.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHAUFFAGE ET VENTILATION

Système de chauffage par panneaux ou par planchers creux. — L'auteur établit l'avantage que présentent, sur les radiateurs ordinaires à vapeur ou à eau chaude, les planchers ou les panneaux creux chauffés au moyen d'un réseau de tuyaux métalliques. La chaleur se répartit d'une manière très égale sur toute la hauteur des panneaux ou sur toute la surface du plancher des pièces, au lieu de se concentrer uniquement dans les angles ou sur les autres points munis de radiateurs. Les tuyauteries sont noyées dans une composition semi-conductrice, au moyen de laquelle on établit des panneaux mobiles que l'on peut rendre amovibles si on en reconnaît l'intérêt. Cette composition doit être choisie avec beaucoup de soin si on veut éviter toute fissure dans les panneaux. Un grand immeuble de Liverpool, consacré à des installations de bureaux, « Royal Liver Buildings », a été muni, en 1911, de ce système de chauffage qui a donné toute satisfaction. L'aération est assurée par des matelas d'air réservés entre les panneaux mobiles et les murs des édifices. Quand on chauffe les planchers, l'emploi de tapis cloués n'est pas un obstacle à la diffusion suffisante et régulière de la chaleur.

(Communication du capitaine *H. Riall Saukey*, Junior Institution of Engineers, 8 janvier 1913.)

CHIMIE

Le linoléum. Fabrication, propriétés et emploi. — Les qualités requises pour un enduit destiné à recouvrir le sol sont : l'imperméabilité, la propreté et la solidité.

Le linoléum, découvert par *Frédéric Walton* en 1860, répond à ces trois conditions. Les matières premières nécessaires à sa fabrication sont : l'huile de lin, la résine, le liège en poudre, le jute et un colorant.

On commence par purifier l'huile de lin, qu'on convertit ensuite par oxydation en linoxine; cette linoxine est mélangée avec de la craie et on divise le tout finement. Par la cuisson avec la résine (colophane et copal), on obtient le « ciment » de linoléum, qu'on laisse reposer plusieurs semaines; on lui incorpore ensuite du liège, en le faisant passer dans une série de machines à mélanger. La matière obtenue est appliquée sur un tissu de jute de 2 à 3 m de large, au moyen de calandres chauffées. Le linoléum obtenu, à surface brillante, est alors introduit pendant plusieurs semaines, dans des étuves chauffées à 30-35°, pour y subir une oxydation finale.

Après quoi, on le découpe et on l'expédie. La fabrication dure environ six mois.

Le linoléum présente une grande solidité, résiste bien à l'humidité, est facile à tenir propre et n'est pas sensible aux changements de température.

Le sol sur lequel il repose doit être parfaitement uni et sec.

(Communication de M. *Schwarz*, Verein österreichischer Chemiker, Vienne, 23 novembre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

Méthode de mesure des très grandes résistances. — 1. La méthode du pont de Wheatstone manque de sensibilité lorsqu'on veut l'appliquer à la mesure des grandes résistances.

2. Pour les résistances électrolytiques mesurées au pont de Kohlrausch, à ce premier inconvénient s'adjoint celui que les réactances des bobines rendent l'extinction du son très difficilement observable.

3. Dans ce cas, et pour des résistances allant jusqu'au mégohm, on emploie une méthode électrométrique dont voici le principe :

La déviation α d'un électromètre à quadrants est de la forme :

$$\alpha = K[(V_0 - V_1)^2 - (V_2 - V_0)^2],$$

V_0, V_1, V_2 sont les potentiels respectifs de l'aiguille et de chacune des paires de quadrants.

Si l'on monte en tension deux résistances R et x traversées par un courant i, et si l'on réunit les deux paires de quadrants respectivement aux deux extrémités non communes de R et de x et l'aiguille au point de jonction de R et de x, les différences de potentiel $V_0 - V_1$ et $V_2 - V_0$ seront respectivement :

$$(V_0 - V_1)^2 = R^2 i^2 \qquad \text{et} \qquad (V_2 - V_0)^2 = x^2 i^2.$$

L'appareil restera donc au zéro si $x = R$. Cette relation subsiste en courant alternatif, ce qui permet d'employer la méthode à la mesure des résistances électrolytiques.

4. Pratiquement, la mesure des résistances très grandes est impossible par cette méthode, car les résistances étalonnées R sont rarement supérieures au mégohm.

La modification représentée par le schéma (fig. 1) lève la difficulté.

En appliquant les lemmes de Kirchhoff, on trouve :

$$V_0 - V_1 = I\frac{R(r_1 + r_2) + r_1(r_2 + x)}{R + r_2 + x},$$

$$V_2 - V_1 = I\frac{r_2 x}{R + r_2 + x}.$$

L'appareil restera donc au zéro, que le courant soit continu ou alternatif, si les deux numérateurs sont égaux, c'est-à-dire si :

$$x = \frac{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}{r_2 - r_1}.$$

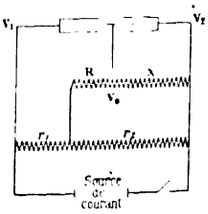


FIG. 1.

5. Dans les mesures d'essai de la méthode, les résistances r_1 et r_2 étaient constituées par deux boîtes identiques, montées en série avec un seul jeu de fiches.

La résistance totale de ce potentiomètre était de 111-110 ohms.

La résistance R fixe était une résistance métallique de 1 mégohm; la résistance x était une résistance électrolytique.

La source de courant était le secteur alternatif à 110 volts.

Lorsque $x = 10$ mégohms, l'erreur relative trouvée sur x est inférieure à $\frac{1}{1\,000}$. Si $x = 100$ mégohms, elle est encore de $\frac{1}{100}$.

6. La méthode permet de mesurer avec une approximation suffisante des résistances considérables.

Elle peut être utilisée en courant alternatif, ce qui limite son emploi à la mesure des résistivités d'électrolytes extrêmement dilués, en solution dans l'eau ou dans les solvants organiques.

(Note de M. *Tournier*, présentée par M. A. Haller, Académie des Sciences, 9 décembre 1912.)

Les installations de transmission aérienne en Angleterre. — Les supports de ligne les plus employés en Angleterre sont des supports en bois de pin de Norvège créosoté; le créosotage est le procédé de préservation le plus efficace, pourvu que les bois soient bien secs au moment de l'imprégnation; pour les lignes qui l'exigent, on emploie des poteaux doubles, conditionnés de façon à être flexibles dans la direction des lignes; il a été reconnu que ces supports peuvent supporter, dans la direction perpendiculaire à la ligne, des efforts cinq fois plus grands que les poteaux simples. On utilise aussi des supports en treillis métallique, mais on leur reproche généralement de ne pouvoir facilement être protégés contre la rouille; ces supports sont moins avantageux que les supports en tubes de fer dont on fait usage en Italie et en France; ces tubes en fer sont beaucoup moins chers que les supports en treillis métallique; les tubes en acier se corrodent rapidement. Les supports en béton armé n'ont pas encore été employé en Angleterre; en Amérique, on les utilise avec succès.

Les isolateurs employés le plus généralement sont des isolateurs en porcelaine. Les lignes sont en fil de cuivre ou d'aluminium; l'aluminium a la supériorité, au point de vue économique, dans les conditions actuelles. La mise à la terre doit être effectuée avec soin; la meilleure méthode consiste à fixer, au-dessous de la traverse inférieure de chaque support, une petite console supportant un isolateur, et à placer, sur les isolateurs auxiliaires, d'un bout à l'autre

Digitized by Google

de la ligne, un fil de cuivre; ce fil est connecté, sur chaque poteau, à un réseau formé d'un fil semblable, placé sur les traverses et les tiges; la mise à la terre s'opère de trois en trois poteaux.

Les filets et les fils de garde ne sont pas recommandables; il vaut mieux placer des conducteurs supplémentaires sur des isolateurs spéciaux en les reliant de mètre en mètre aux conducteurs principaux. Les isolateurs s'encrassent beaucoup dans les régions houillères, et il faut les laver périodiquement. Les dérivations sur les isolateurs défectueux provoquent des dérangements fréquents; le conducteur s'échauffe et brûle; on peut améliorer sensiblement les installations, à ce point de vue, en plaçant des rubans métalliques sur les isolateurs pour dissiper l'énergie calorifique.

(Communication de M. *A. Schonteil*, Institution of Electrical Engineers, Bristol, 9 décembre 1912.)

GAZ (INDUSTRIE DU).

Distillation fractionnée de la houille. — Les expériences faites par l'auteur permettent d'arriver aux conclusions suivantes, qui s'appliquent, malgré quelques variations, à tous les échantillons de houille distillés :

1° Les carbures incomplets (C^2H^2, C^2H^4, C^6H^6...) passent surtout avant 600°; ils disparaissent à température élevée;

2° Le méthane et les carbures sont très abondants (60 à 84 °/₀) jusqu'à 800°; leur proportion décroît rapidement avec la température;

3° L'hydrogène, peu abondant jusqu'à 600° (2 à 25 °/₀), prédomine beaucoup, de 800° jusqu'à 1 000°, pour diminuer ensuite, parfois, de 1 000° à 1 200°;

4° L'oxyde de carbone, dont la proportion varie de 3 à 11, suivant les échantillons, avec une moyenne de 6,5 jusqu'à 850°, peut dépasser 30 °/₀ au-dessus de 1 000°.

En augmentant les températures de distillation, le volume total recueilli s'accroît; mais le gaz recueilli vers 1000° a un pouvoir calorifique faible et renferme en général beaucoup d'oxyde de carbone.

(Note de M. *Léo Vignon* présentée par M. A. Carnot, Académie des Sciences, 23 décembre 1912.)

Génération et distribution du gaz pauvre dans le Staffordshire (Angleterre). — Une Compagnie anglaise (South Staffordshire Mond Gas Co) a établi, dans le Staffordshire méridional, la première installation existante pour la distribution du gaz pauvre; le gaz n'est employé que pour la force et le chauffage; son utilisation pour les usages domestiques et pour l'éclairage est interdite; la limite d'oxyde de carbone est de 14 °/₀; la zone de distribution a approximativement 300 km² de superficie.

L'installation génératrice comprenant huit gazogènes Mond est établie pour pouvoir gazéifier 140 t de houille par jour; elle comporte tous les appareils nécessaires pour le refroidissement, le nettoyage et la compression du gaz, pour la récupération du sulfate d'ammonium et du goudron, ainsi que la machinerie électrogène; la première unité a été mise en service en 1905; l'installation fonctionne régulièrement depuis, et l'on n'a eu aucune interruption à constater jusqu'ici.

Les gazogènes ont 3 m de diamètre; leur capacité de gazéification de 20 t par jour, peut être portée exceptionnellement à 30 t; chaque gazogène est surmonté d'une trémie de 50 t. Il y a deux laveurs et deux tours de récupération de l'ammoniaque; les gaz, après avoir traversé dans deux ou trois tours de réfrigération, sont ensuite lavés, puis refoulés sous pression dans les canalisations. Dans les gazogènes, on introduit deux tonnes de vapeur par tonne de charbon gazéfié; la vapeur est produite, en grande partie, au moyen d'une installation récupératrice: elle est aussi empruntée à l'échappement des machines et des pompes de l'usine.

Presque toutes les machines sont maintenues en marche, d'une façon ininterrompue, pendant six semaines; les tours à acides fonctionnent, sans arrêt, pendant deux ans; depuis l inauguration de l'usine, les tours de réfrigération et de réchauffage n'ont pas encore été renouvelées.

Le gaz est employé pour l'alimentation de moteurs à gaz; 150 moteurs sont en fonctionnement pour le moment; la puissance totale est de 9 500 chevaux; le prix du gaz est de 1 1/2 à 2 3/4 pence par 100 m³. Avec ce prix, une municipalité, reliée aux canalisations, a pu produire son énergie électrique à un prix inférieur à celui de toutes les autres usines de puissance équivalente.

(Communication de M. *A. A. Humphrey*, Institution of Civil Engineers, 10 décembre 1912.)

GÉNIE MILITAIRE

Manœuvres de lancement de ponts militaires. — Bien que les ponts militaires aient un aspect différent de ceux que construisent les ingénieurs attachés aux services de travaux publics, ils sont établis d'après des principes identiques à ceux des ponts routes et des ponts de chemins de fer. Dans les divers cas, l'importance relative de ces principes varie : on observe naturellement les mêmes conditions de stabilité, mais pour les ponts militaires on admet un coefficient de sécurité inférieur à celui qui correspond aux ponts de chemins de fer. C'est surtout au point de vue de la rapidité d'exécution que le pont militaire se distingue des autres, car, en général, on le monte sous le feu de l'ennemi, avec des ouvriers peu expérimentés.

Le montage des ponts militaires exige un certain nombre d'accessoires, tels que chèvres, palans, bigues. Les sonnettes doivent souvent être improvisées sur place avec les matériaux dont on dispose. En général, les ponts militaires ne comportent que deux simples poutres de rive et ils reposent sur des pontons flottants. Quand il s'agit de ponts de portées très réduites, on emploie soit des arbres abattus à proximité du point de passage, soit des poutres armées amenées toutes prêtes à pied-d'œuvre par les équipages de ponts. Les ponts montés sur tréteaux s'établissent très rapidement avec peu de personnel, surtout quand le lit de la rivière s'y prête et n'est pas trop vaseux.

On emploie souvent aussi les ponts suspendus dont les câbles sont facilement transportables sur les chariots des équipages de ponts; on donne simplement aux câbles une forme parabolique.

Les ponts de bateaux sont peut-être les plus fréquemment employés pour le passage des cours d'eau par les troupes en campagne. On emploie comme supports, soit des barques, soit des corps flottants quelconques. Les pontons sont transportés par des véhicules spéciaux appartenant aux équipages de ponts d'armée ou de corps d'armée; ils supportent en général des tronçons d'éléments amenés également tout montés et que l'on réunit rapidement au moyen de platelages. L'avantage des ponts de bateaux est qu'on peut facilement les improviser sans matériel spécial en réquisitionnant les bateaux de service ou de plaisance, en amont et en aval du point de passage, surtout si l'on est maître d'une des rives : il suffit de choisir des embarcations de flottabilité convenable.

Si les troupes qu'il s'agit de transporter d'un bord à l'autre ne comportent ni convois régimentaires ni artillerie lourde, on emploie simplement des câbles qui servent à diriger au moyen de gaffes des embarcations quelconques. Quand on dispose d'un matériel spécial, notamment de chalands en bois ou en fer, on pourra même passer ainsi des voitures et des pièces d'artillerie, surtout si le passage s'accomplit dans des conditions de sécurité relatives, et sans trop de hâte. On conçoit, en effet, qu'en général, l'établissement d'un pont militaire se fait sous le feu de l'ennemi, sans qu'on soit maître de la rive opposée et que, par conséquent, on ne peut se livrer à aucun calcul autre que des opérations très simples et, par conséquent, très rapides.

(Communication du capitaine *C. E. P. Sankey*, Institution of Civil Engineers, 14 janvier 1913.)

MÉCANIQUE

Sur la réalisation des grandes vitesses angulaires. — On peut communiquer, en toute sécurité, à un rotor quelconque, une vitesse angulaire de rotation atteignant les deux tiers de sa première vitesse critique *propre*, quelque élevée que soit cette dernière.

Si le rotor repose sur des points d'appui élastiques, cette première vitesse critique *propre* est suffisamment élevée pour qu'on puisse construire des turbines à vapeur à une roue utilisant bien le travail disponible dans la vapeur. On peut réaliser également des compresseurs rotatifs à plusieurs roues et des dynamos utilisant toute la puissance fournie par ces turbines, en tournant à leur vitesse.

Toutes les fois que cela sera possible, il y aura lieu de monter, sur un même arbre, le rotor moteur et le rotor mû, pour n'avoir à leur transmettre aucun couple. On pourra relier les deux rotors par un arbre de diamètre assez petit, pour qu'il puisse traverser des presse-

Digitized by Google

étoupes ou organes équivalents. Cette disposition n'est pas applicable, toutefois, au cas de plus de deux rotors montés sur le même arbre.

Le rotor résultant devra pouvoir choisir, à chaque instant, son axe de rotation.

Les coussinets devront donc être portés par des ressorts. Le système ainsi constitué aura une vitesse critique ω, d'autant plus basse que les ressorts employés seront plus souples. Au moment de la mise en route, on calera les coussinets jusqu'à ce que la vitesse critique ω ait été suffisamment dépassée et on les rendra libres après. Lors de de l'arrêt, on recalera les coussinets, dès que la vitesse se rapprochera de la vitesse critique ω. Si la machine est munie d'un régulateur de vitesse, ce qui sera le cas général, on fera exécuter automatiquement des opérations par son tachymètre.

S'il est nécessaire de transmettre un couple au rotor, on le fera au moyen d'un joint flexible, dont la première vitesse critique *propre* sera supérieure à la vitesse normale de rotation. Mais on conservera les coussinets à ressorts du rotor, de manière à pouvoir donner une grande souplesse au joint flexible, sans qu'il soit déformé par le poids du rotor.

Le système constitué par le rotor, par le joint flexible et par les ressorts de suspension aura une vitesse critique ω qu'on passera, comme dans le premier cas, en calant momentanément les coussinets à ressorts.

Enfin, dans tous les cas, on assurera le bon équilibrage du rotor, que ses matériaux soient déformables ou non, en lui adjoignant deux équilibreurs automatiques.

En rendant libre le rotor de choisir, à chaque instant, son axe de rotation, on évitera toute fatigue aux matériaux dont il est constitué, ainsi qu'à ceux du stator.

En disposant des équilibreurs automatiques sur le rotor on rendra inoffensives les vibrations des coussinets, des ressorts de suspension et des joints flexibles, dont la durée deviendra presque indéfinie. En même temps, on pourra réduire les jeux du rotor, dans le stator qui l'entourera, comme s'il reposait sur un arbre rigide porté par des coussinets fixes.

(Communication de M. *Maurice Leblanc*, Association technique maritime, 1912.)

MÉTALLURGIE

Nouvelles études micrographiques sur différents métaux. — MM. Vanderheyden, ingénieur chef de service; Belanger, ingénieur-adjoint; Charlemagne, contrôleur chargé de l'Atelier des essais des Matériaux de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M., ont recherché s'il était possible de déterminer par des observations micrographiques, d'une façon pratiquement exacte, la teneur en arsenic de plaques de foyer en cuivre arsenié, au lieu de procéder à une analyse chimique. Il a été reconnu que, pour 63 échantillons sur 86 examinés, il y avait accord entre les résultats donnés par les deux méthodes, et que l'on arrivait à déterminer micrographiquement la teneur d'une plaque de foyer de cuivre en arsenic, à 0,06 °/₀ près.

On a également étudié la largeur de la zone d'altération par carburation, produite sur les bords des tôles par le découpage au moyen du chalumeau oxyacétylénique. Cette zone d'altération variait, suivant les points, de 0 mm 5 à 5 mm.

On a donc pu admettre le mode de découpage au chalumeau pour des tôles destinées à des longerons de locomotives, en imposant aux constructeurs l'obligation de réserver une zone de 10 mm de largeur entre le bord de la découpure au chalumeau et le tracé définitif, afin d'être certain que tout le métal altéré serait enlevé à la machine-outil.

Un certain nombre de vis de tendeurs d'attelage, en acier doux, à 40 kg. environ de résistance, se rompaient brusquement en service, ou au cours des essais de réception à la rupture, avec un très faible allongement, presque sans striction; elles présentaient une cassure seche entièrement à grains fins.

En découpant une tranche d'une vis non encore essayée, on a reconnu, par des essais à la bille Brinell, que le métal était beaucoup plus dur dans le voisinage du taraudage que dans le milieu. On avait évalué très approximativement à 3 ou 4 mm la profondeur de l'écrouissage.

On a prescrit, en conséquence, dans les cahiers des charges de la Compagnie P.-L.-M., de recuire à nouveau, à 700° C environ, après taraudage, toutes les vis de tendeurs.

A la suite de divers incidents survenus dans la fabrication de pièces forgées en fer de résistance supérieure à 37 kg par millimètre carré (manque de soudabilité en particulier), on a examiné ces fers au microscope, après polissage et attaque à l'acide picrique. On y a découvert des bandes nettement perlitiques, dénotant un métal aciéreux, la teneur en carbone atteignant jusqu'à 0,25 °/₀ et correspondant à une résistance de 55 kg par millimètre carré.

Dans quelques fers, les parties aciéreuses se détachaient en bandes bien nettes, ce qui a fait supposer que certaines forges, pour augmenter la résistance de leurs fers, ajoutaient aux mises en fer puddlé des mises en acier fondu à teneurs en carbone élevées.

Comme il serait peu pratique, lors des opérations de réception, d'appliquer à un lot important de barres la méthode micrographique, qui est du domaine des recherches de laboratoire, la Compagnie P.-L.-M. a décidé de ne plus employer de fers à haute résistance pour toutes les pièces susceptibles d'être fabriquées ou réparées par soudure; on a limité pour ces pièces la résistance des fers à 34 kg par millimètre carré; les fers correspondant à ces données ne renfermant que des traces de carbone très faibles et très disséminées, sont faciles à obtenir sans introduction d'acier fondu ou d'acier puddlé dans les paquets.

(Communication de l'Atelier des essais des Métaux de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M., VI^e^ Congrès international de l'Association internationale pour l'Etude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New-York, Septembre 1912.)

Sur les alliages cuivre-zinc-nickel. — Une addition de nickel à certains alliages cuivre-zinc améliore considérablement leurs propriétés mécaniques, en leur donnant un titre fictif défini par la micrographie nettement supérieur à leur titre réel donné par l'analyse chimique.

(Note de M. *Léon Guillet*, présentée par M. Le Chatelier, Académie des Sciences 23 décembre 1912.)

Enrichissement des minerais de fer et des poussières de hauts fourneaux. Briquettes et agglomérés. — L'utilisation des minerais de fer à faible teneur et des poussières des hauts fourneaux est de grande importance, étant donnée, la constante et très forte augmentation de la production du fer dans le monde.

Cette production, qui était de 12 millions de tonnes en 1870, atteint aujourd'hui le sextuple. L'Allemagne, qui produisait en 1870 1 million 390 000 t de fer brut, en produit 17 1/2 à 18 millions en 1912. Il y a donc lieu de se préoccuper de trouver du minerai pour alimenter les hauts fourneaux allemands, les pays riches en minerais, France, Italie, pays scandinaves, Inde, Chine, Japon, et même quelques républiques sud-américaines et l'Australie exploitant de plus en plus leurs propres minerais au profit de leur industrie nationale, en croissance ou en voie de création.

On admet (Congrès international de Géologie, Stockholm, août 1910) que le stock mondial en minerais de fer actuellement exploitables est environ de 22 milliards de tonnes, contenant en gros 10 milliards de tonnes de fer, stock qui serait épuisé en soixante ans, si la consommation continuait à suivre la même marche ascendante.

Il existe, en outre, 123 milliards de tonnes de minerais (soit 53 milliards de tonnes de fer), dont l'exploitation ne serait pas avantageuse actuellement, mais pourrait le devenir, les conditions économiques changeant et les moyens d'extraction se perfectionnant; d'ailleurs un quart seulement des continents sont suffisamment connus pour permettre l'estimation de leurs richesses minières. L'Allemagne, avec 3 600 millions de tonnes de minerai de fer actuellement utilisables, se place au deuxième rang des divers pays du monde. Sa consommation de minerai, qui a sextuplé depuis 1880, s'est élevée en 1911 à 40 millions de tonnes, dont 11 millions environ ont été importées de l'étranger, tandis que 2 millions et demi ont été exportées. Quoique le stock soit loin de devoir être épuisé, le besoin commence à se faire sentir d'exploiter les minerais de moindre valeur, tels que les minerais grenus, pulvérulents, ou à faible teneur en fer, et les poussières de hauts fourneaux.

Leur traitement, quand on emploie tels quels ces minerais dans le haut fourneau, et dès que la proportion en est un peu élevée, offre quelques difficultés et certains inconvénients, qu'on cherche à éviter par l'enrichissement des minerais pauvres et par l'emploi des minerais grenus et pulvérulents sous forme de briquettes ou d'agglomérés.

On estime le déchet en minerai pulvérulent dans le bassin lorrain-luxembourgeois à environ 15 °/₀, soit, pour l'année 1911, à 3,6 millions de tonnes, dont la valeur n'est pas à négliger.

Digitized by Google

On produit annuellement en Allemagne 1 800 000 de tonnes de poussières de hauts fourneaux, contenant environ 700 000 t de fer, dont l'extraction serait rémunératrice. Aussi existe-t-il déjà des installations, qui traitent annuellement de 200 000 à 300 000 t de minerai fin et de poussières pour les convertir en briquettes et en agglomérés.

La question de l'enrichissement peut être considérée comme résolue, grâce au traitement magnétique; par contre, la fabrication des briquettes et des agglomérés n'en est qu'à ses débuts. Il ne paraît pas qu'on ait trouvé jusqu'à présent pour la fabrication des briquettes un procédé qui soit nettement supérieur aux autres (1). Il n'a pas été pris à ce sujet moins de 76 brevets dans les six dernières années. On a mis en pratique un certain nombre de procédés qu'on peut répartir en deux groupes :

1° La fabrication des briquettes avec addition d'un corps agglomérant;

2° La fabrication des briquettes par la formation de sortes de scories de fer.

C'est à l'épreuve, par un essai de longue durée au haut fourneau, qu'on peut se rendre compte de la qualité de produits agglomérés et de la valeur du procédé.

(Communication de MM. *Kurt Lorge* et *Alois Weiskopf*, Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Dusseldorf, 1er décembre 1912.)

Nouveau procédé de fabrication de l'acier fondu en vue d'augmenter le rendement. — Au lieu de charger la fonte en une seule fois, l'auteur propose d'en faire fondre, au préalable, une fraction égale à environ 5 °/₀ à 10 °/₀ et d'ajouter peu à peu le reste de la charge dans ce premier bain de métal fondu. Quand le chargement de la fonte est terminé et que l'élimination de la silice est suffisante pour que l'on puisse surchauffer le métal sans perte, on porte le bain à l'ébullition et on procède à l'addition de riblons d'acier avec assez de lenteur pour que l'on puisse maintenir le bain constamment liquide. Cette manière d'opérer est beaucoup plus pratique, plus sûre et plus économique que tous les procédés analogues. Le rendement est augmenté, parce que les charges de fonte seule sont beaucoup plus faciles à traiter que les charges mixtes de fonte et de riblons d'acier. Les matériaux réfractaires du four ne sont soumis à aucun changement brusque de température susceptible de les détériorer.

(Communication de M. *F. W. Paul*, de Glasgow, Iron and Steel Institute, Leeds, septembre 1912.)

Ressources du Chili en minerais de fer. — L'auteur signale l'existence de puissants gisements de minerais de fer répandus dans un grand nombre de provinces du Chili. Les plus importants et les plus purs sont ceux que l'on exploite dans les provinces de Coquimbo et d'Atacama, près des ports de Pan, de Agucar et de Chanaral. Ces minerais contiennent de 45 à 50 °/₀ de fer, teneur qui monte à 64 °/₀ pour les minerais provenant des départements de Copiapo et de Freirina. Les minerais de Toso (Coquimbo) ont donné à l'analyse jusqu'à 68,50 de fer et alimentent les hauts fourneaux de Corral, appartenant à la Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du Chili : leur port d'embarquement est Cruz Grande. D'autres gisements, moins bien situés, au point de vue des facilités de transports, se trouvent dans la province de Santiago. Les hauts fourneaux de Corral fonctionnent au bois, le pays étant dépourvu de combustibles minéraux pouvant fournir un bon coke métallurgique. Les progrès actuels de la chimie industrielle ont permis de récupérer les sous-produits fournis par ces hauts fourneaux, qui consistent principalement en acide acétique, en goudron et en alcool méthylique. Chaque tonne de bois fournit 50 kg d'acétate de soude du commerce, 50 kg de goudron et 8 kg d'alcool méthylique.

(Communication de M. *Ch. Vattier*, Iron and Steel Institute, Leeds, septembre 1912.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Sur une méthode expérimentale pour déterminer à l'avance les tensions qui se produiront dans les constructions. — Si l'on soumet une feuille de verre à des efforts situés dans son plan et si l'on fait tomber normalement sur elle un rayon polarisé en chaque point : 1° elle transmet deux vibrations parallèles aux tensions principales, dont on peut ainsi déterminer la direction; 2° la différence de marche de ces deux vibrations permet de calculer la différence des tensions principales, au moyen des déterminations de Werthein; 3° la variation d'épaisseur fait connaître la somme de ces tensions.

Au contour des pièces, la troisième mesure est inutile, la tension principale perpendiculaire au contour étant nulle.

On sait, d'autre part, que les tensions en élasticité à deux dimensions dépendent d'une équation différentielle, qui ne contient pas les coefficients d'élasticité. Donc, si les conditions aux limites ne dépendent pas des coefficients d'élasticité, la solution est complètement indépendante de ceux-ci.

La répartition des tensions dans le verre est alors identique à celle qu'on aurait dans une matière quelconque.

Jusqu'à présent, on n'a appliqué ces procédés qu'à l'étude des pièces de forme simple. L'auteur s'en est servi notamment pour rechercher l'étendue des perturbations causées par les charges concentrées. Il a vérifié aussi les formules de Bresse sur les arcs encastrés, en fixant l'arc dans un cadre large de même matière appuyé en deux points sur un plan horizontal. (Les charges verticales de l'arc et les réactions à l'extérieur du cadre étaient indépendantes des coefficients d'élasticité.)

Quand on veut découper les pièces de verre, les user, pour obtenir des épaisseurs variables, comme dans des poutres en I, on éprouve de grosses difficultés parce que, d'une part, le prix du travail est très élevé et que, d'autre part, le recuit n'a jamais fait disparaître toutes les tensions intérieures; la suppression d'une partie des blocs rompt l'équilibre et fait apparaître des tensions considérables très gênantes. Il est presque impossible de faire des blocs évidés rappelant les formes des pylônes, par exemple, qu'on a constamment à étudier.

Si l'on essaie de souder les pièces de verre entre elles, la difficulté est la même. On ne peut, malgré toutes les précautions, éviter des effets de trempe importants. On ne peut les corriger par le recuit sans risquer de déformer des modèles coûteux.

On a réussi à obtenir d'excellents résultats en collant simplement avec de la gélatine rendue soluble à froid, les unes sur les autres, des pièces de verre découpées dans des feuilles de glace recuites avec soin.

La colle est bien transparente et ne gêne pas les observations; elle donne, une fois sèche, une adhérence tangentielle de 5 kg par millimètre carré environ, ce qui suffit généralement. On construit le modèle couché et on le laisse sécher dans cette position, ce qui évite à peu près complètement les tensions intérieures. On élimine, lors des expériences, les petites tensions restantes, en opérant par différence entre les mesures faites sur le modèle sans charge et sur le modèle chargé.

Il devient ainsi facile de contrôler expérimentalement les méthodes approximatives qu'on peut essayer pour tenir compte, dans les ponts en arc, de la solidarité du tablier et de l'arc. Le calcul rigoureux est trop compliqué et, jusqu'à présent, on négligeait généralement, dans les calculs, tout ce qui n'est pas l'arc proprement dit, mais, par suite de la solidarité, les résultats sont modifiés dans une proportion considérable. On pouvait se contenter de résultats grossièrement approchés quand on construisait de petits ouvrages dans lesquels l'économie de matière était secondaire. Mais aujourd'hui, avec les grandes portées, il est indispensable de serrer le problème de plus près.

Pour un projet de pont de 97 m d'ouverture à arc encastré et tablier partiellement solidaire de l'arc, on a fait faire un modèle à l'échelle de 3 mm par mètre. Ses dimensions ont été déterminées au dixième de millimètre d'après un projet de l'ouvrage. On a ramené les sections à des rectangles au moyen de formules de similitude mécanique appropriées. Il a été possible d'obtenir : 1° les points où se produiront les plus grandes tensions; 2° les combinaisons de charges les plus défavorables; 3° la valeur des plus grandes tensions ou pressions.

Les résultats obtenus, d'une part, par addition des effets des charges partielles et, d'autre part, par application directe de la charge totale la plus défavorable, n'ont donné qu'une différence inférieure à 1 °/₀ sur les plus grandes tensions ou pressions.

Le prix de revient du modèle n'a pas atteint le millième de celle de l'ouvrage.

(Note de M. *Mesnager*, présentée par M. H. Le Chatelier, Académie des Sciences, 25 novembre 1912.)

1. Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 2, 15 janvier 1913, p. 78.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL INDUSTRIEL

La loi du 31 décembre 1912, modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prevoyance sociale, relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs.

Les modifications qu'apporte la loi nouvelle aux articles 65 et suivants du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale, dans lesquels ont été incorporées les dispositions de la loi des 12 juin 1893 et 11 juillet 1903 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs, se réfèrent : 1° aux *établissements assujettis* ; 2° à la *sanction des prescriptions légales* ; 3° à la *déclaration des chantiers temporaires*.

1° Établissements assujettis. — La loi nouvelle complète l'article 65 du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale, qui énumère les établissements assujettis, en ajoutant à cette énumération les *théâtres, cirques et autres établissements de spectacles* et leurs dépendances.

2° Sanction des prescriptions légales. — D'après les anciens articles 66 à 70 du Code du travail, la réglementation légale de l'hygiène et de la sécurité des travailleurs comprenait deux ordres différents de prescriptions : les unes édictées par la loi elle-même, les autres déterminées par des règlements d'administration publique rendus après avis du Comité consultatif des arts et manufactures. Cette distinction présentait une importance considérable au point de vue des poursuites exercées en cas de contravention.

Les contraventions aux prescriptions édictées par la loi pouvaient faire l'objet de poursuites directes et immédiates, dès qu'elles avaient été constatées par les inspecteurs du travail.

Quant aux contraventions aux prescriptions déterminées par les règlements d'administration publique, elles ne pouvaient être poursuivies qu'après une mise en demeure préalable que les inspecteurs du travail étaient tenus d'adresser au contrevenant : « cette mise en demeure, disait l'ancien article 69 du livre II du Code du travail, est faite par écrit sur le registre de l'établissement ; elle est datée et signée, indique les contraventions relevées et fixe un délai à l'expiration duquel ces contraventions doivent avoir disparu. Ce délai n'est jamais inférieur à un mois ». De son côté, le contrevenant avait le droit d'adresser une réclamation au ministre du Travail, en vue d'obtenir le retrait de la mise en demeure ou une prolongation de délai (maximum 18 mois).

Cette distinction des anciens textes entre les contraventions, dont les unes étaient immédiatement punissables et dont les autres nécessitaient une mise en demeure préalable, avait été l'objet de très vives critiques, sinon dans son principe, au moins dans ses applications.

Sans doute, la formalité de la mise en demeure préalable se conçoit dans certaines hypothèses spéciales, par exemple lorsqu'il s'agit d'appliquer des prescriptions qui seraient de nature à soulever des questions d'appréciation et d'interprétation, ou bien encore lorsqu'il y a lieu d'imposer des mesures dont l'exécution exige des études préalables, des travaux importants de transformation et des grandes dépenses : l'on comprend que, dans ces conditions, un délai relativement étendu soit accordé au contrevenant pour se mettre en règle avec la loi.

Mais ces hypothèses sont relativement rares. Dans la plupart des cas qui, d'après les anciens textes, exigeaient une mise en demeure préalable, il s'agissait de prescriptions qui ne prêtaient pas à controverse et qui pouvaient être exécutées immédiatement et sans dépense excessive : telles étaient notamment les prescriptions concernant l'obligation de la ceinture de sûreté pour les travaux dans les puits, conduites de gaz, et autres appareils contenant des gaz délétères, l'isolement des moteurs par des cloisons ou barrières de protection, les rampes des escaliers, les garde-corps des échafaudages, les dispositifs protecteurs des bielles, volants de machines, arbres de transmission, engrenages, etc.

Dans ces divers cas, la nécessité d'une mise en demeure préalable ne se comprend plus ; et ce qui se justifie encore moins, c'est le délai minimum d'un mois accordé par l'ancien texte pour exécuter les prescriptions légales. Comme le disait justement le rapporteur du projet de loi à la Chambre des députés, M. Arthur Groussier, « lorsqu'il s'agit de travaux dans les puits, conduites de gaz, canaux de fumées et autres appareils pouvant contenir des gaz délétères, il n'est pas possible d'attendre un mois pour exiger, conformément au décret du 29 novembre 1904, que les ouvriers soient attachés par une ceinture de sûreté. Cela n'est pas davantage possible lorsqu'il s'agit de couvrir un engrenage dangereux ou d'installer un garde-corps à un échafaudage. Accorder un délai d'un mois lorsqu'il s'agit notamment de travaux dans un puits ou sur un échafaudage, c'est permettre la mise en échec des dispositions protectrices de la loi : car il y a de grandes chances pour qu'au bout de ce laps de temps, la fosse ou le puits soit nettoyé ou réparé, ou que l'échafaudage ait disparu ».

La loi nouvelle a tenu compte de ces critiques.

Elle a maintenu le principe de la distinction entre les contraventions qui entraînent des poursuites immédiates et celles qui nécessitent une mise en demeure préalable. Mais elle a apporté aux anciens textes qui réglementaient ce principe deux modifications considérables qui sont les suivantes.

En premier lieu, la loi nouvelle considère comme des prescriptions pouvant donner lieu à des poursuites immédiates, sans mise en demeure préalable, toutes celles qui « offrent le double caractère : d'une part, de n'être sujettes ni à controverse, ni à appréciation, et, d'autre part, de pouvoir être exécutées immédiatement et sans grande dépense ».

Ces prescriptions qui, antérieurement, étaient pour la plupart déterminées par des règlements d'administration publique, ressortent désormais de la loi. Elles sont énumérées et précisées par l'article 66 *a* nouveau du Code du travail qui est ainsi conçu :

« Les ouvriers appelés à travailler dans les puits, conduites de gaz, canaux de fumée, fosses d'aisances, cuves ou appareils quelconques, pouvant contenir des gaz délétères, doivent être attachés par une ceinture ou protégés par un autre dispositif de sûreté.

« Les puits, trappes et ouvertures de descente doivent être clôturés.

« Les moteurs doivent être isolés par des cloisons ou barrières de protection.

« Les escaliers doivent être solides et munis de fortes rampes.

« Les échafaudages doivent être munis de garde-corps rigides de 90 cm de haut.

« Les pièces mobiles suivantes des machines et transmissions : bielles et volants de moteurs, roues, arbres de transmission, engrenages, cônes ou cylindres de friction, doivent être munis d'un dispositif protecteur ou séparés des ouvriers, à moins qu'elles ne soient pas à portée de la main.

« Il en est de même des courroies ou câbles traversant le sol d'un atelier ou fonctionnant sur des poulies de transmission placées à moins de 2 m du sol.

« Le maniement à la main des courroies en marche doit être évité par des appareils adaptés aux machines ou mis à la disposition du personnel. »

En deuxième lieu, et pour les autres prescriptions qui ne sont pas visées par l'article 66 *a* et qui, comme telles, nécessitent toujours une mise en demeure préalable, la loi nouvelle abrège avec raison le délai qui est imparti au contrevenant pour les mettre à exécution. D'après l'article 69 nouveau, le minimum de ce délai, qui était auparavant d'un mois, est réduit à quatre jours, en principe et sauf à tenir compte des minima particuliers qui pourraient être établis pour certains travaux par les règlements d'administration publique.

Il y a lieu de remarquer d'ailleurs que le contrevenant conserve toujours le droit d'adresser une réclamation au ministre du Travail dans les quinze jours qui suivent la mise en demeure, s'il estime que le délai qui lui a été accordé est insuffisant. A cet égard, le nouvel article 70 maintient l'ancien texte : il spécifie toutefois que ladite réclamation est suspensive, et il ajoute, d'autre part, que le réclamant peut être entendu, s'il y a lieu, par le comité consultatif des arts et manufactures auquel est soumise sa réclamation.

3° Déclaration des chantiers temporaires. — Jusqu'à présent, la législation française n'obligeait pas les industriels ou les commerçants qui ouvrent un établissement soumis aux lois ouvrières à en faire la déclaration à l'inspection du travail. « Cette lacune est surtout grave, disait le rapporteur du projet de loi à la Chambre des députés, non pas lorsqu'il s'agit d'établissements permanents que les inspecteurs peuvent arriver à découvrir, mais lorsqu'il s'agit de chantiers temporaires qui, à raison même de leur durée limitée, risquent le plus souvent d'échapper à l'attention des inspecteurs, alors que l'exécution des prescriptions d'hygiène risque, par suite de leur instabilité même, d'y être plus négligée. »

Il était donc nécessaire d'obliger les chefs d'établissements à prévenir l'inspection du travail de l'ouverture des chantiers temporaires, à la condition toutefois que ces chantiers présentent une certaine importance et soient ouverts pour une certaine durée.

C'est ce que décide le nouvel article 90 *b* du Code du travail, qui est ainsi conçu :

« Les chefs d'établissement énumérés à l'article 65 doivent également établir une liste de chantiers temporaires et tenir cette liste à la disposition de l'inspecteur du travail au siège de leur établissement.

« Ils doivent en outre aviser par écrit l'inspecteur du travail de l'ouverture de tout chantier occupant dix ouvriers au moins pendant plus d'une semaine. »

Date d'application de la loi nouvelle. — Aux termes de l'article 8 de la loi, elle n'est applicable que six mois après la date de sa promulgation.

Em. Cohendy,
Professeur à la Faculté de droit de l'Université de Lyon.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Marbeheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (*1er Semestre*). — TOME VI. — N° 5. 1er MARS 1913

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

QUALIFICATION ET ESSAIS DES MATIÈRES ISOLANTES

La littérature électrotechnique est, en fait, assez pauvre en ce qui concerne la connaissance effective des qualités des matériaux isolants et des méthodes d'essais permettant de les identifier.

Quand on parcourt la documentation des divers pays où la construction électrique est la plus active, on est frappé de l'absence de programme d'études systématiques de ces matériaux, malgré la place si importante qu'ils doivent occuper dans les préoccupations des techniciens.

Les traités spéciaux, peu nombreux, ne contiennent guère, en effet, que des renseignements descriptifs et quelques rares indications sur les propriétés physiques les plus classiques des isolants. Quant aux qualités qui rendent ces matières plus particulièrement aptes à leur emploi dans la construction des appareils, c'est presque en vain qu'on en rechercherait des traces dans les écrits épars dans les revues ou dans les ouvrages de caractère un peu spécial.

Il est même remarquable que les réflexions des écrivains compétents ne se soient pas particulièrement étendues et manifestées sur une question si capitale pour la vitalité et la conservation des appareils.

Un parallèle avec ce qui se poursuit sans cesse, dans un ordre d'idées similaires, pour les métaux et la connaissance expérimentale approfondie de leurs propriétés, ferait ressortir l'insouciance apparente des techniciens pour l'analyse et la définition des propriétés des isolants au point de vue de leurs applications à la pratique industrielle.

Le fruit des expériences répétées dans un cadre aussi vaste que celui des applications de l'électricité a été toutefois, dans ces dernières années, d'amener un mouvement très net en faveur de l'étude méthodique des isolants.

En particulier, en Allemagne, l'Association des électrotechniciens (V. D. E.) avait chargé une Commission spéciale de préparer un programme d'essais et de qualification des matières isolantes; l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 11 mai 1912 a publié un rapport de M. le Dr Passavant sur cette question. L'importance de ce travail est considérable, quant à l'orientation des vues, la méthode de travail poursuivie et les dispositifs expérimentaux préconisés; il ouvre réellement une voie à l'initiative des techniciens que cette question intéresse.

Nous avons cru qu'à ce titre les lecteurs de *La Technique Moderne* prendraient connaissance, avec intérêt, d'une traduction que nous nous sommes surtout attaché à rendre fidèle et précise dans tous les détails.

Le développement de l'électricité, dans toutes les branches de la technique, oblige le constructeur à imaginer des appareils supportant de grandes intensités et d'importance rapidement croissante. Les dispositifs de ces appareils doivent non seulement être d'un fonctionnement mécanique sûr, mais en outre, appropriés physiquement aux phénomènes électriques qu'ils ont à régler et à commander.

Par-dessus tout, il est nécessaire que les effets électriques dont ils sont le siège ne puissent s'exercer sur les objets environnants, c'est-à-dire que, même dans le cas d'un défaut accidentel, les conséquences de celui-ci doivent rester localisées dans l'appareil seul et ne pouvoir se propager vers l'extérieur.

Cette considération impose, comme conséquence naturelle, que les parties conductrices soient isolées de telles sorte que leurs éléments extérieurs, même en cas d'avarie, ne puissent jamais se trouver sous tension.

Il existe donc un lien intime entre la construction des appareils et la technique des matières isolantes; l'appareil idéal à fort courant, ne doit contenir que du métal spécialement adapté, tant que la question de conductibilité du courant est en cause. Pour les autres parties, support des conducteurs ou habillage, il est nécessaire d'envisager l'emploi de matières isolantes.

Les matières isolantes actuellement employées sont, en partie, des matières naturelles — en partie, des compositions artificielles. Ce dernier type a pris rapidement, depuis quelques années, une grande importance, parce qu'on a réussi à améliorer les qualités des isolants artificiels et à les introduire dans la construction des appareils sous une forme mieux appropriée. On conçoit qu'il existe encore une certaine incertitude sur les conditions à remplir pour ces nouveaux matériaux de construction et, par suite, pour distinguer les unes des autres, les propriétés, des matières isolantes actuellement dans le commerce. Une telle différenciation est assez fondée, car la qualification propre à une matière de construction se juge essentiellement d'après le but particulier auquel on la destine. D'un autre côté, dans les débuts surtout, on a donné beaucoup trop d'importance aux qualités élémentaires purement électriques, c'est-à-dire que les matières en question furent principalement essayées au point de vue de leur résistance d'isolement dans les conditions normales, toutes les circonstances accessoires intervenant en service et devant logiquement être prises en considération (comme l'action de la température et de l'humidité), ainsi que les qualités purement mécaniques étant laissées de côté. La notion de cette méprise, ainsi que la conviction de l'importance de la qualité des matières isolantes pour une fabrication et un emploi raisonnés, firent souhaiter qu'on pût développer et fixer les conditions auxquelles devrait satisfaire cette sorte de matériaux en général et dans les cas particuliers de la construction des appareils. La Commission spéciale du matériel d'installation, en se reportant à ses travaux antérieurs, reconnut bientôt que le sujet, en raison de sa difficulté, exigeait d'être traitée par une Commission spéciale.

Celle-ci devait tout d'abord, indépendamment des intérêts des diverses firmes, fixer les besoins de la technique et essayer de trouver le moyen d'y satisfaire; elle fut constituée par des person-

Digitized by Google

nalités n'ayant pas de relations par elles-mêmes avec la fabrication des matières isolantes, et par des représentants des établissements susceptibles d'avoir plus tard à s'occuper de la poursuite finale des méthodes d'essais et de la conduite courante des recherches.

Après avoir éclairé le domaine du travail, un accord avec les fabricants de matières isolantes eux-mêmes, dont la collaboration était indispensable, sa poursuite touchant finalement à leur propre intérêt, devait naturellement être recherché.

Le caractère particulier du domaine à explorer imposait surtout d'éviter la discussion de détails techniques avec les représentants mêmes des fabricants, la fabrication des matières isolantes reposant en partie sur des secrets de fabrication qui, dans une discussion inconsidérée, courraient le risque d'être découverts par des tiers compétents expérimentés.

Les premières propositions pour l'essai des matières isolantes embrassaient tous les matériaux employables; on vit aussitôt l'impraticabilité d'un tel travail, soit en raison du temps qu'il eut pris, soit, de plus, parce que les conditions à poser pour les diverses matières étaient trop variées. Par analogie avec la marche suivie par le V. D. E., dans d'autres questions, la Commission limita son étude aux conditions pour lesquelles la tension de service la plus élevée ne dépassait pas 500 volts, et aux matières isolantes dites « artificielles » constituées essentiellement de substances inorganique avec agglomérants organiques.

Par ailleurs, on ne devait pas perdre de vue l'extension ultérieure des méthodes d'essais à d'autres matières et sous d'autres conditions de service, en sorte que de nouveaux domaines puissent être plus tard ajoutés à ceux explorés en premier lieu.

D'accord avec les délégués du Laboratoire royal d'essais des Matériaux et du Physikalisch Reichsanstalt, on disjoignit, du programme initial d'essais, toutes les méthodes considérées comme non indispensables; finalement, pour se conformer le plus possible aux conditions de la pratique, on établit une division du programme de travail suivant le but envisagé pour l'emploi de la matière isolante.

La première discussion des méthodes d'essais montra que les bases de recherches sur lesquelles il aurait été nécessaire de s'appuyer n'existaient pour ainsi dire pas et devaient, par suite, être l'objet de recherches préalables.

Ces recherches, et en particulier celles relatives aux influences chimiques, devaient être, autant que possible, limitées aux besoins de la pratique, en laissant de côté les cas extrêmes ne s'y rencontrant pas. Il convenait également de négliger les cas d'emploi tout à fait spéciaux, parce que, dans l'intérêt du constructeur comme de la technique, il y a lieu de définir d'abord les matériaux qui peuvent satisfaire aux exigences normales (en donnant à ce mot un sens suffisamment large).

Le matériel pour les recherches, ainsi que les fonds nécessaires, furent fournis par les fabricants de matières isolantes en relations particulières avec les laboratoires d'essais.

Pour ces essais, il convenait d'employer, non pas des matériaux choisis, mais des matériaux courants, pour lesquels l'essai devait établir l'état actuel de la technique. C'est dans ce sens également qu'il faut considérer les résultats des recherches; ils ne représentent pas ce qui peut être obtenu de mieux au point de vue qualitatif absolu, mais pourront orienter les fabricants pour la recherche des améliorations et rehausser, en connaissance de cause, la qualité de leurs produits.

Le programme, pour l'essai des matières isolantes, prévoyait :

a) Un essai mécanique;

b) Un essai chimico-physique;

c) Un essai des qualités électriques.

Les deux premiers groupes de recherches furent entrepris par le Laboratoire Royal d'Essais des Matériaux, le troisième groupe par le P. T. R. (1).

(1) Physikalisch Technisch Reichsanstalt.

A la fin d'avril 1910, le matériel d'essais était prêt, installé et le travail pouvait être commencé; il fut terminé à l'automne de 1911.

En vue d'assurer une impartialité absolue dans le jugement à porter sur les résultats des recherches et ne pas nuire aux intérêts des maisons de construction participantes, la matière à essayer n'était désignée que par une marque. Chacune fut, par suite, définie par un numéro d'ordre seulement; la correspondance de ces chiffres ne fut connue, en dehors des Laboratoires d'essais, que par le Secrétaire général du V. D. E.

Dans un but d'unification, les matériaux d'essais furent fournis sous des formes imposées; les matériaux dits « façonnables » étaient livrés en plaques de $1 \times 20 \times 20$ cm; ceux dits « non façonnables » en pièces d'essais comprimées à leurs formes définitives, savoir :

60 barrettes plates	$10 \times 15 \times 120$ mm
6 pièces.	$10 \times 30 \times 30$
20 pièces.	$10 \times 15 \times 15$

Les échantillons, présentés pour la détermination de la cohésion, pourvus de boulons incorporés dans la masse (diamètre 14 mm environ, filetage Whitworth) furent exécutés par les firmes participantes, avec leurs formes particulières, et munies de l'estampille du Laboratoire royal d'essais des matériaux.

Pareillement, pour l'étude de l'action chimique de la matière elle-même sur une plaque de métal (cuivre, fer, manganèse) incorporée, des pièces de forme furent remises par les mêmes firmes et essayées.

L'exposé suivant des conditions d'essais est un extrait du compte rendu du Laboratoire d'essais. Le rappel ici de toutes les particularités de la marche du travail aurait entraîné trop loin.

Les Laboratoires ayant eu à examiner 16 espèces de matériaux fournis par 10 firmes différentes, c'est à ces matériaux que se limite le compte rendu officiel. (Pour le détail des conditions des essais des matières isolantes par le Bureau royal d'essais des matériaux, voir les comptes rendus de ce Bureau.)

Il importe de signaler que certains matériaux d'emploi fréquent, par exemple les isolants en papier imprégné, n'y figurent point.

Recherches du Laboratoire royal d'essais des matériaux (Prusse).

L'épreuve mécanique et chimique a été répartie en catégories, comme suit :

A. — Propriétés techniques-mécaniques: *a*) ténacité : *b*) commodité de façonnage.

B. — Endurance à la chaleur : *a*) solidité sous l'influence de la chaleur; *b*) maintien de la combustion en présence d'une étincelle.

C. — Propriétés chimiques.

A. — Propriétés techniques-mécaniques.

La suite des essais de solidité aux températures normales est indiquée par le tableau schématique I; en dehors des différents essais mécaniques relatifs aux éprouvettes, on a déterminé le poids spécifique de chaque matière, soit par pesées dans l'eau et dans l'air, soit, quand l'imperméabilité de la matière ne le permettait pas, par le cubage et le poids du corps de forme régulière.

La commodité de façonnage était appréciée par les essais suivants :

1° Découpage, au moyen de scies à ruban rapides, en observant, pour une surface de coupe déterminée, les éléments ci-après :

Nombre des réaffutages nécessaires pour la lame de scie; façon dont la matière se comportait; qualité de la surface taillée; étincelles, arrachements, particules minérales imprégnantes; effilochage de la matière imprégnante, etc.;

Digitized by Google

2° Rabotage : sur une surface rabotée d'environ 580 cm², en notant les données ci-après :

Vitesse de coupe et largeur de passe.

Durée du travail de rabotage et de finissage éventuel.

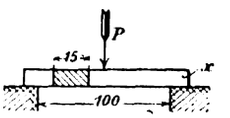
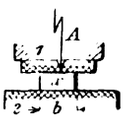
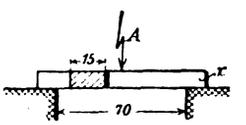
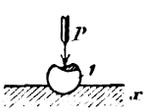
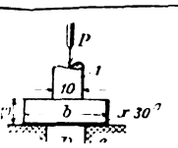
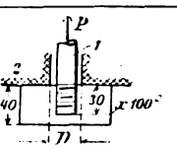
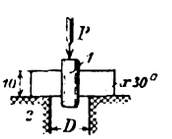
Nombre d'affutages de l'outil et observations particulières sur la facilité de travail et l'aspect de la coupe;

3° Perçage et taraudage.

L'échantillon à essayer à la compression était placé dans un cylindre en acier 2.

Un alésage 3, pratiqué dans le poinçon 1, un autre, 4, pratiqué dans le cylindre 2 étaient prévus pour l'introduction de thermomètres.

TABLEAU I. — REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES MÉTHODES D'ESSAIS.

DÉSIGNATION des essais	NATURE DES ESSAIS	SCHÉMA	NOMBRE d'essais	DIMENSIONS des échantillons mm	OBSERVATIONS
A_1	Flexibilité.		3	10 × 15 × 120	L'éprouvette x, posée sur un appui s, est soumise, sans choc, à un effort local P à la flexion.
A_2	Compressibilité.		3 3	10 × 15 × 15 10 × 30 × 30	L'échantillon x est placé entre 2 plaques parallèles et soumis à un effort de compression P.
A_3	Compression avec choc.		3	10 × 15 × 15	Détermination du travail au choc de A cm. kg nécessaire pour amener la destruction de l'échantillon x.
A_4	Flexion avec choc.		3	10 × 15 × 120	Id.
A_5	Dureté (méthode Martens et Heyu).		3	Utilisation des pièces ayant servi à l'essai A_4.	Une bille 1 de 5 mm de diamètre reçoit un effort P qu'elle transmet à l'échantillon x et pénètre dans celui-ci à une profondeur à déterminer.
A_6	Résistance à la perforation.		1 1 1	D = 12 = 15 = 20	L'échantillon x est percé, suivant une matrice 2, de diamètre D, soumise à l'action d'un poinçon 1 auquel est appliqué un effort P.
A_7	Cohésion sous une traction exercée par un boulon de 18 mm de diamètre (filetage Withworth).		1 1 1	D = 24 = 31 = 64	Un boulon 1 d'environ 18 mm (5/8 de pouce) de diamètre est vissé dans l'échantillon et sollicité par un effort P exerçant une traction sur ledit échantillon appuyé contre une matrice 2 alésée au diamètre D.
A_8	Cohésion (filetage système Löwenherz de 5 mm).		1 1 1	D = 10 = 15 = 20	Une vis 1, à filetage système Löwenherz, de $\frac{5}{3,5}$ mm de diamètre étant insérée dans l'échantillon x, celui-ci appuyé contre la matrice d'alésage D est soumis à l'effort de compression P

B. — ACTION DE LA CHALEUR.

1° *Ténacité à la compression aux températures élevées.* — Un certain temps étant nécessaire pour porter les échantillons à essayer à la température voulue, on les serrait entre deux plaques et on les chauffait au moyen du dispositif indiqué par la figure 1.

Le dispositif dans lequel l'échantillon était inséré, muni d'une poignée 14, était porté dans le four cylindrique (7 à 10) et chauffé à l'aide d'une flamme d'un bec Bunsen (11).

La température prescrite était maintenue durant 15 minutes et réglée par l'arrivée du gaz.

L'échantillon x muni du dispositif 1 était aussitôt porté à la machine à essayer; on opérait rapidement la compression sur les échelles 12 et 13. Par mesure de contrôle, on s'assurait, en suivant le thermomètre inséré dans le trou 4 du corps en acier 2, que la température prescrite ne variait pas sensiblement durant l'opération.

Digitized by Google

Les essais n'ont pas été effectués, pour les diverses matières considérées, à une même température, les diverses firmes intéressées ayant exprimé, à cet égard, des désirs différents et spécifié les températures à appliquer ;

2° *Endurance sous l'effet de la chaleur dans l'essai Martens : Réalisation des essais et forme de l'échantillon ; voir le schéma des essais* (*tableau* II). — Le couple appliqué à l'extrémité de l'éprouvette *x* produit dans toute la partie libre tendue de celle-ci la même contrainte à la flexion de 100 kg : cm².

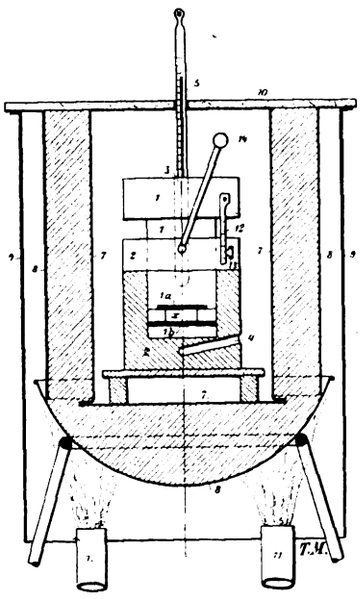


FIG. 1. — Dispositif de chauffe des échantillons.

L'appareil pouvant contenir 10 échantillons, était garni de ceux-ci, placé dans un coffre et porté lentement à des températures croissantes.

La température était mesurée par un thermomètre placé dans le voisinage des éprouvettes, l'abaissement du bras de levier était mesuré à l'aide d'une jauge.

On détermina, pour trois éprouvettes de chaque matière, la température *t* pour laquelle se produisaient soit la rupture (t_1) sous la contrainte constante à la flexion de 100 kg : cm², soit des déformations continuellement croissantes, indiquant la limite de ténacité mécanique de la matière sous des contraintes connues (t_1). (Limite d'élasticité.)

3° *Modifications des matières isolantes par un séjour dans l'air sec à 100° C.* — Les éprouvettes, pour des observations durant jusqu'à trois semaines, étaient placées dans un espace chauffé, posées par leurs faces latérales sur des cadres, en restant soumises uniquement à l'action de leur propre poids.

A intervalles déterminés, les échantillons étaient pesés et mesurés pour déterminer la variation de leur poids, la flèche due à celui-ci ainsi que les modifications et déformations diverses (cavités, rides) et l'aspect extérieur.

4° *Modifications des matières par exposition à la chaleur de la vapeur d'eau à 100° C et par refroidissements répétés.* — Les échantillons étaient placés comme il a été indiqué au paragraphe 3, au-dessus d'eau bouillante et soumis journellement pendant cinq heures aux effets de la vapeur d'eau à 100° C, puis refroidis ; après quoi, ils étaient pesés et mesurés. Chaque fois, après deux expériences consécutives, on plaçait les échantillons dans une chambre à la température et dans les conditione hygrométrique normales atmosphériques.

5° *Endurance des matières imbibées d'eau après 25 congélations.* — Les échantillons, après immersion, durant trois mois dans l'eau, étaient soumis à 25 congélations ; on notait leurs changements d'aspect extérieur après ce traitement.

6° *Inflammabilité.* — Les éprouvettes étaient fixées horizontalement, l'une de leurs extrémités étant placée pendant cinq minutes dans la flamme d'une lampe à alcool, d'une lampe Bunsen et d'un bec de gaz.

C. — Propriétés chimiques.

La recherche des propriétés chimiques des isolants nécessite une distinction entre les influences actives et passives, c'est-à-dire entre, d'une part, l influence de la matière isolante elle-même sur les corps, spécialement les métaux, avec lesquels on les combine dans la construction (incorporation, etc.), et, d'autre part, les effets des réactifs chimiques organiques et inorganiques sur l'isolant.

L'influence active de la matière isolante sur un métal incorporé était étudiée de la manière suivante : Les échantillons fournis, avec pièces de métal noyées dans la masse, étaient brisés ; on déterminait alors l'action de la matière isolante par les modifications superficielles du métal.

L'endurance des isolants, au point de vue passif, était vérifiée comme suit :

a) Par rapport à l'eau, dans laquelle on laissait les échantillons pendant trois mois ; ceux-ci étaient, après essuyage avec un chiffon, pesés de temps en temps, pour déterminer la quantité d'eau absorbée.

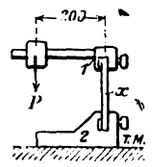
b) Par rapport aux différents réactifs chimiques suivants :

Acide chlorhydrique (10 °/₀), acide sulfurique (25 °/₀), acide nitrique (5 °/₀), solution ammoniacale (10 °/₀), hypochlorite de sodium, acide sulfureux, lessive de potasse (10 °/₀), huile minérale, huile de colza, benzol, benzine, alcool, eau de mer, paraffine, vapeurs ammoniacales, air ozonisé.

On soumettait chaque fois à l'action du réactif considéré, la moitié d'une baguette et une baguette entière, et on en notait les altérations ; après avoir subi un traitement de trente jours, les baguettes étaient séchées à l'air et l'on déterminait les modifications. Pour les essais avec la paraffine solide, les vapeurs ammoniacales et l'air chargé d'ozone, on employait un seul bâton.

L'influence de ces réactifs chimiques se traduisit par des altérations de la cohésion des isolants (formation de déchirures, d'éclats, de fendillements, de sectionnements ou d'efflorescence). Les modifications intéressantes étaient fixées par la photographie.

TABLEAU II. — Représentation schématique de la méthode d'essai.

DÉSIGNATION des essais	NATURE DE L'ESSAI	SCHÉMA	NOMBRE d'essais	DIMENSIONS des échantillons en mm	OBSERVATIONS
B_2.	Effets de la température dans l'appareil Martens.		3	10 × 15 × 120	Un levier *l* avec poids mobile est fixé à l'échantillon *x* et détermine un effort de flexion constant P = 100 kg : cm². Appareil placé dans un coffre chauffé lentement. La température t_2 est prise au moment où l'échantillon s'allonge (fléchissement continu).

Recherches du Physikalisch Technisch Reichsanstalt.

Les recherches du P.T.R. avaient pour but de déterminer, sur les échantillons qui lui furent soumis :

A. — La résistance transversale (résistance d'isolement).

B. — La résistance superficielle.

Digitized by Google

C. — La tension de rupture.

D. — Les modifications des résistances transversale et superficielle sous l'influence chimique de l'eau, de l'acide sulfurique des vapeurs ammoniacales et de l'huile de graissage.

E. — Les modifications de la résistance superficielle par exposition à la lumière et à l'air libre.

F. — La façon de se comporter de la surface des matières, après combustion par l'arc électrique.

G. — L'influence des hautes températures sur les résistances superficielle et de rupture.

A. — Résistance transversale.

Pour la mesure de la résistance transversale, les plaques isolantes étaient placées entre deux électrodes en forme de disque. On soumettait celles-ci à une tension continue E; le courant I traversant les plaques était mesuré par un galvanomètre.

La résistance transversale est donnée par le rapport $\frac{E}{I}$.

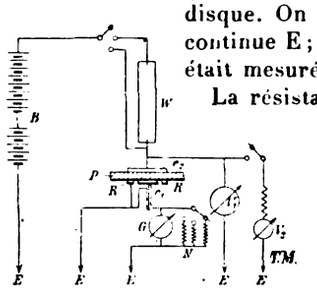


Fig. 2. — Schéma de l'appareil destiné aux essais de résistance transversale.

La disposition des appareils est indiquée schématiquement figure 2. L'une des électrodes e_2 est reliée, par l'intermédiaire de la résistance à eau W, à l'un des pôles de la batterie B; e_1 est reliée au galvanomètre G et mise à la terre. L'anneau de protection R, mis à la terre, a pour but de capter le courant passant de e_2 à e_1, par la surface conductrice.

La résistance à eau W, d'une valeur d'environ 0,5 mégohm, insérée pour protéger le galvanomètre, est, en général, négligeable vis-à vis de la résistance de la plaque. Si la plaque était constituée par un mauvais isolant, le galvanomètre était remplacé par un appareil sensible (voltmètre), et la résistance à eau, par une résistance métallique ou complètement supprimée.

La tension à l'électrode e_2 était vérifiée par un voltmètre électrostatique V_1. Le galvanomètre G et la résistance en dérivation servant à la mesure du courant étaient soigneusement isolés.

Les conducteurs étaient protégés, par une enveloppe métallique mise à la terre, contre les ciments environnants ou internes.

Les mesures de la résistance transversale ont été faites sur 16 plaques de chaque espèce, sous une tension de 1 000 V, avec une surface de 50 cm² pour l'électrode e.

Les lectures étaient faites une minute après l'application de la tension, après quoi seulement les changements de la résistance étaient peu importants.

Les matières dites « mauvais isolants » accusèrent, pour différentes plaques de même espèce, de grandes différences comme résistance transversale et atteignant dans quelques cas jusqu'à 2^{10}

Les différences étaient moindres pour les meilleures sortes de plaques isolantes.

Des mesures ultérieures faites pour quelques-unes des matières isolantes dites mauvaises, sous des tensions variant entre 100 et 3 000 volts, confirmèrent le fait connu que *la loi d'Ohm n a aucun rapport avec la résistance transversale*; au contraire, cette dernière diminue quand les tensions sont croissantes, et d'autant plus que la matière isole plus mal.

Une relation définie de la résistance transversale en fonction de l'épaisseur d'une plaque ne peut être, de même, établie en raison du manque d'homogénéité des matières isolantes.

B. — Résistance superficielle.

Pour mesurer la résistance superficielle, deux électrodes en forme de disque étaient pressés sur la plaque. Le courant I produit entre ces plaques, sous une tension E, était mesuré par un galvanomètre : la résistance superficielle est définie par $\frac{E}{I}$.

Tandis que, pour la mesure de la résistance transversale, on pouvait éliminer tout courant superficiel, ici, au contraire, la détermination de la résistance superficielle ne permet pas d'exclure le courant traversant l'intérieur de la plaque. Le montage de l'essai est cependant tel que, si forte que soit la conductance superficielle, la résistance superficielle peut être mesurée en ce qu'elle a d'essentiel.

La disposition des électrodes est représentée schématiquement figure 3. Les électrodes particulières à la mesure sont désignées par S et S_1. Les électrodes S_2, reliées à la terre et placées des deux côtés de S, ont pour but de fixer avec précision la longueur active de S_1.

La surface, dont on veut mesurer la conductance superficielle, est ainsi déterminée exactement par la longueur de l'électrode S_1 et sa distance à S.

De l'autre côté de la plaque, se trouvent, vis-à-vis de S et S_1, deux électrodes auxiliaires S' et S'_1, maintenues à un potentiel fixe et tel que la distribution des lignes de force soit aussi uniforme que possible.

Pour le surplus, les connexions sont les mêmes que pour la mesure de la résistance transversale; la tension est portée encore à 1 000 V; la longueur des électrodes est de 10 cm et leur écartement de 1 cm.

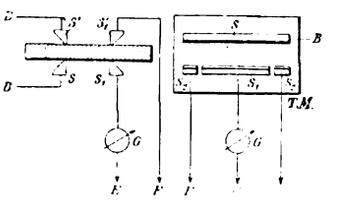


Fig. 3. — Schéma de l'appareil destiné aux essais de résistance superficielle.

De même que pour la mesure de la résistance transversale, on observa que la résistance superficielle était fortement influencée par la tension. Des mesures effectuées avec des écartements différents entre électrodes, montrèrent que la résistance ne croissait pas proportionnellement à cet écartement, et qu'elle est très différente pour des matières isolantes d'une même espèce.

C. — Tension de rupture.

La tension de rupture était déterminée entre deux électrodes, l'une plane, l'autre pointue; le courant employé était de l'alternatif à 50 périodes par seconde.

On eut soin d'élever lentement et régulièrement jusqu'à la rupture, la tension appliquée, en agissant sur l'excitation de l'alternateur alimentant le transformateur.

Trois espèces furent essayées dans l'huile, parce qu'il se produisait dans l'air, avant d'atteindre la tension de rupture, des décharges par les bords de la plaque.

On remarqua que la tension de rupture ne croissait pas proportionnellement à l'épaisseur; en conséquence, le calcul de la tension de rupture par millimètre d'épaisseur n'a aucune signification.

Pour quelques espèces, la rupture ne se produisait pas soudainement, mais la plaque grillait sous l'électrode pointue.

D. — Influences chimiques.

On détermina l'influence des réactifs chimiques ci-dessous sur les résistances transversale et superficielle.

On laissa de côté la détermination de leur influence sur la tension de rupture à cause de la trop grande dépense de matière que cet essai eût entraînée.

a) *Eau.* — On immergeait dans l'eau trois plaques de chaque espèce. De temps en temps, on les retirait et essuyait soigneusement, avec un drap, l'eau restée à la surface, puis, après un séjour à l'air d'une heure environ, on procédait aux mesures. Les diffé-

Digitized by Google

rentes influences de l'eau se faisaient déjà sentir après une immersion de vingt-quatre heures.

b) *Acide sulfurique.* — On plongeait 3 plaques de chaque matière dans une solution d'acide sulfurique à 25 °/₀ (solution pour accumulateurs) en employant un récipient séparé pour chaque espèce d'isolant.

Pour la mesure, les plaques étaient lavées à l'eau, puis laissées à l'air pendant vingt-quatre heures. Les différentes influences de l'acide sulfurique sont déjà sensibles après trois jours.

c) *Vapeurs ammoniacales.* — Dans des récipients différents en verre et fermés, 3 plaques de chaque matière étaient placées au-dessus d'une solution aqueuse à 25 °/₀ d'ammoniaque, de façon à être exposées uniquement à l'action des vapeurs ammoniacales. Une série d'isolants, par suite de l'influence de ces vapeurs, étaient devenus inutilisables après vingt jours.

d) *Huile de graissage.* — Les plaques immergées dans de l'huile de graissage ne manifestèrent, après vingt-deux semaines, aucun changement notable de leurs résistances transversale et superficielle.

E. — Influence de l'exposition a la lumière et a l'air libre.

Deux plaques de chaque matière furent placées à l'air libre le 23 juin 1911.

La résistance superficielle fut mesurée de temps en temps.

Jusqu'au 10 septembre 1911, et d'après un appareil enregistreur, les plaques furent soumises aux rayons solaires pendant trois cent quarante heures; durant cette période, il y eut peu de pluie. On ne constata aucun changement de la résistance superficielle, tout au plus une petite amélioration due à la dessiccation.

Les plaques furent alors immergées dans l'eau. Quoiqu'une légère couche mucilagineuse se détachât de la surface de toutes les plaques, les résistances transversale et superficielle ne se comportèrent pas autrement que pour les échantillons non insolés.

F. — Conditions de la surface des matières après combustion par l'arc électrique.

On appliquait sur les plaques deux électrodes en charbon entre lesquelles jaillissait un arc électrique de 3 à 4 ampères.

Aucune matière ne résista longtemps à l'arc électrique, mais les diverses matières se comportèrent différemment.

Pour apprécier la combustibilité, on observait spécialement les deux points suivants : la résistance de la surface à l'inflammation et la rapidité plus ou moins grande de sa carbonisation sous l'effet de l'arc. Ce dernier effet est de la plus grande importance, parce que la partie carbonisée, même après l'extinction de l'arc, forme passage conducteur entre les électrodes, et que l'échauffement produit par le courant qui en résulte, donne lieu à une chaleur vive.

G. — Influence des hautes températures sur les résistances superficielle et transversale d'une même matière.

Pour déterminer les résistances superficielle et transversale à haute température, on plaçait 3 plaques de chaque matière dans un grand coffret, dans lequel on effectuait les mesures après huit heures de chauffage.

Jusqu'à 80° C, les résistances superficielle et transversale n'ont été marquées d'aucun changement essentiel.

Quelques isolants, après refroidissement à 20°, montrèrent de meilleures qualités qu'avant le chauffage.

Cette amélioration doit être attribuée à une évaporation provoquée par la chaleur.

Représentation des résultats d'essais.

Pour mettre à profit les recherches qui précèdent, il fallait en réunir les résultats sous une forme simple, compréhensible et qui permit une comparaison facile. Comme de longues séries de résultats d'expériences deviennent d'un examen pénible, et par là même perdent leur utilité pratique, le Bureau d'essais des matériaux adopta, pour son compte rendu, un artifice consistant à représenter les résultats des observations concernant

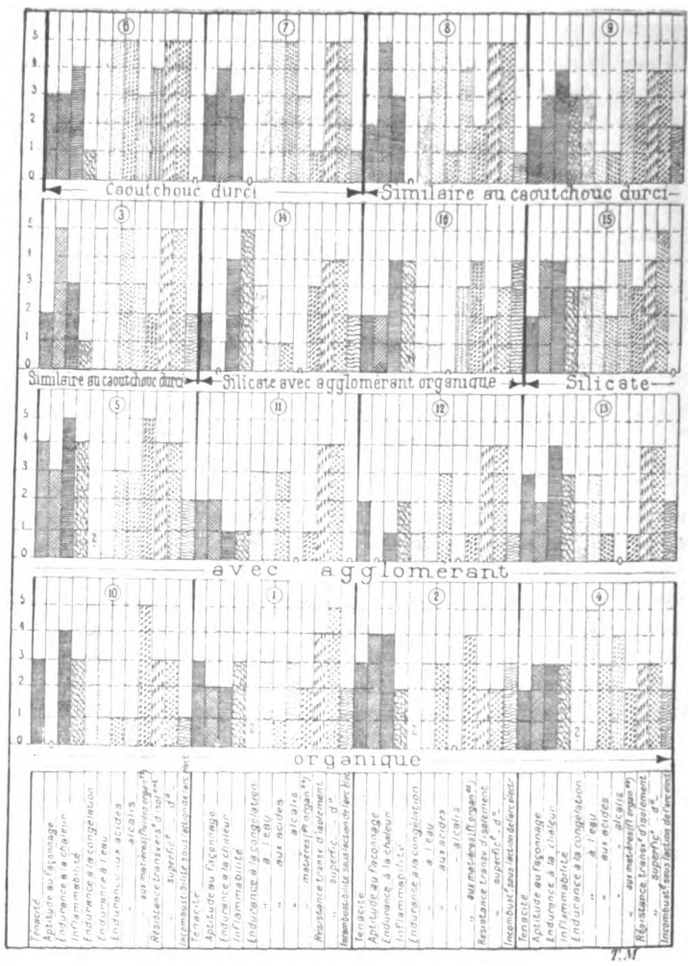


Fig. 4. — Représentation graphique des qualités des matières isolantes.

chaque matière par un « coefficient caractéristique »; le même procédé fut également adopté par le Reichsanstalt.

De cette façon, chaque isolant était, pour chaque série d'observations, affecté d'un coefficient caractéristique.

Le plus mauvais résultat correspond au chiffre 0, le meilleur à 5. Tous les coefficients caractéristiques résultant des essais ont été arrondis à des nombres entiers. A titre d'exemple d'un tel mode de qualification et de détermination du coefficient caractéristique, on s'est proposé de procéder à l'examen de la résistance transversale.

On part ici des considérations suivantes :

L'intérêt consiste surtout dans l'ordre de grandeur des résistances, puisqu'on trouve de grandes différences pour des plaques de même espèce.

Les résistances supérieures à 1 000 000 mégohms sont pratiquement à peine mesurables, et les matières ayant une résistance inférieure à 10 000 ohms sont considérées comme inutilisables.

Entre ces deux limites, l'échelle des mesures est à répartir en quatre échelons correspondant à des puissances de 10.

Digitized by Google

La détermination du coefficient caractéristique simplifie ainsi l'examen de tout le travail.

Pour sa compréhension, ajoutons encore les quelques remarques suivantes :

Les coefficients caractéristiques n'ont, par leur nature, aucun caractère absolu : leur origine ou base de comparaison dépend de l'état présent de la fabrication des isolants; ils définissent les qualités de ceux-ci quant aux différents essais.

Il se pourrait donc qu'une matière caractérisée, avec les méthodes de mesures actuelles, par un chiffre élevé, correspondit plus tard, grâce au progrès de la fabrication et pour une application déterminée, à une moindre valeur.

De même, la valeur qualificative d'une matière considérée comme répondant à la moyenne des coefficients caractéristiques relatifs à certaines propriétés, n'est pas un critérium de cet isolant de supériorité générale.

Pour nombre d'applications techniques, il se pourrait même qu'une matière comportant de bonnes propriétés moyennes soit taxée d'excellente, mais qu'étant donné le développement considérable de la technique, en matière de construction, ces valeurs moyennes ne soient plus suffisantes. Il peut même se présenter des cas spéciaux où certaines propriétés soient obligatoires, alors que d'autres qualités sont plutôt secondaires et peuvent rester parfaitement indifférentes.

Il en résulte que le chiffre caractéristique attribué ne donne qu'une image plus ou moins fidèle de la qualité des matériaux considérés.

D'après cela, l'image caractéristique est en relation avec le genre de recherches; elle exige un examen attentif pour juger si la marche suivie dans les mesures, a été conforme au but à atteindre.

Pour représenter d'une manière significative l'ensemble des résultats d'essais et faciliter une comparaison des diverses matières, on a choisi le procédé suivant :

Les résultats, pour chaque isolant, furent juxtaposés et portés sur une ligne d'ordonnées pour chaque groupe de recherches, de façon à constituer un rectangle dont la base est la même pour tous les cas, et dont la hauteur est le chiffre caractéristique attribuable au groupe d'essais considéré.

On obtient ainsi une représentation graphique générale qui caractérise, pour les praticiens exercés, les matériaux considérés, et leur permet d'en apprécier les qualités.

La figure 4 donne la représentation graphique des qualités des isolants essayés portant les numéros 1 à 16.

Après discussion des expériences précédemment décrites, la commission reconnut que les méthodes expérimentales avaient encore besoin d'être revues et que, dans l'intérêt de l'industrie, obligée d'opérer le plus possible avec des méthodes d'investigations simples, la limitation du nombre d'essais devait être recherchée.

Dans cet ordre d'idées, l'influence, sur les isolants, des produits chimiques, ne jouant pas un rôle capital en pratique, est d'ordre secondaire; la façon dont se comportent les matières isolantes vis-à-vis des alcalis et des huiles est, en tout cas, bien plus importante.

De même, l'essai de façonnage semble pouvoir être limité essentiellement à l'essai de perçage et de sciage et pourrait comporter un essai facultatif de filetage.

Au point de vue électrique, la détermination de la résistance superficielle doit être considérée comme suffisante. La résistance de rupture est de moindre intérêt, car pour les applications limitées à 500 volts, l'isolant travaille bien en dessous de la limite de rupture.

L'essai de résistance transversale peut être également négligé, non seulement parce que les valeurs de cette résistance sont très élevées par elles-mêmes, mais encore parce que, en pratique, dans la mesure de la résistance superficielle, on mesure fatalement en parallèle la résistance transversale.

La façon dont se comporte la matière isolante sous l'influence de l'arc électrique a une importance spéciale.

Se basant sur ces considérations, on pourra employer, pour les mesures futures, un groupement de résultats quelque peu différent de celui utilisé dans l'exposé ci-dessus.

L'ensemble des expériences pourrait être divisé en trois groupes comme suit :

I. — Propriétés relatives à la solidité.

II. — Résistance superficielle.

III. — Manières de se comporter dans des conditions particulières.

Le groupe I pourrait comprendre les subdivisions suivantes :

a) Essais par congélation;
b) Essais dans une enceinte chauffée;
c) Essais à une température de 80° C;
d) Influence de l'eau;
e) Influence des acides;
f) Influence des alcalis;
g) Influence des liquides organiques.

Le groupe II aurait les mêmes subdivisions que le groupe I, avec seulement suppression des essais à 80° C car, pour de hautes températures, la résistance superficielle s'améliore.

Les subdivisions du groupe III seraient :

a) Influence de l'échauffement dans une flamme Bunsen;

b) Influence de l'échauffement par un arc électrique;

c) Facilité de façonnage.

Un diagramme schématique établi d'après ces bases est donné figure 5.

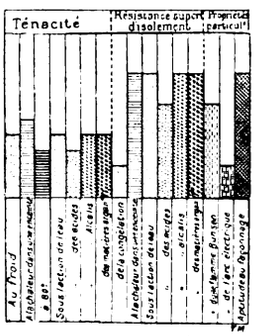


FIG. 5. — Diagramme simplifié des qualités des matières isolantes.

Même avec les derniers procédés simplifiés, il reste encore suffisamment de questions à résoudre, tant pour la réalisation des méthodes d'essais que vis-à-vis du choix des produits chimiques, etc., dont l'influence demande à être déterminée; ces détails doivent être choisis de façon à correspondre le plus possible à la pratique.

Mais ces discussions ne peuvent utilement avoir lieu que dans des conférences entre les fabricants et les bureaux officiels d'essais : la Commission du matériel isolant ne prendra ces questions en considération que lorsqu'elles auront conduit à un éclaircissement plus ample, et affermi les bases sur lesquelles des travaux ultérieurs pourraient être entrepris.

Pour orienter les futurs travaux du domaine des isolants, il est recommandé de s'inspirer de la remarque suivante :

Il appartient aux fabricants de matières isolantes d'approfondir par eux-mêmes et individuellement, la recherche des améliorations de leur fabrication en s'appuyant sur les méthodes d'essais précédemment exposées.

Situation de la question en France.

La suite du rapport ne comprend que des considérations d'ordre particulier au V.D.E. sans intérêt pour nos lecteurs; nous ne nous y arrêterons pas.

L'importance du travail du V. D. E. et de sa commission spéciale, dont nous avons donné la traduction, n'échappera à nul constructeur.

Il est évident que les mêmes préoccupations qui ont suggéré l'étude de nos confrères du V.D.E. se sont présentées maintes fois à l'esprit des techniciens de notre pays.

A considérer le peu de mémoires publiés sur ce sujet, certains pourraient peut-être croire à première vue que les constructeurs

Digitized by Google

français ont attendu que la lumière leur vienne des pays situés à notre Orient. Il importe de dissiper ce doute.

Pour montrer que nous avons un égal souci, des progrès en France, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de mettre sous les yeux des lecteurs l'état de la question de la qualification et des épreuves des matériaux isolants, tel qu'il résulte de l'exposé présenté récemment à la Société internationale des Électriciens par son Président, M. Grosselin, rendant compte des travaux de la 1re section.

La Société internationale des Électriciens, par l'entremise de la 1re section de son Comité avait porté son attention depuis plusieurs années sur la question des matériaux isolants.

L'extrait qu'on trouvera ci-après est emprunté au *Bulletin de la Société internationale des Électriciens* de juillet 1912, et servira utilement, pensons-nous, à propager la connaissance de l'étude entreprise et poursuivie par la Société internationale des Électriciens.

Il est permis de souhaiter que la question ainsi posée par *La Technique Moderne* suscite des communications qu'il serait précieux de joindre à l'enquête en cours.

Nous croyons, en outre, devoir faire ressortir la différence essentielle entre le programme limité traité par la commission spéciale du V. D. E. et celui beaucoup plus étendu visé par la première section de la S. I. E.

Il en ressort que la première section de la S. I. E. a tenu à dresser une classification des matières isolantes employées, d'une façon générale, dans la construction des machines et appareils et à y subordonner un programme d'essais complets permettant la *qualification* et l'*épreuve* de ces matières.

Le programme étant fixé, la première section du comité de la S. I. E. en a décidé, comme on le verra par le compte rendu, l'application, à titre de confirmation préalable, à une catégorie déterminée d'isolants, choisie parmi ceux les plus usuellement employés dans la construction des machines, et en limitant les recherches et le choix des procédés expérimentaux aux seuls caractères susceptibles d'intérêt pratique pour la matière considérée.

Voici maintenant le compte rendu, extrait du *Bulletin* de juillet de la S. I. E (1) :

Première Section. — Vers la fin de 1911, le Syndicat professionnel des Industries électriques était prié par le ministère de la Marine d'étudier les conditions techniques permettant de définir les matières isolantes employées dans la construction des machines électriques.

Le Syndicat professionnel, dont la compétence est plus commerciale que technique, s'adressa à son tour à notre Société, qui confia cette étude à la première Section, présidée par M. Brunswick.

Après une discussion préparatoire, la Section lança, en novembre 1911, une circulaire qui délimitait quelques régions à explorer dans l'étendue de cette question complexe (2).

C'étaient :

1° Les méthodes permettant d'identifier un isolant avec un échantillon donné;

2° Les méthodes d'essai recommandables pour vérifier l'existence et la permanence des qualités à rechercher dans les isolants.

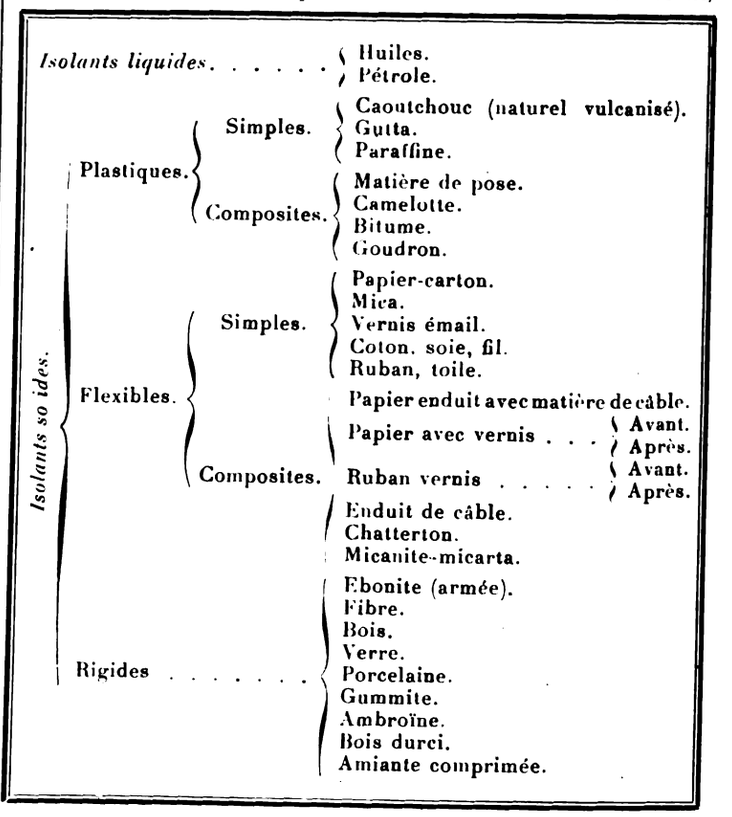
Les réponses envoyées à cette circulaire amenèrent la Section à établir, tout d'abord, une classification des isolants et un tableau de leurs propriétés intéressantes, puis à dresser, d'accord avec le Laboratoire Central, un programme d'essais.

En même temps, son Président se mettait en rapport avec M. Dettmar, Secrétaire général de l'Association des électriciens allemands, pour apprendre de lui ce qui avait été fait en Allemagne.

M. Dettmar répondit en envoyant le programme de travail de la Commission constituée à cet effet et qui était sur le point de déposer son rapport.

Tableau III. — Classification générale des isolants d'après leur état et leur composition.

(*Actuellement soumise à la première Section du Comité de la S. I. E.*)



Ce programme ne s'appliquait qu'aux isolants d'appareillage pour 500 volts et au-dessous.

Néanmoins, il présentait une concordance remarquable avec le programme de la première Section.

Celle-ci, encouragée, voulut faire un pas de plus et éprouver la valeur du programme qu'elle avait arrêté en l'appliquant à l'étude d'un isolant bien déterminé et d'un emploi courant dans les machines. Elle s'arrêta à la « *toile enduite* ».

Dans ses dernières séances, sous la présidence de M. Legouëz, qui a succédé à M Brunswick, la Section a discuté, avec les agents du Laboratoire Central, le choix des procédés expérimentaux permettant de déterminer les caractéristiques principales de cet isolant particulier, sans tenir compte de ses conditions d'emploi.

Le Laboratoire, en mettant en œuvre les essais indiqués par la Section, reconnaîtra ceux qui sont à la fois facilement réalisables et susceptibles de donner des résultats utiles.

On étendra ensuite aux autres matières isolantes, en tenant compte de leurs propriétés particulières, les méthodes consacrées par l'expé-

(1) *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, juillet 1912, p. 399 et suiv.

(2) Il n'est pas sans intérêt de rappeler les termes de cette circulaire dont nous extrayons ce qui suit pour préciser l'objet de l'étude.

Malgré le rôle capital de ces matières isolantes dans la construction des machines, les *procédés d'identification* et de *contrôle de leurs propriétés* physiques et mécaniques sont restés un peu arbitraires, et n'ont guère été jusqu'ici l'objet d'une étude d'ensemble.

C'est cette lacune que nous nous proposerions de combler.

Notre but serait, en laissant de côté le choix des produits, de passer en revue les isolants usuels les plus employés dans la construction, et d'indiquer les moyens permettant d'identifier, dans la mesure du possible, les fournitures successives d'un même produit et, par suite, de le définir; enfin, de dresser un programme des essais à faire subir aux isolants pour en déterminer les caractères physiques intéressant les électrotechniciens.

La réalisation de ce programme contribuerait, croyons-nous, aux progrès de l'industrie électrique et aurait l'avantage de guider les industriels dans la voie de l'utilisation la plus judicieuse des isolants, sans porter aucune entrave à l'initiative et à la liberté dans le choix des moyens.

Digitized by Google

rience. L'intérêt théorique et pratique des résultats que nous pouvons attendre de cette série d'études n'a pas besoin d'être souligné.

Voir la classification des isolants (Tableaux III et IV) et le programme projeté des essais annexés à la circulaire précitée.

TABLEAU IV. — CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES ESSAIS A FAIRE SUBIR AUX ISOLANTS.

(*Actuellement soumise à la première Section du Comité de la S.I.E.*)

Essais chimiques.

- *Analyse* :
- Teneurs . . : en matière isolante. — en eau. — en acide.
- Actions sur les métaux (et particulièrement sur le cuivre et le fer):
- Propriétés passives (action de matières étrangères) :
  - *a*. Dans les acides et vapeurs acides.
  - *b*. Dans les sulfures.
  - *c*. Dans les salpêtres.
  - *d*. Dans l'ammoniaque.
  - *e*. Dans l'hypochlorite de soude.
  - *f*. Dans l'acide sulfurique.
  - *g*. Dans la potasse.
  - *h*. Dans l'huile minérale.
  - *i*. Dans l'huile de navette.
  - *k*. Dans le benzol.
  - *l*. Dans la benzine.
  - *m*. Dans l'alcool.
  - *n*. Dans l'eau de mer.
  - *o*. Dans la paraffine.
  - *p*. Dans la vapeur d'ammoniaque.
  - *q*. Dans l'air ozonisé.
- Inflammabilité.

Essais mécaniques. Essais physiques.

- Propriétés passives (influences des agents physiques). : Chaleur ou froid. — Humidité. — Lumière.
- Viscosité.
- Siccativité.
- Adhérence.
- Perméabilité (par les liquides).
- Pénétrabilité.
- Flexibilité et pliage (à température ordinaire et à hautes températures).
- Compression ou traction (à température ordinaire et à hautes températures). : Aptitude au filetage. — Aptitude au perçage.
- Choc.
- Trépidations.
- Dureté.

Essais électriques.

- Résistance d'isolement : transversale. — superficielle. : A température ordinaire, à des températures de 50° à 100° C. Variations sous l'influence d'actions chimiques et des agents physiques.
- Rigidité diélectrique (Tension de rupture) : transversale. — superficielle. : A température ordinaire, à des températures de 50° à 100° C. Variations sous l'influence d'actions chimiques et des agents physiques en courant continu et en courant alternatif.
- Pouvoir spécifique inducteur.
- Pertes.

Essai de conservation (vieillissement).

QUALIFICATION DES MATÉRIAUX ISOLANTS.

La qualification des isolants peut être envisagée à plusieurs points de vue qu'on peut énumérer ainsi :

1° Identification des matériaux par rapport à un échantillon donné; méthode à recommander pour les comparaisons;

2° Détermination des caractères physiques fixant l'aptitude des matières à leur emploi comme isolants.

Programme des essais méthodiques à faire subir aux isolants pour en déterminer les qualités;

3° Moyen d'appréciation de la permanence des qualités des isolants.

Jusqu'ici, il semble bien qu'en ce qui concerne les deux premiers points, il n'ait guère été fait que des examens d'aspect et de rigidité diélectrique.

Quels autres caractères physiques conviendrait-il d'envisager? Par exemple : la compacité, la porosité, la rugosité, la flexibilité, la souplesse, la pénétration à l'humidité, la dureté, la fluidité, la compressibilité, la ténacité au cisaillement et à l'extension, l'influence momentanée ou prolongée de la chaleur, etc.

Quelles dispositions conviendraient le mieux à l'examen de ces diverses qualités?

En ce qui concerne la troisième question, il n'y a, croyons-nous, aucune méthode connue de vieillissement artificiel des isolants; cette situation paraît constituer un motif de plus à réflexion.

L'étude proposée aboutirait finalement à la rédaction d'un programme d'essais des matières isolantes pour servir de base à un examen rationnel et méthodique de leurs qualités et de leur aptitude à la construction.

4° PROGRAMME D'ESSAI D'UNE TOILE ENDUITE

(actuellement à l'étude au Laboratoire central).

Échantillon du support.

Échantillon de la substance imprégnante. — Analyse ou nature des matières entrant dans la composition de la substance imprégnante.

Teneur en matière isolante. — Comparaison des poids d'une même surface du support seul et de la toile enduite.

Teneur en eau. — Pesée avant et après séchage à 50° dans le vide.

Teneur en acide. — Laisser séjourner la toile dans l'eau, constater ou doser l'acide libre dans l'eau.

Action sur le cuivre. — On propose d'enrouler sur une lame de cuivre poli de 30 cm de long et de 15 × 2 mm de section un ruban du tissu enduit de 1 cm de large. L'enroulement se faisant à spires jointives.

Cette lame étant serrée dans une presse, la soumettre à l'action de la chaleur et du refroidissement.

Chauffer à l'étuve à 120° pendant dix heures.

Laisser refroidir et exposer à l'air humide pendant quatorze heures.

Répéter l'opération dix ou quinze fois.

Constater si la surface du cuivre est altérée.

Actions passives. — Tremper la toile enduite dans les différents réactifs énumérés au programme général et constater s'il y a altération visible, ou exposer la toile enduite au réactif gazeux (air ozonisé).

Inflammabilité. — *a*. Élever la température et noter celle qui amène l'inflammation spontanée.

b. Température d'inflammation en présence d'une flamme non au contact.

c. La substance enflammée dans une flamme et abandonnée à elle-même continue-t-elle à brûler?

Propriétés physiques.

Passives. — Chaleur ou froid. Altération d'aspect, températures amenant le séchage, la carbonisation.

Humidité. Altération apparente produite.

Lumière ou rayons ultra-violets. Altération apparente.

Pénétrabilité. — Par l'eau, par l'eau acidulée, par l'huile.

Une méthode devrait être étudiée : la substance peut servir de filtre, ou l'on peut mesurer l'accroissement de poids du tissu ayant séjourné dans le liquide.

Flexibilité et pliage. — Enrouler en hélice une bande de 1 cm de largeur de manière à former 50 spires sur une lame de cuivre ayant comme section 15 × 1,5 mm ou 15 × 0,8 mm.

Porter à l'étuve pendant dix heures à 100°.

Dérouler et enrouler en sens inverse.

Renouveler l'opération jusqu'à altération visible.

Plier le tissu deux fois à angle droit, passer l'ongle. Ouvrir et constater si des gerçures sont visibles.

Mesurer l'effort de compression nécessaire pour cisailler la toile.

Résistance à la traction. — A la température ordinaire.

Après chauffage à 70° pendant cent heures.

**

Digitized by Google

Après chauffage à 110° pendant dix heures, cent heures, huit cents heures.

Essais électriques.

Résistance d'isolement. — Transversale. Prise entre deux plaques de cuivre à la température ordinaire à 70° et à 110°.
Influence d'un échauffement prolongé.
Influence de l'humidité.
Influence d'un pliage.
Rigidité diélectrique. — A faire en courant continu et alternatif.
La toile sera prise entre deux électrodes en cuivre.
A la température ordinaire à 70° et à 110°.
Influence d'un échauffement prolongé.
Influence de l'humidité.
Influence d'un pliage.

Ce qui précède permet de juger l'importance du travail entrepris sous les auspices de la S. I. E.

Nous sommes à même de faire savoir que depuis la communication relatée précédemment, les efforts du Laboratoire central et de la première section du Comité de la S. I. E. ne se sont pas ralentis; le *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens* de novembre 1912 nous éclaire à ce sujet; l'exécution du programme étant en bonne voie, il est permis d'en augurer de prochaines et particulièrement intéressantes communications.

Nous pouvons présager qu'on y trouvera la confirmation de notre conviction déjà ancienne, à savoir qu'un plan d'études et la réalisation de méthodes d'essais en vue de la qualification et de l'identification des matières isolantes étaient du domaine des choses possibles, contrairement peut-être à certaines craintes injustifiées en raison de la complexité du problème.

Ce sera justement un honneur pour le Laboratoire central et pour ceux qui auront contribué à vaincre ces difficultés, plus apparentes que réelles, d'avoir démontré que, sans avoir restreint le champ des recherches à des catégories limitées d'isolants, la technique française aura pu résoudre le problème dans toute sa généralité.

Il est présumable aussi que le résultat final sera une plus parfaite connaissance des matériaux isolants et de nouveaux progrès, tant dans leur préparation que dans leur emploi.

E.-J. Brunswick.

ÉLECTROMÉTALLURGIE

ÉTAT ACTUEL DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE DU ZINC

Etude économique de la question. — Parmi les métaux usuels, le zinc est celui dont la consommation mondiale a cru jusqu'ici le plus rapidement et de la manière la plus régulière. De 1900 à 1912, elle est passée de 478 000 à 920 000 t. La France, dont le marché est passé de 42 000 t en 1900, à 78 000 t en 1912, absorbe une importation de 20 000 t, alors qu'un très grand nombre de gisements français ne sont pas exploités.

En Europe, trente-sept sociétés s'occupent de la métallurgie du zinc et produisent par an environ 570 000 t de métal, dont la valeur marchande représente plus de 350 millions.

Jusqu'à présent, on a traité les minerais de zinc par l'ancien procédé des fours belges ou silésiens et les tentatives d'application à cette industrie spéciale des procédés de l'Electro-Métallurgie n'ont pas encore donné de résultat industriel.

Dans les fours actuels, le zinc est extrait du minerai par la volatilisation du métal, suivie de la condensation des vapeurs. L'opération a lieu en vase clos, à l'abri de l'air et des gaz du foyer, afin de réduire au minimum la transformation du métal en oxyde. Dans les fours belges et silésiens, on chauffe le minerai par charges de 50 à 100 kg dans de petites cornues en terre réfractaire, disposées par séries de 120 en trois ou quatre rangées horizontales superposées. Ces cornues en terre épaisse absorbent beaucoup de chaleur et chaque four ne représente, en somme, qu'un groupement d'appareils de laboratoire produisant chacun d'une manière discontinue de 20 à 30 kg de métal par vingt-quatre heures. Les fours, qui coûtent très cher de construction et d'entretien, consomment en moyenne 5 t de houille par tonne de zinc, avec une perte minimum de 10 % de la teneur du minerai. La conduite des fours exige un personnel nombreux, difficile à recruter et à former, ce qui ne permet pas d'établir des fonderies de zinc n'importe où. Enfin, à toute fonderie de zinc doit être adjointe une très importante fabrique de cornues et d'allonges, *impedimentum* qui interdit de placer ces ensembles d'usines loin des gisements de terre réfractaire.

L'augmentation sans cesse croissante des prix du charbon et de la main-d'œuvre, absorbe les faibles économies de prix de revient que procurent les progrès très lents dus aux perfectionnements apportés aux anciens fours, aux cornues et aux allonges. Le four à cuve n'a donné aucun résultat, malgré la puissance de production de ce genre d'appareil, qui traite en une seule charge plusieurs tonnes de minerai et de combustible, car l'air soufflé pour alimenter la combustion oxyde le zinc dégagé.

Éléments des prix de revient par tonne de minerai à 50 %	Catégories de fours	
	à cornues	électriques
	fr	fr
Désulfuration par grillage du minerai.	10	»
Chaux et charbon de désulfuration . .	»	12
Chauffage	22 (1)	17 (2)
Main-d'œuvre	18 (3)	8 (4)
Entretien	12 (5)	16 (6)
Totaux.	62	53

Jusqu'à présent, le four électrique a surtout exercé son influence sur la métallurgie de l'acier. Il réalise les mêmes avantages que le four à cuve, tout en évitant l'inconvénient de l'oxydation des vapeurs de zinc, puisque le chauffage est produit au sein de la charge de minerai, sans aucun soufflage. Le four électrique permet de réunir une grande simplicité de construction à l'économie de l'entretien, de réaliser une forte production sous de très faibles dimensions, de diminuer la durée de l'opération et de traiter de grandes quantités de minerai avec un minimum de main-d'œuvre que l'on peut recruter partout, grâce à la facile conduite de l'appareil; enfin, l'emploi du four électrique limite les pertes de métal aux deux tiers environ de celles qui corres-

(1) 2 t de houille à 11 fr la tonne.
(2) 120 ch pendant vingt-quatre heures à 45 fr le cheval-an.
(3) Trois journées à 6 fr.
(4) Deux journées à 4 fr.
(5) Cornues, allonges et réparations au four.
(6) Electrodes, produits réfractaires et matériel électrique.

Digitized by Google

pondent à l'état de perfectionnement actuel des fours à cornues.

Les frais de premier établissement des fours, par tonne de métal produit en vingt-quatre heures, sont de 70 000 fr pour les fours à cornues et de 20 000 fr pour les fours électriques.

Les frais de fabrication par tonne de métal sont les suivants :

PRIX PAR TONNE DE MÉTAL	CATÉGORIES DE FOURS	
	à cornues	électriques
	fr	fr
Frais de fabrication par tonne de zinc.	143	115
Frais généraux.	25	25
Amortissement des fours et des bâtiments.	»	17
Prix de revient totaux. . .	168	157

Si l'on considérait des minerais à des teneurs de 30 °/₀ ou 35 °/₀, la différence en faveur des fours électriques serait encore beaucoup plus accentuée.

Quand on compare le four à cornues au four électrique, sous le rapport des prix de revient, il ne faut pas oublier d'ajouter le grillage du minerai aux frais de traitement correspondant au four à cornues.

Les fonderies de zinc paient actuellement 10 fr par tonne aux fabriques d'acide sulfurique pour le grillage des minerais à 50 °/₀.

En réalité, on ne peut pas employer le four électrique aux lieu et place des fours à cornues et *vice versa*.

Jusqu'à présent, on n'a monté aucun four électrique destiné à la métallurgie du zinc dans les conditions de travail correspondant à ce genre d'appareils, c'est-à-dire dans des régions montagneuses, où le cheval-an électrique revienne à un prix tout à fait compatible avec les grandes et massives applications électrométallurgiques. Cependant, l'exploitation de l'usine de démonstration d'Arudy (Basses-Pyrénées) a permis de constater que, grâce à l'amortissement rapide du matériel et aux avantages du nouveau four, une fonderie électrique, tout en payant le cheval-an 45 fr, peut réaliser le même prix de revient qu'une fonderie à fours belges ayant déjà amorti son matériel et payant le combustible 12 fr la tonne.

La métallurgie du zinc est dominée par ce fait économique qu'on fait voyager le minerai et non le combustible.

Dans les fonderies actuelles, on consomme en moyenne 2 t de houille par tonne de minerai à 50 °/₀. On ne peut donc songer à installer une fonderie à proximité d'un gisement de minerai de zinc situé à une grande distance de tout charbonnage. Il est préférable d'établir la fonderie près de la houillère et d'y transporter le minerai, car dans ce cas le tonnage transporté ne représente que la moitié de celui du combustible. Aussi toutes les fonderies sont-elles établies au voisinage des mines de houille ou sur des voies d'eau les reliant directement à ces mines.

On comprend dès lors dans quel état d'infériorité se trouvent les exploitations minières, que leur éloignement des ports et des voies navigables oblige à recourir à de longs et coûteux transports sur route et par chemin de fer pour expédier leurs minerais dans les bassins houillers où se trouvent les fonderies.

Il existe de nombreux gisements de minerais de zinc dans des régions montagneuses, telles que les Pyrénées, qui sont dépourvues de combustibles, et si peu favorisées au point de vue des moyens de communications avec les charbonnages que l'on ne peut songer à y installer des fours belges; on est donc forcé de diriger les minerais à grands frais, à dos de mulet ou par charrettes et ensuite par wagons, vers des ports ou des usines éloignées.

Sauf de rares exceptions, ces gîtes métallifères, situés à des altitudes de 1 500 à 2 000 m, sont difficilement accessibles et ne fournissent que des minerais bruts ne contenant pas plus de 20 °/₀ de zinc métallique. Avant de songer à vendre ce minerai pauvre, il faut donc l'enrichir à une teneur d'au moins 50 °/₀, dans une laverie placée, en général, à flanc de coteau ou dans la vallée située au pied de la mine.

Pour enrichir un minerai de 20 à 50 °/₀, sans laisser dans les stériles plus de 15 à 20 °/₀ du zinc contenu dans le minerai brut, il faut disposer d'une laverie perfectionnée et puissante, susceptible de traiter au moins 100 t par jour et pouvant coûter un million.

Quand une concession minière n'est pas assez productive pour alimenter pareille laverie, il est impossible d'admettre une dépense aussi élevée. Souvent aussi, malgré l'abondance du minerai et la facilité de son enrichissement à 50 °/₀, son transport restera si onéreux qu'il absorberait les bénéfices de l'exploitation, tant que le cours du zinc ne dépasse pas 20 à 22 £. Un grand nombre de gisements restent donc inexploités, et la France est obligée d'importer annuellement plus de 20 000 t de zinc au lieu d'en exporter.

L'emploi du four électrique modifiera complètement la situation économique, les gisements de minerais pauvres, s'ils sont voisins de chutes d'eau, permettant d'installer des centrales hydro-électriques de 3 000 à 4 000 ch à moins de 50 fr le cheval-an. Or, un prix de revient même inférieur du cheval-an, peut encore se réaliser dans de nombreuses chutes d'eau, précisément situées dans les régions de mines de zinc à haute altitude.

Le four électrique alimenté par un courant à 50 fr le cheval-an donne le même prix de revient que les fours belges, si l'on traite du minerai à 45 °/₀. Avec du courant à bon marché, il fond, dans des conditions encore plus satisfaisantes, des minerais dont la teneur est inférieure à 45 °/₀ ; il suffit, dans la plupart des cas, que la teneur soit comprise entre 30 et 35 °/₀ comme la pratique l'a démontré. Or, l'enrichissement d'un minerai pauvre est difficile et onéreux si on le pousse jusqu'à 50 °/₀, tandis qu'il sera simple et peu coûteux si on l'arrête à 30 °/₀ ou 35 °/₀.

Le graphique ci-après, comme l'a montré M. Côte, indique nettement l'intérêt qu'il peut y avoir à suspendre l'enrichissement avant d'atteindre la teneur marchande (fig. 1). La courbe AB, qui représente la variation du prix de la fusion au four électrique, par tonne de métal extrait, montre que les frais de fusion sont d'autant plus élevés que le minerai est plus pauvre.

La courbe CD, qui représente d'autre part le prix de revient de l'enrichissement rapporté à la tonne de métal contenu, montre que ces frais sont d'autant plus élevés que l'enrichissement est poussé plus loin. Les deux courbes se coupent en un point O correspondant au point M de la courbe EF, qui représente la somme des frais des deux traitements : enrichissement et fusion; le point M indique donc le prix minimum qui correspond à la teneur N comprise entre 30 °/₀ et 35 °/₀. Dans chaque cas particulier, la teneur la plus avantageuse du minerai à fondre sera indiquée par ce graphique très simple à établir, principalement en fonction du prix de l'énergie électrique.

Des ateliers de préparation mécanique sommaire coûtant 60 000 fr au plus, suffiront pour enrichir le minerai à la teneur qui convient au four électrique, et les mines n'auront plus à supporter les frais d'établissement de laveries perfectionnées.

L'existence commerciale d'une petite fonderie travaillant avec des fours belges, et produisant un millier de tonnes de zinc par an, est absolument impossible en raison des circonstances économiques dans lesquelles elle se trouverait vis-à-vis des grandes usines. Une fonderie peu importante marchant avec des fours électriques peut, au contraire, très bien exister; en effet, ces appareils fonctionnent dans des conditions beaucoup plus simples que le four à cornues et s'adaptent aux faibles comme aux fortes productions.

Quand on disposera, dans une région minière, d'une chute d'eau facile à aménager, susceptible de fournir de 2 000 à 3 000 ch, on aura intérêt à créer une fonderie électrique comportant quel-

Digitized by Google

ques fours seulement, le plus près possible du centre de cette région. Il serait moins avantageux, sauf en certaines situations privilégiées, d'installer une usine très puissante sur une chute beaucoup plus forte, pour y traiter des minerais provenant de gisements éloignés les uns des autres, et transportés par des chemins de montagne.

Examinons le cas d'une mine de blende située à 1 700 m d'altitude, et reliée par un câble transporteur à une laverie qui enrichit le minerai brut de 16 °/₀ à 43 °/₀, minimum imposé pour le transport et pour la vente. Le minerai est vendu à Anvers, où il est transporté de Bayonne par mer, après avoir subi un premier transport de 26 km sur route et de 180 km par chemin de fer.

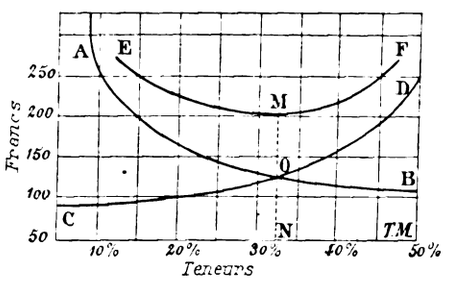


FIG. 1. — Courbes des prix d'enrichissement et de fusion des minerais de zinc au four électrique.

La laverie prépare annuellement 2 600 tonnes de minerai marchand à 43 °/₀ en traitant 10 000 t de minerai brut.

Le bilan de l'opération est le suivant :

Dépenses.

Extraction, descente, enrichissement	140 000 fr
Transport à Anvers	86 000
Total	226 000 fr

Recettes.

Vente à Anvers, Hambourg ou Swansea de 2 600 t de zinc	268 000 fr

Bénéfices.

Recettes	268 000 fr
Dépenses	226 000
Bénéfices	42 000 fr

Quand le cours du zinc tombe au-dessous de 20 £, ce bénéfice s'annule et l'exploitation de la mine devient impossible.

Les mêmes 10 000 t de minerai brut à 16 °/₀, enrichies par la laverie jusqu'à la teneur de 35 °/₀, suffisante pour le traitement au four électrique, donneront 3 700 t de minerai à fondre sur place, au lieu de 2 600 t de minerai à transporter.

L'extraction, la descente et la vente des 10 000 t de minerai brut, ainsi que leur transformation en 3 700 t de minerai enrichi à 35 °/₀, reviendraient à 138 000 fr dans une fonderie contiguë à l'atelier de préparation mécanique.

Les frais d'établissement d'une fonderie électrique susceptible de traiter cette quantité de minerai en un an, seraient les suivants, les fours étant alimentés à proximité de la mine par une usine hydro-électrique fournissant le cheval-an à 45 fr :

3 fours, appareillage électrique et mécanique compris pour 1 200 ch	Fr 80 000
Atelier de réparation, magasins, outillage, divers	25 000
Terrains (2 000 m²) et bâtiments de l'usine (700 m²)	60 000
Fonds de roulement à ajouter à celui de la mine	135 000
Capital total à mettre en œuvre	Fr 300 000

BILAN ANNUEL DES OPÉRATIONS.

Dépenses.

Prix de revient du minerai à 35 °/₀ rendu aux fours	138 000 fr
Coût des 1 200 ch, à 45 fr	54 000
Chaux et charbon de désulfuration	36 000
A reporter	228 000 fr
Report	228 000 fr
Electrodes, entretien des fours électriques et du matériel de l'usine	52 000
Main-d'œuvre (ouvriers à 4 fr 50)	27 000
Frais généraux, direction, impôts, assurances, etc.	25 000
Total	332 000 fr
Frais de livraison au Havre	32 000
Total général	364 000 fr

Recettes.

Vente à 21 £ de 1 100 t de zinc	582 000 fr

Bénéfices.

Recettes	582 000 fr
Dépenses	364 000
Total	218 000 fr

Le bénéfice net qui en résulterait pour la mine est donc ici de 218 000 fr au lieu de 42 000 fr seulement, bénéfice auquel correspond la vente du minerai à 43 °/₀.

Parmi les procédés que les considérations économiques précédentes ont suscités, nous décrirons le procédé français qui paraît avoir été expérimenté avec le plus de fruit.

DESCRIPTION TECHNIQUE DES FOURS ÉLECTRIQUES CÔTE ET PIERRON. — Les inventeurs du nouveau procédé se sont principalement attachés au traitement des blendes, et leur méthode est basée sur le déplacement du zinc par le fer dans le sulfure de zinc, conformément à l'équation : $ZnS + Fe = FeS + Zn$.

Cette réaction s'effectue quantitativement au four électrique. La gangue du minerai est fondue avec le sulfure de fer qui se forme, tandis que le zinc mis en liberté est, au fur et à mesure, réduit en vapeurs que l'on condense.

Le procédé supprime le grillage préalable du minerai, opération qui n'est pas sans inconvénients dans beaucoup de circonstances, tandis qu'on a le choix entre plusieurs moyens pour récupérer le fer et le soufre du sulfure de fer (1); ensuite, il évite la formation de l'oxyde de carbone qui, dans l'ancienne méthode dite « par grillage et réduction », dilue les vapeurs de zinc et rend leur condensation très difficile; enfin, quand la blende est associée à la galène, on peut ainsi séparer, du même coup, le plomb par précipitation, du zinc vaporisé. D'autre part, les blendes ferrugineuses refusées par les fonderies actuelles trouvent au contraire ici une utilisation avantageuse.

Si l'on considère l'ancienne méthode de précipitation du plomb par fusion de la galène avec du fer au four à cuve, il semble que le procédé parallèle du déplacement du zinc par fusion de la blende avec du fer au four électrique doive être une opération susceptible d'être employée industriellement avec un égal succès; mais il n'en est rien. En effet le plomb, une fois libéré du soufre, se coule facilement; tandis que le zinc, quand il sort du lit de fusion à l'état de vapeur, passe très difficilement à l'état de métal fluide par condensation : la vapeur d'eau, l'acide carbonique, l'air, que, malgré toutes précautions, les charges de minerai introduisent avec elles dans le four, oxydent le métal qui se transforme en grande partie, en une poudre impalpable gris

(1) Le sulfure de fer, facilement séparé des laitiers, est traité dans un four électrique spécial avec de la chaux et du charbon; il se forme de la fonte de fer et du sulfure de calcium; celui-ci, traité par les méthodes connues, donne le soufre, dont la vente paie en très grande partie les frais de récupération du fer réactif employé au déplacement du zinc.

La récupération du soufre du minerai, sous forme de soufre pulvérulent, est plus intéressante que la récupération sous forme d'acide sulfurique, sous produit du *grillage* nécessaire du minerai dans les usines actuelles. En effet, la production de l'acide sulfurique croît plus vite que la consommation, et son prix de vente va en baissant, tandis que la demande du soufre grandit plus vite que la production et que son prix va en montant.

Digitized by Google

bleuté (blue powder), comme dans tous les fours belges, silésiens ou anglais. Cette poudre est si difficile à fondre en lingots qu'on est obligé de la redistiller, d'où une grande dépense de combustible, de main-d'œuvre et des pertes importantes de métal. En outre, dans le four à zinc, le lit de fusion devant être à température notablement plus élevée que dans le four à plomb, il faut employer des garnissages réfractaires, résistant à l'attaque du sulfure de fer qui, au-dessus de 1 200° C, dissout tous les matériaux qu'on emploie dans les fours chauffés au charbon.

Ce sont ces diverses difficultés que MM. Côte et Pierron se sont attachés à résoudre depuis l'origine de leurs premiers essais, qui remontent à 1904 (1).

Les premiers fours industriels ont été installés en 1907, dans une petite usine d'essai de 250 à 600 ch à Arudy, entre les Eaux-Bonnes et Pau, que la « Société des Fonderies Electriques », concessionnaire générale des brevets Côte et Pierron, avait mis à la disposition des inventeurs. L'installation aurait déjà pu subsister en faisant ses frais, si la chute d'eau alimentant cette ancienne usine à carbure avait fourni en permanence un débit de 400 à 600 ch. La fabrication du blanc de zinc (ZnO) entreprise industriellement pendant les périodes des hautes eaux, a permis de mettre sur le marché un certain nombre de wagons de ce produit qui s'est vendu aux prix des grandes marques, alors qu'il était obtenu au moyen de minerais crus, à faible teneur, traités par une main-d'œuvre non professionnelle.

Actuellement, une installation plus puissante, employant le même procédé, fonctionne à Ugine (Savoie). Elle est alimentée en énergie électrique par les usines de la Compagnie Electrométallurgique (Aciéries et Fabriques d'alliages, Procédés Paul Girod).

Le four Côte et Pierron qu'on emploie à Ugine a subi, d'après les résultats obtenus à Arudy, des modifications de détail ayant pour but de le rendre plus pratique et d'en augmenter le rendement. La figure 2 représente le four en coupe longitudinale et sous une forme schématique pour faciliter la description de son fonctionnement.

Il s'agit ici d'un appareil susceptible d'utiliser 400 kw. C'est toujours un four *à arc et à résistance*. La cuve A, cylindrique, est en pisé de pâte d'électrodes, avec un diamètre intérieur de $1^m,20$, un diamètre extérieur de $2^m,25$ et une profondeur de $1^m,10$. Elle constitue l'un des pôles du courant, qui lui arrive par les barres de cuivre *a* et par la forte carcasse en tôles rivées dans laquelle elle est bâtie. Cette cuve est recouverte d'une voûte formée d'un seul bloc isolé électriquement des parois conductrices, même à la température du rouge. L'autre pôle est constitué par une électrode cylindrique, mobile verticalement, B, de $0^m,50$ de diamètre et de $2^m,25$ de long ; elle reçoit le courant par un collier en acier auquel aboutissent les lames de cuivre *b*. Le courant alternatif (50 périodes) sous une tension de 52 à 56 volts, provient d'un branchement à 20 000 volts, qui alimente le transformateur de 500 kwa installé à $1^m,30$ du four.

Grâce au dispositif de connnexion des barres, *a* et *b*, adopté pour relier le transformateur au four, on a une boucle d'induction excessivement réduite et la carcasse métallique de la cuve A a pu être construite d'une seule pièce sans aucun joint de coupure magnétique : le facteur de puissance reste ainsi très voisin de l'unité.

L'étanchéité du joint de passage de l'électrode dans la voûte est assurée en permanence et d'une façon absolue par une couronne de briques mobiles d'un ajustage spécial.

Les charges de minerai sont étalées sur la voûte en attendant leur introduction. Au moment voulu, on les pousse rapidement, suivant la direction que représente la flèche I, par deux orifices symétriquement placés de chaque côté de l'électrode, l'un en avant, l'autre en arrière du plan de la figure.

(1) Lire à ce sujet l'étude de M. Côte : « Un essai industriel d'électrométallurgie du zinc », dans les *Annales de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon* (décembre 1908).

Les laitiers et le sulfure de fer s'évacuent par le trou de coulée muni du bec *c*. Les vapeurs de zinc se dégagent par le canal *d* et suivent le trajet indiqué par les flèches.

Les minerais de blende bruts, préalablement désséchés par les chaleurs perdues, sont chargés dans le four avec les proportions voulues de fonte de fer en grenailles et de fondants ; ces derniers peuvent même être supprimés en traitant un mélange en proportions convenables de blendes à gangues de compositions différentes. Les charges se succèdent de deux en deux heures ou quelquefois un peu plus rapidement, et chacune d'elles comporte en moyenne 300 kg de minerai.

Pendant les premières minutes de la chauffe, l'air entraîné, le reste de l'humidité et enfin l'acide carbonique, sont successivement expulsés ; ces gaz, après avoir traversé le condenseur, s'échappent dans l'atmosphère. La fusion commençant aussitôt après, les vapeurs de zinc apparaissent. Une partie d'abord se liquéfie dans le compartiment C du condenseur, qui est maintenu

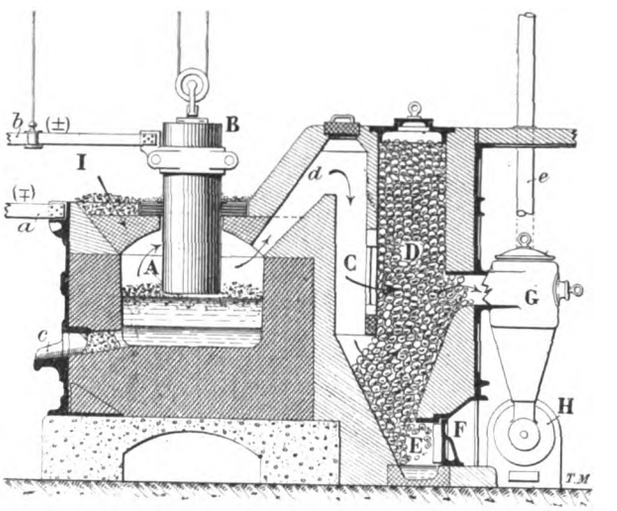


FIG. 2. — Four électrique, système Côte et Pierron, en service à l'usine d'Ugine (Savoie) pour l'électrométallurgie du zinc.

à la température nécessaire par un réglage convenable de la marche du four. En même temps, se déposent de la silice, de la chaux, du fer, etc., volatilisés en A et entraînés par les vapeurs de zinc. Ces vapeurs traversent ensuite, dans le sens des flèches, une colonne de charbon en gros morceaux à la température d rouge, qui sont introduits froids et réchauffés en D. Il se produit ainsi une filtration des vapeurs, pendant laquelle elles se condensent en majeure partie. La portion non liquéfiée en C et en D pénètre dans un grand barillet G, où se forme de la poudre de zinc très pure et aussi peu oxydée que possible.

Le zinc fondu, provenant de C et de D, coule à travers les charbons et se rassemble au fond E du condenseur, où on le recueille. De temps à autre, on retire par la porte F une petite partie du charbon, qui s'est encrassé par le fait de la filtration. Pendant cette extraction, l'air ne peut accéder aux espaces vides des appareils de condensation qu'en traversant les charbons au rouge qui transforment son oxygène en oxyde de carbone.

Tout est disposé pour que les diverses opérations : introduction ou extraction du charbon, du métal, de la poudre, dégorgements et ramonages des canaux et orifices de circultion des vapeurs, puissent se faire sans inconvénients en pleine marche.

Dans le barillet G, il se dépose une quantité de poudre de zinc relativement moins importante que dans les barillets des fours actuels de la métallurgie au charbon. Elle tombe automatiquement et directement, sans subir le contact de l'air, dans l'appareil indiqué en H, qui la fond au fur et à mesure ; les gaz non condensables s'échappent dans l'atmosphère par un tuyau vertical débouchant à l'air libre.

Digitized by Google

La fusion de la poudre s'opère électriquement dans l'appareil H (1) entre 435° et 450° C, en présence d'une petite quantité d'un fondant, très bon marché et d'ailleurs récupérable.

Quand on veut faire du « blanc de zinc », on substitue au barillet G, un appareil brûlant à l'air des vapeurs de zinc; le condenseur CD est réglé en allure plus chaude pour retenir moins de métal, et les vapeurs de zinc qui brûlent étant filtrées donnent alors un oxyde pur et blanc, qu'on recueille dans des chambres selon les procédés usuels.

La marche du type de four Côte et Pierron, ainsi perfectionné, donne des résultats supérieurs à ceux des anciens fours de l'usine d'Arudy. La quantité de métal retenu dans le condenseur C D varie entre d'assez larges limites, qui dépendent pour beaucoup de l'expérience de la main-d'œuvre. La proportion qu'on extrait par la porte F atteint cependant assez facilement 67 à 75 %.

Aussi, le rôle de l'appareil GH devient-il de moins en moins nécessaire, et les études de perfectionnement que poursuivent MM. Côte et Pierron aboutissent à sa suppression dans les nouveaux fours qui vont être construits.

Le principal but de l'installation d'Ugine est à la fois de former à la technique de l'électrométallurgie du zinc un personnel spécial destiné à prendre la direction d'une grande usine en préparation, et d'essayer, sur des tonnages d'une certaine importance, le traitement de divers minerais entre lesquels le choix se présente pour l'alimentation de la future usine.

On jugera des résultats qu'on peut espérer dans une installation importante d'après l'exemple suivant, relatif à la fusion d'un wagon de minerai : en soixante-douze heures, on a fondu 9 560 kg de blende ayant la composition suivante :

Humidité	1,04 %
Zn	34,80
Pb	2,63
Fe^2O^3	10,86
SiO^2	12,48
S (total)	21,12
CO^3Ca	7,34
Al^2O^3	5,67
MgO	2,34
Divers	1,72
Total	100,00

A ce minerai, on a ajouté 2 970 kg de limaille et de tournure de fer et 450 kg de fondant.

L'énergie électrique totale consommée aux bornes basse-tension du transformateur a été, d'après le wattmètre enregistreur, de 16 285 kwh.

On a retiré tant en E qu'en H, 2 810 kg de zinc fondu à 99,06 % et 538 kg de crasses à 34,72 % de zinc métallique. Ces crasses sont repassées en addition aux charges du four, lorsqu'on fond certains minerais plus pauvres et de gangue différente.

Le poids du sulfure de fer et des laitiers coulés ensemble a été de 9 730 kg et ces laitiers n'ont donné à l'analyse qu'une teneur en zinc de 1,85 %.

Le métal obtenu contient 0,07 % de fer, 0,81 % de plomb et 0,06 % d'impuretés diverses.

L'électrode a perdu 110 kg de son poids, ce qui correspond à une usure de moins de 12 kg par tonne de minerai.

Cet exemple est bien représentatif de la *marche moyenne* réalisée à Ugine. On voit que le four traite, par vingt-quatre heures, 3200 kg de minerais crus et relativement pauvres, avec une consommation d'énergie électrique de 1 700 kwh par tonne, soit 96 ch par tonne de minerai et par vingt-quatre heures.

D'après les chiffres précédents, la perte totale en zinc ressort à 11 % environ, en y comprenant celle qui se produit au cours de la récupération du métal contenu dans les crasses. Cette perte est encore de l'ordre de celle que l'on constate en moyenne dans le plus grand nombre des usines des types belges et silésiens; mais comme elle a subi une réduction ininterrompue depuis le début de la mise en marche de l'installation d'Ugine, on est fondé à croire qu'elle diminuera encore avec l'expérience de la main-d'œuvre dans la pratique industrielle.

Deux hommes suffisent au service de deux fours, même avec un outillage mécanique très rudimentaire, pour la préparation des charges, l'évacuation des laitiers, etc. D'autre part, l'entretien des appareils nécessite peu de frais; seuls le pisé et la voûte de la cuve A accusent une usure, mais qui est très peu apparente après un mois de service continu.

Les minerais fondus comportent une proportion importante de blendes fluorées, assez pauvres en zinc, mais d'une teneur relativement élevée en fluor (plus de 3 %). On sait que, même à 1 % de fluor, ces minerais sont inutilisables quand on emploie les procédés thermiques usuels, bien qu'ils constituent de puissants et nombreux gisements. Le four Côte et Pierron les emploie sans différence de traitement ni de résultat, avec ceux qui viennent d'être décrits. Le four électrique réalise donc à ce point de vue un avantage dont beaucoup de mines apprécieront l'importance (1).

De ce qui précède, il ressort que ce procédé employant du cheval-an à 50 fr, réalise un prix de revient de fabrication de la tonne de zinc assez sensiblement inférieur à celui qu'on obtient dans les usines thermiques les plus modernes brûlant du combustible à 15 ou 18 fr la tonne. Le four électrique nécessite un nombre d'ouvriers moindre que les fours à cornues des fonderies belges, anglaises ou silésiennes; ces ouvriers peuvent être rapidement formés dans n'importe quelle région. Enfin, les frais de premier établissement des fours électriques, à égale capacité de production, sont moins élevés que ceux des fours à charbon.

Dans ces conditions, on pourra exploiter, avec des résultats rémunérateurs, même si les cours du zinc sont très bas, des mines jusque-là inexploitées, parce qu'on aurait dû payer 40 fr de transport pour expédier à Hambourg ou à Swansea leur minerai enrichi à 50 %, alors qu'on ne paiera plus que quelques francs pour livrer le même minerai à la teneur de 35 % à la fonderie voisine. Il est vrai de dire que l'usine devra payer pour expédier son zinc sur les marchés de Londres, d'Anvers ou du Havre des prix de transport supérieurs à ceux que paient les usines belges ou silésiennes; toutefois, cette dépense sera compensée par l'abaissement du prix de revient du traitement métallurgique, dû au bon marché du courant électrique et

(1) L'appareil électrique de fusion de la poudre est couvert par des brevets qui sont encore au secret en France et en instance de demandes dans les pays étrangers : pour ce motif, on ne peut encore le décrire.

(1) Ces résultats permettent d'établir le prix de revient ci-après :

Frais de fusion par tonne de minerai cru à une teneur comprise entre 34 % et 38 % Zn.

Energie électrique : 2 300 ch-h à 50 fr le cheval-an	13 30
Amortissement et entretien des bâtiments des fours et de l'outillage	12 »
Electrodes : 12 kg, à 485 fr la tonne, pièces mises en place	5 80
Fer réactif récupéré du sulfure de fer, l'opération étant partiellement payée par la vente du soufre	4 25
Main-d'œuvre (fours et service général de l'usine) 17 h d'ouvrier à 0 45	7 65
Frais généraux : comptés à 100 000 fr dans une usine fondant 20 000 t par an	5 »
Total	48 00

Il faut fondre 2 900 kg de minerai à 38 % pour produire une tonne de métal; les *frais de fusion*, amortissements compris, sont donc de $48 \times 1\,900 = 140$ fr, en chiffres ronds, par tonne de métal.

Digitized by Google

au peu d'importance des frais de premier établissement (1).

En résumé l'Electro-Métallurgie, appliquée au traitement des minerais de zinc, présente les avantages suivants :

1° Possibilité d'établir des fonderies dans des régions dépourvues de combustible et très riches en minerai de zinc, avec frais de premier établissement incomparablement moindres que dans le cas des usines pourvues de fours à cornues;

2° Réduction des pertes de métal qui, avec le four électrique au pied de la mine, n'atteignent pas la moitié de la valeur qu'elles peuvent représenter dans le cas des fours belges recevant des minerais à fort enrichissement; de même la main-d'œuvre est simplifiée et peut se recruter facilement parmi les paysans des régions montagneuses;

3° Réduction considérable des frais de transport du minerai et facilité d'exploitation de nombreuses mines à faible teneur, puissantes, mais à peu près inexploitables dans l'état actuel de l'industrie du zinc.

C. LORDIER,
Ingénieur civil des Mines.

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

INFLUENCE DES DIMENSIONS PRINCIPALES ET DES FORMES DES CARÈNES SUR LES VITESSES RÉALISÉES PAR LES NAVIRES (2)

(*Suite et fin.*)

Surface de frottement de la carène. — On ne peut évidemment déterminer une formule exacte reliant la surface de la carène aux dimensions principales d'un navire, car on peut, sans changer ces dimensions, ajouter ou supprimer des plans minces à l'avant ou à l'arrière, changer la forme des couples, de façon à modifier la surface de frottement. On a cependant essayé d'assez nombreuses formules que nous citerons :

1° Formule de M. Dupré :

$$\Sigma^2 = \gamma L\sqrt{B^2} \quad (\gamma \text{ varie de 1,9 à 2,1 environ}).$$

2° Formule de l'amiral Bourgeois :

$$\Sigma^2 = \mu L(l + 2p)$$

avec $\mu = 0{,}60$ pour les croiseurs et 0,67 pour les cuirassés.

3° Formule de M. Normand :

$$\Sigma^2 = L\left[1{,}52p + l\left(0{,}174 + 0{,}85\frac{U}{Llp}\right)\right].$$

4° Formule de M. Dudebout :

$$\Sigma^2 = 2{,}8044\left(\frac{U^{5/3}L}{\beta}\right)^{1/3}.$$

5° Formule de l'amiral Fournier :

$$\Sigma^2 = 2{,}98\left(\frac{p}{l}\right)^{0{,}08}\beta^{1/6}\sqrt{LU}.$$

Dans ces formules, L désigne la longueur, p la profondeur de carène, l la largeur, U le volume de la carène, B^2 la maîtresse section, $\beta = \frac{U}{B^2L}$ (les différentes quantités étant exprimées en mètres).

Aucune de ces formules naturellement ne donne des résultats exacts dans tous les cas. Les plus compliquées, d'un emploi moins commode, cadrent un peu mieux avec les valeurs réelles.

La première formule est la plus simple. Elle peut s'écrire :

$$\Sigma^2 = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta}}\sqrt{LU} = \alpha\sqrt{LU},$$

ce qui lui donne une forme voisine de la dernière.

Or, on constate que le coefficient α peut être considéré comme sensiblement constant, lorsqu'on modifie les caractéristiques d'un navire sans changer ses formes (dilatation du navire longitudinalement, transversalement ou verticalement), et varie moins que γ lorsque la finesse du navire change (variations de β). Comme, d'autre part, l'étude de la résistance résiduaire nous montrera que cette résistance dépend surtout de L et U, et que ces deux caractéristiques sont les plus intéressantes pour les devis de poids des navires, nous adopterons la formule simple précitée :

$$\Sigma^2 = \alpha\sqrt{LU}.$$

Nous avons calculé le coefficient α pour différents types de navires. Nous avons trouvé que, pour les navires à maître couple assez plein, le minimum était de 2,56 environ (valeur réalisée par des navires italiens dont nous étudierons ultérieurement la résistance résiduaire) et qu'il pouvait descendre jusqu'à 2,45 environ pour les navires à maître couple peu rempli.

La formule $\Sigma^2 = \alpha\sqrt{LU}$ nous permettra d'une part de calculer la valeur approchée de la surface mouillée, dans le cas d'un avant-projet de navire, et d'autre part de vérifier, dans le cas d'un projet définitif, si la surface mouillée atteint ou non la valeur minimum réalisable.

Cette vérification est très importante, car aux faibles allures la résistance de frottement est la partie la plus importante de la résistance totale, et il serait illusoire, aux allures rapides, de rechercher une résistance résiduaire aussi faible que possible, si l'on devait perdre plus qu'on ne gagne, par suite d'une augmentation corrélative de la résistance de frottement.

Règles pratiques pour le calcul de la résistance de frottement. — La résistance de frottement se calculera par la formule déjà citée :

$$R_f = \varphi\Sigma^2 V^{1{,}825} \text{ avec } \varphi = 0.1392 + \frac{0{,}258}{2{,}68 + L}.$$

Σ^2 est la surface réduite, soit mesurée ainsi qu'il a été indiqué, soit calculée par la formule $\Sigma^2 = \alpha\sqrt{LU}$, avec $\alpha = 2{,}56$ pour les

(1) On peut même se demander si le four électrique ne pourra pas se substituer aux fours à houille dans les pays où la production du zinc est actuellement concentrée et qui ont du charbon à très bon marché.

Les fours belges et silésiens consomment encore 1,7 à 2 t de charbon par tonne de minerai; or, le four électrique ne demande que 2 300 ch-h par tonne de minerai et les moteurs thermiques, de très grande puissance, ne sont plus rares, qui ne consomment que 750 g de chabron par cheval-heure. Dans ces conditions, un four électrique alimenté par des moteurs thermiques ne dépenserait que $2\,300 \times 0\,\text{kg}\,7 = 1\,725$ kg de charbon par tonne de minerai. Etant donné que le nouvel appareil réduit beaucoup les frais d'entretien et de main-d'œuvre et entraîne de moins grandes pertes de métal, on en vient à penser qu'il pourra peut-être trouver place aussi bien dans les centres charbonniers que dans les pays de houille blanche.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 4 (15 février 1913), p. 143.

Digitized by Google

grands bâtiments à maître couple en général assez plein et α variant de 2,56 à 2,45, à mesure que le maître couple est moins plein en tendant vers une forme voisine de celle d'une demi-ellipse.

IV. — Étude de la résistance résiduaire.

La décomposition de la résistance de carène en résistance de frottement et en résistance résiduaire permet, grâce à l'emploi de petits modèles et conformément aux règles de la similitude mécanique, de connaître à chaque vitesse la valeur de la résistance de carène d'un navire.

La résistance résiduaire dépend de la vitesse, des dimensions caractéristiques, et des formes de carène. Ses variations capricieuses ont dérouté les théoriciens. Il convient toutefois de rappeler que l'étude théorique de la résistance résiduaire, ou plutôt d'éléments composants de cette résistance (résistance de rencontre, vagues divergentes, vagues transversales), a été fort utile; elle a permis en particulier d'édifier la théorie de la similitude mécanique et des petits modèles.

Il nous semble que, puisque la théorie est impuissante, pour le moment du moins, à rendre compte des phénomènes complexes déterminés dans la masse liquide par l'avancement d'un navire, il convient de rechercher expérimentalement les lois de variation de la résistance résiduaire. Les nombreux résultats d'essais de modèles, qu'on possède actuellement, doivent permettre d'atteindre ce but. Le tout est de les analyser et de les classer soigneusement, de façon à dégager, de l'ensemble des résultats connus, des lois expérimentales suffisamment précises et exactes.

Un premier examen des résultats d'essais de modèles montre que, dans les variations de la résistance résiduaire, il convient de séparer deux influences, à savoir, les dimensions caractéristiques et les formes de carène. Alors, en effet, que la valeur de la résistance de frottement est déterminée pratiquement quand les dimensions caractéristiques sont fixées, on remarque, au contraire, que des variations très importantes de la résistance résiduaire sont causées par des modifications de formes des carènes assez peu considérables. Par définition, nous dirons d'ailleurs que deux modèles ont les mêmes formes de carène, quand ils dérivent l'un de l'autre par amplification ou raccourcissement proportionnel dans une ou plusieurs des trois dimensions principales, longueur, largeur, immersion. L'analyse des essais effectués en Italie par l'ingénieur en chef naval Rota, montrera les raisons d'être de cette définition qui peut sembler *a priori* un peu arbitraire.

Afin d'éliminer l'influence des formes, nous choisirons un type déterminé de carène dont les dimensions principales seules varieront et nous rechercherons pour ce type les variations de la résistance résiduaire. Il convient de choisir, comme formes types, des formes de carène donnant une résistance résiduaire aussi faible que possible, car l'étude des variations de résistance d'un modèle mal tracé présenterait un intérêt très faible. Or, parmi les nombreux types de carènes essayées, le type étudié par l'ingénieur en chef du génie maritime italien Rota présente des qualités de faible résistance résiduaire tout à fait remarquables. Etant donné que, d'autre part, ce savant expérimentateur a déterminé les résistances résiduaires de modèles dérivés du type primitif par amplifications et raccourcissements proportionnels suivant les trois dimensions principales, les résultats de ses expériences semblent tout à fait propres à la détermination des lois de la résistance résiduaire.

A. Analyse des expériences de l'ingénieur en chef Rota. — M. Rota donne, dans une note insérée au *Bulletin de l'Association technique maritime* de 1900, le détail et les résultats d'expériences effectués au bassin de la Spezia (Italie) sur des modèles, dont les formes restent les mêmes, mais dont les dimensions, dans le sens de la longueur, de la largeur ou de la profondeur, sont modifiées dans un rapport constant.

La note en cause est fort intéressante. L'auteur n'a pas eu en réalité pour but de déterminer les lois de variation de la résistance résiduaire avec la vitesse et les dimensions principales pour le type de bateau choisi. Il s'est plutôt attaché à rechercher les variations soit de la résistance totale, soit de chacune des deux résistances élémentaires (résistance de frottement et résistance résiduaire) et à déterminer, pour une vitesse donnée, la longueur optimum. Néanmoins on peut constater que les déductions qu'il a tirées de ses expériences, sont en parfaite concordance avec les lois que nous allons déterminer.

Tableau I. — Valeurs correspondantes de $\frac{V}{\sqrt{L}}$ et $\frac{R}{D}$ d'après les expériences de M. Rota.

Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Modèle 4		Modèle 5		Modèle 6		Modèle 7		Modèle 8		Modèle 9		Modèle 10		Modèle 11		Modèle 12	
$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$
0,61	0,31	0,52	0,27	0,54	0,17	0,71	0,59	0,52	0,32	0,52	0,27	0,52	0,24	0,52	0,31	»	»	0,52	0,27	»	»	»	»
0,73	0,75	0,62	0,45	0,63	0,37	0,79	1,08	0,62	0,52	0,62	0,45	0,62	0,40	0,62	0,48	0,62	0,37	0,62	0,45	0,62	0,30	0,62	0,48
0,85	1,37	0,72	0,72	0,72	0,50	0,86	1,38	0,72	0,84	0,72	0,72	0,72	0,67	0,72	0,82	0,72	0,63	0,72	0,72	0,72	0,56	0,72	0,75
0,97	2,30	0,83	1,17	0,81	0,94	0,94	1,85	0,83	1,16	0,83	1,17	0,83	1,15	0,83	1,30	0,83	1,13	0,83	1,17	0,83	0,97	0,83	1,20
1,10	4,92	0,93	1,85	0,90	1,57	1,02	2,53	0,93	1,74	0,93	1,85	0,93	1,98	0,93	2,17	0,93	1,87	0,93	1,85	0,93	1,68	0,93	1,97
»	»	1,04	3,25	0,99	2,04	1,10	3,79	1,04	3,16	1,04	3,25	1,04	3,41	1,04	3,82	1,04	3,00	1,04	3,25	1,04	3,02	1,04	3,18
»	»	1,14	6,77	1,08	3,32	1,18	6,31	1,14	6,50	1,14	6,77	»	»	»	»	1,14	5,95	1,14	6,77	1,14	6,80	»	»
»	»	»	»	1,17	6,31	1,26	10,40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	1,26	12,30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Un mode de représentation à peu près identique est assez souvent employé par les auteurs américains, qui nous semblent par suite avoir vu l'intérêt qu'offre cette représentation.

Les modèles essayés forment trois groupes. Dans le premier, la longueur seule change par dilatations longitudinales; dans la deuxième, la largeur seule, et dans la troisième l'immersion seule, varient de la même façon. Les variations de dimensions envisagées sont très considérables. En amplifiant les modèles dans le rapport de 1 à 40, on obtient des navires dont le déplacement varie de 15 000 à 35 000 t.

L'examen approfondi des résultats des expériences nous a conduit à les représenter de la façon suivante :

Sur deux axes de coordonnées rectangulaires (fig. 3) nous portons, en abscisses les valeurs de $\frac{V}{\sqrt{L}}$, en désignant par V la vitesse en mètres à la seconde et L la longueur du modèle en mètres, et en ordonnées les valeurs de $\frac{R}{D}$, en désignant par R la résistance résiduaire en kilogrammes et par D le déplacement en tonnes (1).

Digitized by Google

On notera que cette représentation satisfait à la loi de similitude, c'est-à-dire que, pour deux modèles géométriquement semblables, les points représentatifs coïncident (aux vitesses correspondantes naturellement). On constate en outre que, pour les divers modèles essayés, qui sont loin d'être géométriquement semblables, les courbes représentatives sont très voisines.

Tableau II. — Dimensions principales des modèles de M. Rota.

Numéros des modèles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Longueur en décimètres	27,000	37,333	50,000	65,000	37,333	37,333	37,333	37,333	37,333	37,333	37,333	37,333
Largeur en décimètres	5,713	5,713	5,713	5,713	4,000	5,713	6,500	7,500	5,713	5,713	5,713	5,713
Immersion en décimètres	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073	1,500	2,073	2,500	3,500

Nous donnons, dans le Tableau I (p. 173), pour les divers modèles les valeurs correspondante calculées de $\frac{R}{D}$ et $\frac{V}{\sqrt{L}}$.

Les dimensions principales des modèles sont d'ailleurs les suivantes (Tableau II) :

Traçons une courbe moyenne passant par les parties centrales des groupes de points. Après des essais de formules diverses, nous avons reconnu que cette courbe pouvait être représentée avec une grande exactitude par la formule suivante :

$$\frac{R}{D} = 2,7\,\frac{V^4}{L^2}\left(1 - \cos\frac{gL}{2V^2}\cdot e^{-\frac{1,3L^2}{V^4}}\right).$$

La courbe correspondante a été tracée (fig. 3), à deux échelles différentes, pour en faciliter l'emploi. Cette courbe, déduite empiriquement des résultats des essais de M. Rota (essais dans lesquels $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ne variait qu'entre 0,52 et 1,26) nous semble tout à fait propre, avec une petite correction pour tenir compte

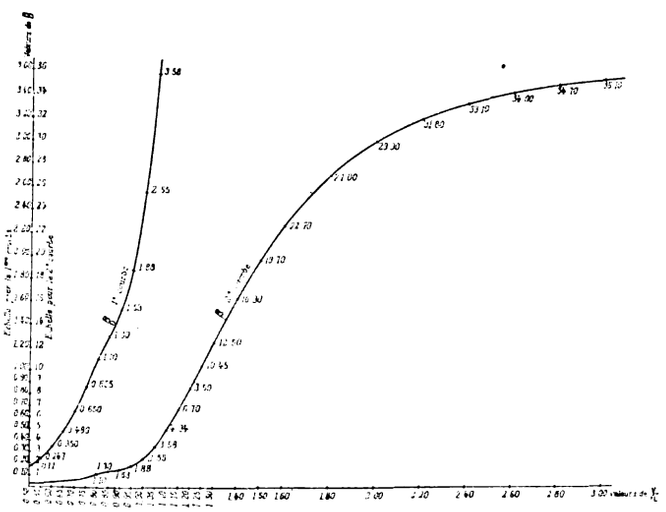


Fig. 3. — Courbe type des valeurs de $\frac{R}{D}$ en fonction de $\frac{V}{\sqrt{L}}$.

des variations de largeur par rapport à la longueur, (correction que nous indiquerons ultérieurement), à représenter la résistance résiduaire d'un navire type pris comme terme de comparaison. Elle satisfait d'ailleurs aux conditions suivantes :

1° Variations de résistance déterminées d'après la période des vagues satellites produites : c'est le terme en cos $\frac{gL}{2V^2}$ qui en rend compte;

2° Influence de plus en plus grande des vagues à mesure que la vitesse augmente : c'est le multiplicateur $e^{-\frac{1,3L^2}{V^4}}$ du terme cos $\frac{gL}{2V^2}$ qui rend compte de ce fait;

3° Phénomène du déjaugeage, qui tend à se produire nettement à partir du moment où la longueur de la houle, de célérité égale à la vitesse, devient supérieure à la longueur du navire $\left(\frac{V}{\sqrt{L}} > \sqrt{\frac{g}{2\pi}}\right)$, et qui est corrélatif d'une augmentation moins rapide de la résistance. La formule proposée présente la particularité que, lorsque $\frac{V}{\sqrt{L}}$ augmente indéfiniment, $\frac{D}{R}$ tend vers une limite un peu inférieure à 36.

Nous verrons ultérieurement, par les résultats d'essais de contre-torpilleurs, que cette courbe expérimentale, qui coïncide avec les résultats moyens des essais de M. Rota pour $\frac{V}{\sqrt{L}}$ inférieur à 1,26, semble convenir comme terme de comparaison, même pour les valeurs très élevées de $\frac{V}{\sqrt{L}}$, tout au moins pour des bâtiments très fins comme le sont d'ordinaire les torpilleurs et les contre-torpilleurs.

Revenons maintenant aux résultats donnés par les courbes individuelles, comparés à la courbe moyenne déterminée précédemment.

On reconnaît aisément, par l'examen des résistances résiduaires aux faibles vitesses, que les expériences sont entachées de petites erreurs systématiques. Ces erreurs corrigées, il apparaît nettement que la résistance résiduaire augmente quand le rapport de la largeur à la longueur est modifié.

D'après les résultats des présents essais, ainsi que d'autres essais effectués en Italie et en Angleterre, essais dont nous parlerons ultérieurement, il semble qu'on peut tenir compte, dans une mesure logique, de l'effet de la largeur, en remplaçant, dans la formule que nous avons donnée précédemment pour la valeur de la résistance résiduaire par tonne, le coefficient numérique 2,7 par $1,8 + 6\,\frac{l}{L}$. La formule devient alors :

$$\frac{R}{D} = \left(1,8 + 6\frac{l}{L}\right)\frac{V^4}{L^2}\left(1 - \cos\frac{gL}{2V^2}\cdot e^{-\frac{1,3L^2}{V^4}}\right).$$

Le coefficient $1,8 + 6\,\frac{l}{L}$ est égal à 2,4 pour $\frac{l}{L} = 0,1$, à 2,7 pour $\frac{l}{L} = 0,15$ et à 3 pour $\frac{l}{L} = 0,2$.

Il est d'ailleurs bien entendu que la formule précédente ne doit logiquement être appliquée que dans les limites mêmes des expériences, le rapport de la largeur à la longueur variant entre 0,1 et 0,2 environ et le rapport de l'immersion à la longueur variant entre 0,04 et 0,09 environ (ces limites comprennent d'ailleurs les bateaux des types ordinaires).

B. Adoption d'un critérium pour apprécier les qualités de formes des carènes de navire. — Il résulte de l'analyse précédente que les résultats d'essais de modèles, obtenus par

***

Digitized by Google

M. Rota, satisfont, aux erreurs d'expériences près, à la loi énoncée :

$$\frac{R}{D} = \left(1{,}8 + 6\frac{l}{L}\right)\frac{V^4}{L^2}\left(1 - \cos\frac{gL}{2V^2}\cdot e^{-\frac{1{,}3L^2}{V^4}}\right),$$

dans des limites d'ailleurs très étendues des variations de vitesse et de dimensions principales. Etant donné que, pour pouvoir comparer utilement les qualités de formes de navires différents, il nous semble indispensable de partir d'un navire type, nous prendrons comme tel le navire qui suivrait exactement la loi énoncée ci-dessus. Ce choix présente d'ailleurs des avantages que nous allons détailler :

1° Le navire type choisi est extrêmement voisin, jusqu'à $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1{,}26$ environ, d'un type de navire réalisé réellement. Pour les valeurs supérieures à $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1{,}26$, bien qu'il corresponde à un type hypothétique, il acuse des résistances résiduaires par tonne qui ne sont pas très inférieures à celles obtenues avec les meilleurs contre-torpilleurs français. Nous verrons, d'ailleurs, ultérieurement, que les résultats d'essais de bâtiments français permettent de supposer qu'on n'est pas encore arrivé, même pour les contre-torpilleurs, à des résistances résiduaires aussi faibles que celles qu'il paraît possible de réaliser;

2° Les modèles étudiés par M. Rota présentent, ainsi que nous le montrerons ultérieurement, des qualités de formes telles que les résistances résiduaires par tonne obtenues semblent, dans des limites de variations de $\frac{V}{\sqrt{L}}$ très étendues, les minima jusqu'à présent réalisés (1). Pour des valeurs élevées de $\frac{V}{\sqrt{L}}$, la formule extrapolée donne des résistances résiduaires par tonne inférieures aux meilleures valeurs obtenues, mais ne paraissant nullement irréalisables. Par suite, le modèle type peut être considéré comme le minimum réalisé ou réalisable, ce qui pour les comparaisons est très important.

3° La formule établie a une forme relativement simple. La résistance résiduaire par tonne, abstraction faite du terme $1{,}8 + 6\frac{l}{L}$, qui a, d'ailleurs, des variations assez faibles, ne dépend que de $\frac{V}{\sqrt{L}}$. Elle montre que, pour une valeur déterminée de ce rapport, le plus souvent donnée par les conditions à réaliser pour un navire, la résistance résiduaire par tonne minimum réalisable est déterminée. Par suite, on sera en droit de dire qu'un type de navire, qui donne une résistance résiduaire supérieure à celle déduite de la formule précédente, est mal tracé (on peut, en effet, obtenir un navire de mêmes dimensions caractéristiques donnant une résistance résiduaire plus faible). Il convient toutefois de remarquer que la résistance de frottement intervenant dans la résistance totale, un navire qui aurait, pour les mêmes caractéristiques que le navire type, une surface de frottement moindre, pourrait compenser en totalité ou en partie, surtout pour des valeurs de $\frac{V}{\sqrt{L}}$ peu élevées, l'augmentation de résistance résiduaire. Ce cas ne sera pas, d'ailleurs fréquent, car le bateau type envisagé présente relativement à ses dimensions une surface de frottement très faible.

$$\frac{\text{Surface de frottement}}{\sqrt{\text{longueur} \times \text{déplacement}}} = 2{,}56 \text{ environ.}$$

(1) Nous n'avons trouvé qu'un seul type de navire étudié par l'ingénieur italien Cuniberti, qui présentât une résistance résiduaire inférieure à celle de ce type de navire. Il convient, toutefois, de remarquer qu'il ne s'agit que des résultats d'un seul modèle, résultats pouvant être entachés d'erreurs d'expériences et que le gain de résistance résiduaire n'est, d'ailleurs, pas très considérable.

V. — Essais de modèles effectués à l'étranger.

Avant de rendre compte des essais de modèles effectués en France, il nous semble préférable d'analyser les principaux essais de modèles effectués à l'étranger. Cela tient au fait suivant : Le bassin d'essai récemment établi à Paris, n'a pu encore mener à bonne fin, en vue de la recherche des meilleures forme de carène, des expériences qui demandent plusieurs années. Au contraire, de telles expériences méthodiques ont été effectuées à l'étranger, principalement en Italie et en Angleterre. Par suite, l'analyse des essais effectués à l'étranger nous permettra de poser certaines règles, sur la façon dont on doit tracer les carènes. Les essais de modèles effectués en France nous montreront comment, par suite de la connaissance imparfaite de ces règles, on a pu établir des navires présentant une résistance résiduaire extrêmement forte, parfois double à grande vitesse de ce qu'elle devrait être pour un bâtiment bien tracé.

A. Essais effectués en Italie. — 1° *Essais divers effectués par l'ingénieur en chef Rota.* — Nous avons déjà parlé longuement des essais en cause. Vu les qualités de résistance remarquables des modèles essayés, il serait fort intéressant de connaître les formes de ces modèles ou au moins d'avoir quelques données sur ces formes. Le seul renseignement qu'on peut tirer, au sujet des formes, des caractéristiques des modèles est le rapport de volume de carène au parallélipipède circonscrit. Ce rapport est sensiblement égal à 0,50. Si nous connaissions le rapport de la maîtresse section au rectangle circonscrit, nous pourrions en déduire le rapport du volume au cylindre circonscrit, c'est-à-dire le degré de remplissage de la courbe des aires des couples. En estimant à 0,90 le rapport de la maîtresse section au rectangle circonscrit, ce qui est un chiffre moyen, on trouve ainsi 0,56 environ comme degré de remplissage de la courbe des aires des couples.

L'ingénieur en chef Rota donne, d'autre part (1), des résultats d'essais de modèles pour lesquels les formes, la longueur et le déplacement restent constants; il n'y a de variable que le rapport de la largeur à l'immersion. Ces essais confirment, au moins à grande vitesse, les déductions tirées des essais que nous avons analysés, au sujet de l'influence des variations de la largeur; à faible vitesse, pour ce type de modèles, les variations de la largeur semblent avoir plus d'influence que pour les essais analysés Encore convient-il pour ces essais à faible vitesse, où le frottement a une très grande importance, de se défier des résultats d'essais facilement entachés d'erreurs. Ces modèles présentent, d'ailleurs, par rapport au modèle-type une résistance résiduaire supérieure de 30 °/₀ environ entre $\frac{V}{\sqrt{L}} = 0{,}7$ et 1,2. Leurs plans de forme, donnés par M. Rota, montrent qu'ils sont assez semblables comme formes, sauf suppression de l'éperon, à des modèles essayés en Angleterre par M. Froude, dont nous analyserons ultérieurement les résultats. La connaissance des formes de ces modèles n'est pas très intéressante, car ils ne présentent pas, à beaucoup près, les mêmes qualités de résistance que le modèle-type (2).

2° *Essais effectués par l'ingénieur en chef italien Cuniberti.* — Les résultats de ces essais sont donnés par l'auteur à la *Rivista Marittima* (décembre 1899). Ces essais ont eu pour but de rechercher les meilleures formes de carène pour un navire de

(1) *Transactions of the institution of naval Architects*, 1905 (2e partie).

(2) Nous signalons seulement pour mémoire des essais effectués par l'ingénieur en chef Rota relatés à la *Rivista Marittima* de septembre 1899. Les résistances par tonne sont très voisines de celles du modèle type. Il est probable, d'ailleurs, que les modèles étaient, sinon identiques, du moins de formes très voisines de celles du modèle type.

Digitized by Google

8000 tonnes et de 23 nœuds. Diverses considérations, indépendantes de la question de la vitesse, ont conduit, tout d'abord, à choisir comme dimensions caractéristiques :

Longueur	122m,04
Largeur	19m,40
Profondeur de carène	6m,70

Trois modèles de formes assez différentes ont été essayés. Le premier dérivait du *Francesco Ferrucio* par addition d'une partie cylindrique au milieu; le deuxième et le troisième n'avaient pas de partie cylindrique; ils différaient par la forme des lignes d'eau avant, rectilignes pour le deuxième et concaves pour le troisième.

Le troisième modèle s'est montré de beaucoup supérieur aux deux autres, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant, qui donne les puissances utiles en chevaux à différentes vitesses pour les trois types de navires :

VITESSE	MODÈLE 1	MODÈLE 2	MODÈLE 3
17 nœuds	3 800	3 500	3 000
18 —	4 800	4 300	3 600
19 —	6 100	5 400	4 300
20 —	7 500	6 600	5 100
21 —	9 300	7 800	6 100
22 —	11 800	9 400	7 400
23 —	16 200	11 300	9 400
24 —	»	13 500	12 600

On constate, en particulier, qu'une puissance utile de 9 400 Ch donnerait aux différents navires des vitesses respectives de 21, 22, 23 nœuds environ.

Les conclusions d'ordre général qu'on peut formuler, d'après les résultats de ces essais, sont les suivantes :

Un bateau à partie centrale cylindrique ou presque cylindrique est très mauvais. — Il convient, par suite, de ne pas chercher à réduire les dimensions transversales en aplatissant les lignes d'eau et les sections longitudinales dans la région centrale du navire. En opérant ainsi, on détermine des zones de remous très préjudiciables à l'obtention de grandes vitesses.

Les lignes d'eau de l'avant doivent être concaves. — Le bénéfice réalisé par rapport à des lignes d'eau rectilignes à l'avant est très considérable. Ce bénéfice diminue, d'ailleurs, à grande vitesse. Il est, par suite, probable que des lignes d'eau rectilignes à l'avant sont préférables pour des bâtiments destinés à marcher d'ordinaire à grande vitesse, tels que les torpilleurs, contre-torpilleurs et canots automobiles. Nous reviendrons ultérieurement sur cette question des lignes d'eau avant et de la forme à l'avant de la courbe des aires des couples.

La maîtresse section doit se trouver en arrière du milieu de la flottaison. — On a cherché la position optimum de la maîtresse section. Après des essais nombreux, on a trouvé qu'elle devait se trouver sensiblement sur l'arrière du milieu, 6 m environ pour des bateaux de 120 m de longueur. Les parties avant et arrière du navire doivent donc avoir des longueurs sensiblement dans le rapport de 11 à 9. Il convient toutefois de remarquer que le rapport entre les deux parties AV et AR pourrait différer du rapport indiqué précédemment pour des bâtiments différemment tracés, en particulier n'ayant pas la même assiette. En outre, ces conclusions ne sont pas en contradiction avec l'observation des formes des poissons, ordinairement gros à l'avant et effilés à l'arrière; en effet, les poissons ont de très grandes vitesses par rapport à leur taille et, d'autre part, ils doivent être assimilés à des bâtiments sous-marins ou à des torpilles et non à des bâtiments naviguant à la surface de l'eau.

Remarque. — Les conclusions précédentes présentent un intérêt très grand, car le bateau n° 3 essayé par M. Cuniberti a donné des résultats excellents, ainsi qu'il résulte du tableau suivant, où la résistance par tonne de ce bateau est comparée aux résultats des modèles, essayés par l'ingénieur en chef Rota peu de temps après et vraisemblablement de formes très voisines :

TABLEAU III. — RÉSULTATS D'ESSAIS DU MODÈLE 3 COMPARÉS A CEUX DU MODÈLE TYPE.

VITESSE en nœuds	RÉSISTANCE de rencontre R	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}$ (modèle 3)	$\frac{R'}{D'}$ (modèle type)	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$
17. . . .	8 250	0,792	1,030	1,070	0,96
18. . . .	9 050	0,838	1,130	1,220	0,93
19. . . .	11 100	0,885	1,380	1,460	0,94
20. . . .	13 050	0,932	1,630	1,720	0,95
21. . . .	15 100	0,979	1,880	2,250	0,84
22. . . .	19 300	1,027	2,410	2,950	0,82
23. . . .	27 750	1,072	3,470	4,200	0,83
24. . . .	43 000	1,113	5,370	5,200	1,03

B. ESSAIS EFFECTUÉS EN ANGLETERRE. — Il a été effectué en Angleterre de nombreux essais de résistance de carènes. La plupart ont été faits par M. W. Froude, et continués par M. R.-E. Froude. On constate à la lecture des mémoires y relatifs que les auteurs ont eu un grand souci d'éliminer les causes d'erreur. D'autre part, ils fournissent des résultats très complets sur leurs essais.

1° *Essais du* Merkara, *en 1877.* — Ces essais entrepris par M. W. Froude ont eu pour but de montrer l'influence des parties cylindriques. A faible vitesse, cette influence est négligeable; mais, à partir d'une certaine vitesse, dépendant de la grandeur de la carène et concordant à peu près avec le moment de l'apparition des vagues, une carène à partie médiane cylindrique devient rapidement beaucoup plus résistante qu'une carène à lignes d'eau continues;

2° *Essais faits à vitesse croissante sur un même bâtiment.* — M. W. Froude a montré que la résistance résiduaire d'un bâtiment, remorqué à des vitesses croissantes, au lieu de croître d'une façon continue, présente des ondulations sensibles. Les bosses et les creux correspondent à des valeurs de la vitesse sensiblement proportionnelles à :

Bosses (plus grande résistance) .	$\frac{1}{\sqrt{3,5}}$,	$\frac{1}{\sqrt{2,5}}$,	$\frac{1}{\sqrt{1,5}}$,	$\frac{1}{\sqrt{0,5}}$
Creux (moindre résistance) . . .	$\frac{1}{\sqrt{4}}$,	$\frac{1}{\sqrt{3}}$,	$\frac{1}{\sqrt{2}}$,	1

Les bosses se produisent quand les crêtes des vagues transversales avant et arrière coïncident.

Ces conclusions sont d'accord avec les résultats tirés des expériences de M. Rota, analysées précédemment, et la formule proposée, comme donnant la loi de variation de la résistance résiduaire du navire-type, en rend compte.

3° *Essais de modèles de formes variées.* — Des essais de modèles de formes variées (avec plans des formes joints) sont relatés à la sixième livraison du *Mémorial du Génie maritime* de 1877. Les résistances résiduaires par tonne sont supérieures à celles du navire-type. Pour certains modèles, à certaines vitesses, les résistances résiduaires sont jusqu'à quatre et cinq fois supérieures à ce qu'elles seraient pour des modèles bien tracés, alors que, pour d'autres modèles, la résistance résiduaire est seulement une fois et demie celle du navire-type. Les modèles à forte résistance résiduaire sont des modèles à partie cylindrique plus ou moins accusée. Nous citons ces résultats d'essais pour montrer l'importance considérable des formes des navires, surtout aux grandes vitesses;

4° *Essais de M. R.-E. Froude* (*Transactions of naval Architects* de 1904, p. 64). — M. R.-E. Froude donne les résultats d'essais

Digitized by Google

de modèles de formes variées, dérivant les uns des autres par raccourcissements successifs des parties avant et arrière, sans toucher à la partie centrale.

Les modèles dont les essais sont relatés au mémoire forment deux classes A et B, la première caractérisée par un rapport $\frac{\text{largeur}}{\text{immersion}} = 2{,}6$, la seconde par un rapport $\frac{\text{largeur}}{\text{immersion}} = 3{,}5$. Dans chaque classe, M. Froude a essayé six types, ces différents types provenant d'un même bâtiment raccourci à l'avant et à l'arrière, de façon à obtenir des formes différentes de lignes d'eau aux extrémités. Enfin chaque type comprenait plusieurs bateaux, les uns fins, les autres gros, dérivés les uns des autres par dilatation à la fois transversale et verticale. Au total, il a été essayé environ 70 modèles de formes et de dimensions différentes. Les formes des modèles, ainsi que tous les résultats des essais, sont d'ailleurs donnés par M. Froude.

Si l'on analyse les résultats des essais d'après la méthode de comparaison indiquée précédemment, en rapportant la résistance résiduaire par tonne à celle du bateau-type pour la même valeur de $\frac{V}{\sqrt{L}}$, on peut faire diverses constatations, que nous allons résumer.

1) Quand au passe du type A au type B, on trouve que, pour des navires de même longueur et de même déplacement (ou plus exactement de longueurs et de déplacements très voisins), la résistance totale augmente en moyenne, aux diverses vitesses d'essais, des nombres suivants pour les différents types :

Type 1 (le plus affiné aux extrémités) . . .	4 °/₀
Type 2 (de plus en plus gros aux extrémités)	3
Type 3 — —	3
Type 4 — —	4
Type 5 — —	6
Type 6 (le plus gros aux extrémités)	9

En moyenne, pour les types 1, 2, 3, 4, on peut dire que la résistance résiduaire augmente de 6 °/₀ environ quand on passe du type A au type B, c'est-à-dire quand la largeur augmente de 35 °/₀ environ. Cela cadre bien, comme on peut s'en assurer, avec les résultats des expériences des navires italiens.

Pour les bateaux des types 5 et 6, l'augmentation de résistance résiduaire en passant du type A au type B est plus élevée que pour les types 1, 2, 3, 4. Il convient toutefois de remarquer que ces types de navires accusent des résistances résiduaires beaucoup plus fortes que le navire-type (environ une fois et demie pour le type 5 et deux fois pour le type 6 pour $\frac{V}{\sqrt{L}}$ compris entre 0,9 et 1); par suite il n'y a pas lieu de tenir compte de cette divergence.

Tableau IV. — Résultats des essais des modèles de types 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

MODÈLE 1A			MODÈLE 2A			MODÈLE 3A			MODÈLE 4A			MODÈLE 5A			MODÈLE 6A		
V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$	V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$	V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$	V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$	V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$	V	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D}:\frac{R'}{D'}$
7,20	0,678	1,04	8,6	0,825	1,10	8,7[illegible]	0,840	1,15	8,62	0,840	1,23	8,62	0,816	1,30	8,94	0,890	1,90
8,29	0,780	0,98	9,7[illegible]	0,930	1,28	9,79	0,945	1,39	9,71	0,945	1,46	9,71	0,954	1,49	9,98	0,995	1,64
9,36	0,880	1,25	10,84	1,035	1,26	10,88	1,050	1,32	10,78	1,050	1,29	10,78	1,058	1,30	11,00	1,095	1,39
10,45	0,985	1,27	11,92	1,135	1,60	11,97	1,155	1,69	11,86	1,155	1,68	11,86	1,165	1,66	12,07	1,20	1,54
11,52	1,085	1,53	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12,28	1,160	1,83	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

2) Si l'on prend pour chaque type de bateau, du type A par exemple, les navires dont le rapport de la largeur à la longueur est voisin de 0,15 (bateau moyen italien) et si on compare au bateau-type les résistances résiduaires par tonne on obtient les résultats relatés au tableau IV :

V est la vitesse en mètres, L la longueur en mètres, $\frac{R}{D}$ et $\frac{R'}{D'}$ sont les résistances résiduaires par tonne du modèle et du navire-type.

Les dimensions caractéristiques des six modèles, dont les résultats d'essais ont été donnés au tableau IV sont d'ailleurs indiquées au tableau V.

On peut déduire, des résultats précédents, que les modèles essayés par M. Froude sont plus résistants, à grande vitesse surtout, que les modèles italiens; qu'à faible vitesse le modèle 1,

Tableau V. — Dimensions principales des navires de types 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

NUMÉROS DES TYPES	L LONGUEUR totale immergée en mètres	l LARGEUR en mètres	$\frac{l}{L}$	VOLUME de carène	IMMERSION	$\frac{\text{Volume de carène}}{\text{Volume du cylindre circonscrit}}$
Type 1	113	15,20	0,135	4 660	5,87	0,525
— 2	110	15,40	0,140	4 740	5,95	0,539
— 3	107	15,50	0,145	4 840	5,99	0,553
— 4	105,50	15,10	0,143	4 570	5,83	0,561
— 5	104	15,15	0,145	4 570	5,85	0,568
— 6	101	13,20	0,131	3 440	5,10	0,581

à extrémités fines et à lignes d'eau concaves, est le meilleur; qu'à grande vitesse les divers modèles sont sensiblement équivalents, mais présentent, par rapport aux navires italiens, des majorations de résistance résiduaire de plus de 50 °/₀.

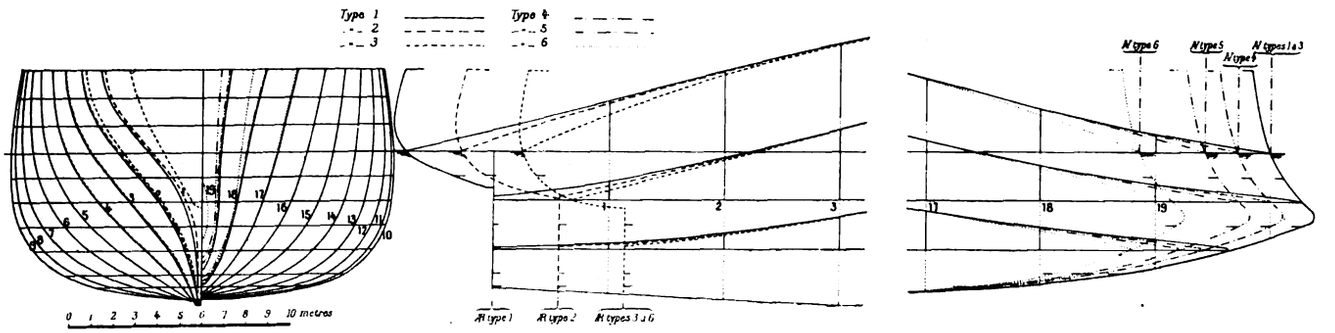
3) Les résultats des essais effectués par M. Froude sont très intéressants, car l'auteur donne à son mémoire le tracé des modèles essayés que nous reproduisons (figure 4).

5° *Essais de M. R.-E. Froude* (*Transactions of naval Architects* de 1905, t. I, p. 158). — Les essais effectués antérieurement ayant montré que des lignes d'eau concaves à l'avant étaient préférables à des lignes d'eau rectilignes, M. R.-E. Froude a recherché si l'avantage constaté en eau calme se conservait en

Digitized by Google

eau agitée. Il a trouvé, en remorquant les modèles dans un bassin d'essai et en créant des vagues artificielles que, même en eau agitée très fortement, les lignes d'eau concaves étaient préférables aux lignes d'eau rectilignes; l'avantage semble toutefois moindre qu'en eau calme.

Nous ne nous occuperons que des résultats donnés par les modèles remorqués en eau calme. Cinq modèles A, B, C, D, E ont été essayés. Nous reproduisons (fig. 5) les formes des flottaisons, des lignes d'eau à mi-immersion et les courbes des aires



Verticaux des modèles des divers types. *Tracé des extrémités AV et AR des divers types.*

FIG. 4. — Plans des formes des modèles 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

des couples de ces modèles. Les dimensions caractéristiques sont d'ailleurs les suivantes :

TABLEAU VI. — CARACTÉRISTIQUES DES NAVIRES A, B, C, D ET E.

	A	B	C	D	E
Longueur de la carène .	153m	153m	153m	156m	156m
Largeur	22m50	22m50	22m50	22m80	23m10
Immersion	8m00	8m00	8m00	7m95	7m65
Déplacement	13 050t	13 580t	13 944t	14 458t	14 458t
Surface mouillée . . .	3 670m²	3 700m²	3 73 m²	3 840m²	3 870m²

La comparaison, effectuée de même que pour les essais analysés précédemment, avec le navire-type, donne les résultats consignés au tableau suivant :

TABLEAU VII. — RÉSULTATS DES ESSAIS DES MODÈLES A, B, C, D ET E.

MODÈLE A		MODÈLE B		MODÈLE C		MODÈLE D		MODÈLE E	
$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$
0,665	1,11	0,665	1,57	0,665	1,56	0,658	1,12	0,658	1,39
0,748	1,03	0,748	1,56	0,748	1,51	0,740	1,02	0,740	1,32
0,832	0,98	0,832	1,51	0,832	1,47	0,822	1,05	0,822	1,28
0,916	1,10	0,916	1,48	0,916	1,57	0,905	1,34	0,905	1,57
1,000	1,13	»	»	»	»	0,990	1,26	»	»

On déduit de ces résultats les conclusions suivantes :

1) Le modèle A est le meilleur (il a des lignes d'eau creuses à l'avant et à l'arrière). Les deux modèles B et C ont : le premier, des lignes d'eau pleines à l'avant seulement; le second, des lignes d'eau pleines à l'avant et à l'arrière. Ils sont à peu près équivalents et présentent une résistance résiduaire supérieure de près de 50 % au modèle A;

2) Le modèle D (qui a comme A des lignes d'eau creuses à l'avant et à l'arrière) est un peu inférieur au modèle A, au-dessus de $\frac{V}{\sqrt{L}} = 0{,}9$. Le modèle E, à lignes d'eau pleines à l'avant et à l'arrière, présente par rapport à D une résistance résiduaire supérieure de 30 % environ. Il est meilleur que B et C pour $\frac{V}{\sqrt{L}} < 0{,}9$.

3) D'après les résultats trouvés pour le modèle A jusqu'à $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1$, il est probable que, pour $\frac{V}{\sqrt{L}} > 1$, la différence avec le modèle type s'accentuerait. Ce modèle A est d'ailleurs très voisin de forme du modèle type 1 essayé par M. Froude dans ses expériences précédentes (relatées aux *Transactions of naval Architects* de 1904). L'excès de résistance résiduaire à grande vitesse par rapport aux navires italiens doit surtout tenir à la position de la maîtresse section, qui est placée au milieu du navire et non reportée vers l'arrière.

Forme de la courbe des aires des couples (type A). — Nous donnons ci-après la courbe des aires des couples du bateau-type A (figure 6), ainsi que la courbe différentielle des aires des couples, obtenue en portant en ordonnée au milieu de l'intervalle de deux couples consécutifs une quantité égale à la différence des aires des deux couples. Cette dernière courbe est très utile à tracer, car sa forme décèle les particularités de la courbe des aires des couples. Nous avons tracé en pointillé sur la même figure la courbe des aires des couples et la courbe différentielle des aires des couples *probables* des navires italiens, d'après les constatations que nous avons faites précédemment sur les formes des lignes d'eau, la position de la maîtresse section, le

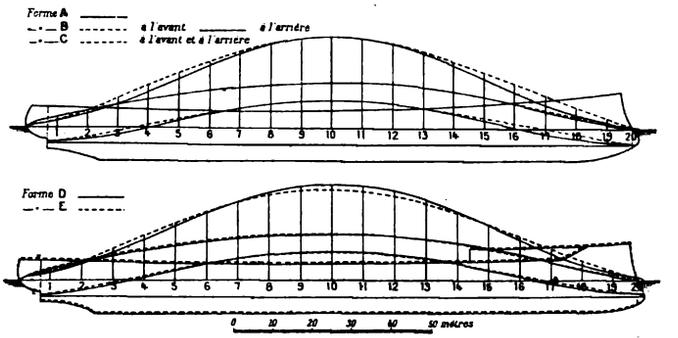


FIG. 5. — Courbes des aires des couples et ligne d'eau des modèles A, B, C, D, E.

degré de remplissage de la courbe des aires des couples. Afin de pouvoir mieux comparer ces diverses courbes, nous avons multiplié les ordonnées des courbes des aires des couples par des facteurs constants, de façon à ce que l'ordonnée maximum soit égale à 1 000 (1). C'est d'ailleurs ainsi que nous opérerons en-

(1) Il aurait peut-être été plus logique de tracer les courbes des aires des couples à une échelle telle que leur aire soit constante pour

Digitized by Google

suite lorsque nous analyserons les résultats des essais des bâtiments français de divers types et que nous montrerons comment les majorations de résistance à grande vitesse se rattachent à la forme de la courbe des aires des couples.

C. Essais effectués aux Etats-Unis. — Des résultats d'essais de modèles sont donnés dans les Bulletins de la *Society of naval Architects and Marine Engineers* (Etats-Unis). Nous n'entrerons pas dans le détail de ces essais,

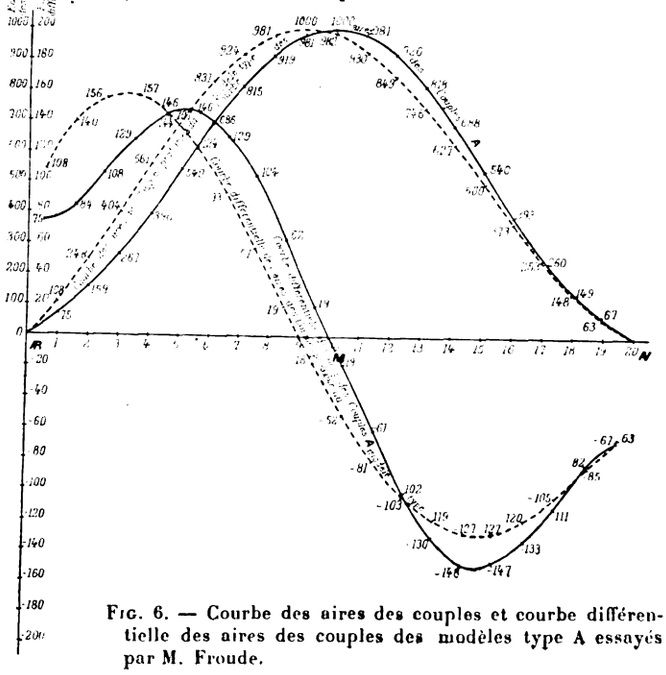


Fig. 6. — Courbe des aires des couples et courbe différentielle des aires des couples des modèles type A essayés par M. Froude.

qui nous conduiraient aux conclusions déjà indiquées précédemment. Nous nous contenterons de signaler les points suivants :

1° Bulletin de 1903 : on trouve à la planche 56 un plan de formes de torpilleur intéressant, car les formes sont assez différentes de celles des bateaux similaires français. Nous ne pouvons toutefois juger les qualités de formes de ce type de bateau, car il n'est pas fourni de renseignement sur sa résistance de carène;

2° Bulletin de 1907 : on trouve des résultats d'expériences intéressants fournis par M. Taylor sur les lignes de courants le long de carènes de navires, puis des résultats d'expériences effectuées par M. H. Sadler au sujet de l'effet sur la résistance de carène de la distribution longitudinale du déplacement. Ces derniers essais ne présentent pas un grand intérêt, car ils ont été effectués sur des navires très pleins, cylindriques, présentant une résistance résiduaire considérable. Les résultats obtenus ne peuvent par suite en aucune façon être étendus à des navires bien tracés (2);

3° Bulletin de 1908 : M. Taylor donne des résultats d'essais de modèles intéressants. Les modèles se divisent en deux groupes : le groupe I est caractérisé par un rapport du volume de carène au cylindre circonscrit égal à 0,56, le groupe II par une valeur de 0,68 pour ce même rapport. Dans chaque groupe, les modèles ont 20 pieds de long et des dimensions transversales variables, de façon à obtenir des navires à grand ou à faible déplacement.

Enfin, pour les navires de même déplacement, M. Taylor fait varier la forme de la maîtresse section, la surface en restant constante, de façon à faire varier de 0,70 à 1,10 le rapport de la maîtresse section au rectangle dont les deux côtés sont la largeur de *flottaison* et la profondeur de carène.

Nous donnons (fig. 7) le plan des formes vertical pour les modèles du premier groupe (coefficient de remplissage de la courbe des aires des couples = 0,56), pour le type de bateau moyen (rapport de la surface de la maîtresse section au rectangle de côtés largeur et profondeur de carène = 0,90). Nous joignons à ce plan des formes les courbes des aires des couples et les courbes différentielles des aires des couples des modèles type I et II (figure 7). On remarque de suite que le type I est voisin du type de bateaux anglais essayés par M. R.-E. Froude, dont il a été parlé précédemment. Au contraire, le type II présente une partie cylindrique nettement accentuée. Nous retrouverons une tendance analogue pour beaucoup de navires français; il résulte de cette forme cylindrique de la partie centrale une augmentation sensible de résistance, ainsi qu'il ressort des tableaux suivants, dans lesquels nous avons comparé les résultats d'essai des modèles type I et II au navire-type, de la même façon que précédemment. Nous avons choisi parmi les modèles essayés, afin de simplifier les comparaisons, deux modèles pour lesquels le rapport de la largeur à la longueur est voisin de 0,15 et ayant 0,90 comme

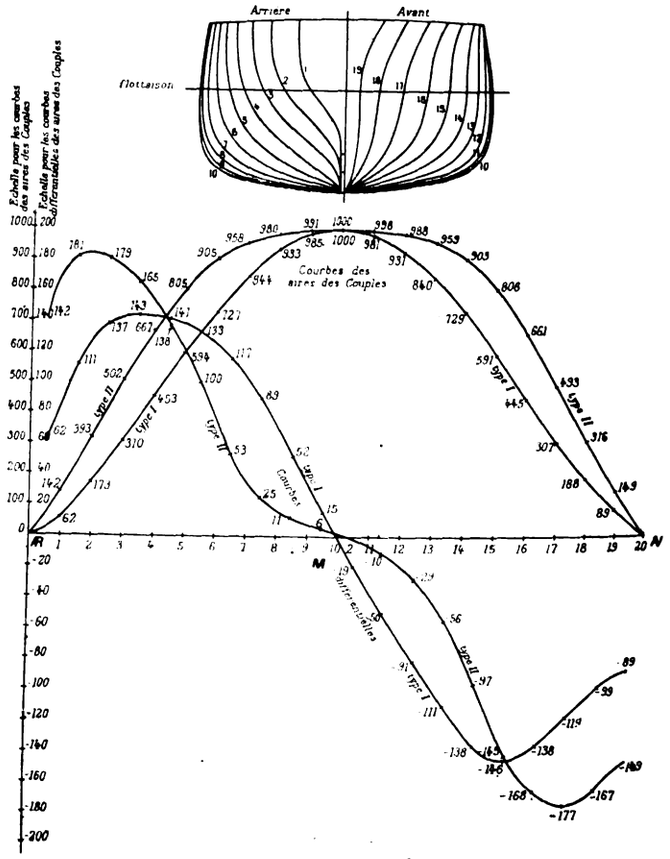


Fig. 7. — Courbes des aires des couples et courbes différentielles des aires des couples des modèles types I et II.

rapport, de la surface de la maîtresse section, au rectangle, dont les côtés sont la largeur de flottaison et la profondeur de carène.

Les résultats de ces essais concordent bien pour le type I avec ceux des navires anglais de forme voisine. Il est probable, comme pour ces bateaux, que l'augmentation de résistance résiduaire à grande vitesse tient surtout à la position de la maîtresse section, qui est placée au milieu de la longueur du navire, au lieu d'être reportée sur l'arrière comme

les divers modèles; car cette aire représente, à un facteur constant près dépendant de la longueur du navire, le volume de la carène. Nous avons préféré toutefois, à cause d'une plus grande facilité de calcul, rendre constante l'ordonnée maximum de la courbe des aires des couples.

(2) M. Sadler complète son étude au bulletin de 1908. Les résultats obtenus ne présentent pas d'intérêt pour cette étude, pour la raison déjà indiquée à propos du mémoire de 1907.

Digitized by Google

pour les navires italiens. Les modèles ayant été plus poussés que les modèles anglais, on voit qu'à la plus grande vitesse $\left(\frac{V}{\sqrt{L}} = 1{,}300 \text{ environ}\right)$, atteinte par les modèles italiens, l'augmentation de résistance résiduaire est très forte.

En ce qui concerne les essais du modèle du type II, on constate, comme pour les modèles anglais à lignes d'eau avant rectilignes, une augmentation sensible de résistance résiduaire à petite vitesse. Mais, à l'inverse de ce qui a été constaté pour les modèles anglais, il se produit une majoration très importante de la résistance résiduaire dans les environs de $\frac{V}{\sqrt{L}} = 0{,}93$, la résistance résiduaire atteignant à ce moment près de quatre fois la résistance résiduaire donnée par les navires italiens. La courbe des aires des couples et la courbe différentielle des aires des couples des modèles types II, montrent que ces modèles présentent une partie centrale cylindrique nettement accusée. Il paraît hors de doute que c'est là la cause de l'augmentation très sensible de la résistance résiduaire, surtout au moment où les vagues prennent une importance assez grande $\left(\frac{V}{\sqrt{L}} \text{ voisin de } 0{,}9\right)$. Il est probable que la partie centrale cylindrique du navire cause des remous très importants et produit une dépression sensible à l'arrière, en même temps qu'une surpression à l'avant, causée par la diminution de finesse de cet avant. Ces constatations vérifient les expériences de Cuniberti, dont il a été parlé précédemment.

Remarques diverses. — Les essais effectués par M. Taylor permettent de constater qne, même pour des variations importantes du rapport :

$$\frac{\text{Surface du maître couple}}{\text{Rectangle : largeur de flottaison et immersion}},$$

la résistance résiduaire par tonne ne varie pas beaucoup.

Signalons que les modèles américains essayés ont une très grande surface mouillée. Le rapport :

$$\frac{\text{Surface mouillée}}{\sqrt{\text{Longueur} \times \text{Volume de carène}}}$$

atteint 2,80 environ, alors que, pour les bateaux italiens, de même que pour les modèles essayés par M. R.-E. Froude, le même rapport était d'environ 2,56. Il en résulte une majoration de 10 °/₀ environ de la surface mouillée et par suite de la résistance de frottement. En conséquence, les modèles type anglais semblent préférables, surtout à petite vitesse, au modèle américain type I (1).

M. Taylor indique à son mémoire les variations, suivant les dimensions et les formes des modèles, d'un coefficient de surface mouillé, égal à un facteur constant près au coefficient que nous avons défini, soit :

$$\frac{\text{Surface mouillée}}{\sqrt{\text{Longueur} \times \text{Volume de carène}}}.$$

On voit, par les courbes données, que ce coefficient varie très peu, en particulier lorsque le rapport :

$$\frac{\text{Surface de la maîtresse section}}{\text{Largeur de flottaison} \times \text{immersion}}$$

reste voisin de 0,90, ce qui est un chiffre moyen pour ce rapport.

D. Essais effectués sur les hélices a l'étranger. — L'analyse des essais sur les hélices sortant du cadre de cette étude, nous nous contenterons d'une simple énumération des publications où on pourra en lire le résumé :

Rivista Marittima (t. III de 1899) : Influence de la position de l'hélice-Rota.

Institution of Naval Architects (*revue américaine*) : Résultats de modèles d'hélice (1904, Taylor ; en 1905 et 1906; auteurs divers).

Institution of Naval Architects (*revue anglaise*) : 1908 : Résultats de modèles d'hélices (Froude) ; 1909 : Propulsion des navires au moyen de deux hélices tournant en sens inverse (Rota); 1910 : Succion et augmentation de rendement de l'hélice par suite de l'eau entraînée (Luke).

Ces derniers essais très intéressants montrent qu'on regagne en grande partie, en augmentation de rendement de l'hélice, ce qu'on perd par la succion.

Tableau VIII. — Résultats des essais des modèles de M. Taylor.

$\frac{V}{\sqrt{L}}$	type I			type II		
	$\frac{R}{D}$ (modèle 835)	$\frac{R'}{D'}$ (modèle type)	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$	$\frac{R}{D}$ (modèle 897)	$\frac{R'}{D'}$ (modèle type)	$\frac{R}{D} : \frac{R'}{D'}$
0,560	»	»	»	0,430	0,260	1,65
0,740	0,760	0,805	0,95	1,160	0,805	1,44
0,930	2,030	1,730	1,18	6,400	1,730	3,70
1,120	7,900	5,700	1,39	12,300	5,700	2,15
1,300	27,600	12,500	2,21	»	»	»

E. Essais relatifs a l'effet de la profondeur de l'eau sur la résistance de carène. — Ces essais sortent également du cadre de cette étude. On pourra les étudier dans les mémoires suivants :

Rivista Marittima, t. II de 1900 : Influence de la profondeur de l'eau (Rota).

Institution of Naval Architects (*revue anglaise*) : Etudes de divers auteurs sur les revues de 1900-1905, t. II-1908.

VI. — Essais de modèles effectués en France. Essais de navires.

Les essais de modèles effectués en France se classent en deux groupes, à savoir :

1° Les essais effectués à Brest antérieurement à 1890 ;

2° Les essais effectués au bassin d'essai des carènes à Paris depuis que ce bassin existe, soit depuis cinq ans environ.

A. Essais de Brest. — Ces essais ont été effectués dans un bassin de radoub avec des moyens de fortune. Les principaux sont relatés au *Mémorial du Génie Maritime*. Ce sont les suivants :

Essais de modèles de l'*Océan* et du *Bayard*, par M. Dudebout (3e livraison de 1883).

(1) On pourrait diminuer le coefficient de surface mouillée du navire américain en réduisant les plans minces AV et AR qui semblent trop développés.

Digitized by Google

Essais de modèles de la *Bombe*, de la *Bombe allongée* et du *Faucon*, par M. Dudebout (3e livraison de 1886).

Essais de modèles du *Milan* et du *Terrible* par M. Callou (2e et 3e livraisons de 1890).

Nous avons analysé ces essais d'après la méthode générale de comparaison que nous avons indiquée précédemment. Les résistances résiduaires sont considérables, en moyenne, à grande vitesse, triples de celles du navire type (1). Cela tient à la trop grande cylindricité des bâtiments, cylindricité nettement accusée par les courbes des ailes des couples. On peut s'en rendre compte encore, bien que cette méthode soit un peu grossière, par l'examen des valeurs du rapport du volume de carène au cylindre circonscrit, rapport qui a les valeurs suivantes :

	Rapport $\frac{U}{B^2L}$
	—
Bombe	0,635
Bombe allongée	0,666
Faucon	0,625
Océan	0,694
Bayard	0,684
Milan	0,64
Terrible	0,78

Divers essais ont été effectués en France sur des grands bâtiments, soit par remorquage, soit au moyen de dynamomètres de poussée. Il est difficile d'en tirer des conclusions précises. Nous nous contentons de citer les essais du *Primauguet* effectués en 1856 (*Mémorial du Génie Maritime* de 1860).

B. Essais effectués dans ces cinq dernières années au bassin d'essais de carènes de Paris. — Il serait injuste de conclure de la construction tardive du bassin d'essais français, que la France a une part secondaire dans l'étude de la résistance des carènes. Elle était, en effet, entrée depuis fort longtemps dans la voie des essais de petits modèles (Reech en 1832) et avait appliqué cette méthode en même temps que l'Angleterre (Froude).

D'autre part, ainsi que nous l'avons signalé précédemment, des études théoriques très nombreuses ont été faites en France, comme on peut s'en assurer en consultant le cours si documenté de « Théorie du Navire » de MM. Pollard et Dudebout. Malheureusement, comme dans nombre de cas, la France, après avoir été l'initiatrice, s'est désintéressée de la question des essais de petits modèles ; désintéressement qu'excusait, du reste, l'insuffisance d'une installation trop rudimentaire (essais de Brest dans un bassin de radoub) et la méconnaissance des importances relatives de la résistance de frottement et de la résistance résiduaire.

Quoi qu'il en soit, le bassin d'essais de Paris fonctionne actuellement de façon courante et ses expériences se succèdent, intéressantes et nombreuses. M. l'ingénieur en chef Beaumès, chargé de ces essais, vient de publier, au *Mémorial du Génie Maritime*, une note fort complète sur l'installation du bassin d'essais et les expériences qui y ont été effectuées.

Nous allons passer rapidement en revue les résultats obtenus au bassin de Paris, les modèles essayés correspondant soit à de grands bâtiments (cuirassés et croiseurs) soit à des petits bâtiments (torpilleurs, contre-torpilleurs et sous-marins). Nous laisserons intentionnellement de côté les essais de sous-marins, les résultats de ces essais étant dans une certaine mesure considérés comme confidentiels et ne pouvant d'ailleurs être utilement rapprochés des essais des bâtiments de surface.

1° *Essais de modèles de grands bâtiments.* — Sans entrer dans le détail complet des résultats d'essais, nous les résumons ci-dessous en un tableau donnant le rapport de la résistance résiduaire à celle du navire type.

On voit que : 1° pour $\frac{V}{\sqrt{L}} < 0,7$ environ, la résistance résiduaire (d'ailleurs très faible alors par rapport à la résistance de frottement) est voisine de celle du modèle type (cela tient à ce que les extrémités des navires français sont fines, en général, avec lignes d'eau concaves).

2° Au contraire pour $\frac{V}{\sqrt{L}} > 0,7$, et surtout à la vitesse maximum $\left(\frac{V}{\sqrt{L}} \text{ voisin de } 0,9\right)$, la résistance résiduaire devient sensiblement le double de celle des navires italiens et au moins une fois et demie celle des navires anglais et américains dont les plans ont été donnés précédemment. Etant donné que, d'autre part, la surface de frottement est au moins égale à celle du type italien, on voit que les bâtiments français sont nettement inférieurs à grande vitesse à ce type de navires.

Tableau IX. — Résultats d'essais de modèles de divers bâtiments français.

VITESSE en nœuds	VITESSE en mètres	EDGAR-QUINET (14 000 tonneaux)	PATRIE (15 000 tonneaux)	DANTON (18 000 tonneaux)	JEAN-BART (23 400 tonneaux)
< 16	< 8 environ	assez voisin de 1	assez voisin de 1	assez voisin de 1	assez voisin de 1
18	9 environ	1,2	1,7	1,5	1,3
20	10 environ	1,1	2,3	2,1	1,5
22	11 environ	2,0	»	2,4	1,9
24	12 environ	2,1	»	»	»

L'excès de résistance résiduaire à grande vitesse des navires français est surtout dû à la cylindricité de la partie centrale. Cette cylindricité est décelée, bien qu'imparfaitement, par le coefficient $\frac{U}{B^2L}$ (la forme des extrémités influant sur ce coefficient), ainsi qu'il résulte du tableau suivant :

	Coefficient $\frac{U}{B^2L}$
	—
Edgar-Quinet	0,584
Patrie	0,598
Danton	0,615
Jean-Bart	0,615

On se rend encore mieux compte de cette cylindricité par les courbes différentielles des aires des couples. Les courbes différentielles des quatre navires cités sont très voisines. Nous reproduisons la courbe du *Jean-Bart*, en même temps que la courbe probable du navire type (fig. 8.)

Pour le *Jean-Bart*, on voit très nettement que les parties AV et AR de la courbe, prolongées vers le milieu par des lignes droites, couperaient l'axe des abscisses respectivement aux couples 11 et 9. Les bâtiments français présentent ainsi en général, sur 1/10 environ de leur longueur, une partie cylindrique, cause de majoration de résistance très considérable.

(1) Il convient de noter que les résultats d'essais de la *Bombe*, de la *Bombe allongée* et du *Faucon* présentent quelques anomalies, causées sans doute par l'imperfection des mesures.

Digitized by Google

Pourquoi a-t-on adopté longtemps de telles formes? C'est avant tout parce que le bassin d'essais français n'a pas servi à les déterminer, puisqu'il n'existait pas à l'époque. Il n'a permis que de mesurer *a posteriori* les résistances de carènes. Pour les derniers bâtiments, seuls, on a obtenu quelques améliorations de détail très secondaires (en particulier par la suppression de l'éperon) et l'on s'en est contenté, sans se préoccuper de la cylindricité de la partie centrale, et cela pour les raisons suivantes, qu'il n'est pas sans intérêt d'analyser :

1° *Idées théoriques incomplètes ou imprécises sur les importances relatives de la résistance de frottement et de la résistance résiduaire.* — L'absence d'un bassin d'essais et l'ignorance des résultats acquis à l'étranger avaient répandu en France l'idée que la résistance due au frottement est négligeable à grande vitesse devant la résistance résiduaire. Or, les résultats d'essais de bassin ont montré que, pour des bâtiments bien tracés, la résistance de frottement (qui est presque tout à faible vitesse) est encore environ les 2/3 de la résistance totale pour les cuirassés et croiseurs à leur vitesse maximum et le 1/3 environ pour les torpilleurs à leur vitesse maximum. L'origine de cette erreur est d'ailleurs intéressante : Des résultats d'essais avaient montré, qu'en représentant la résistance totale par la formule :

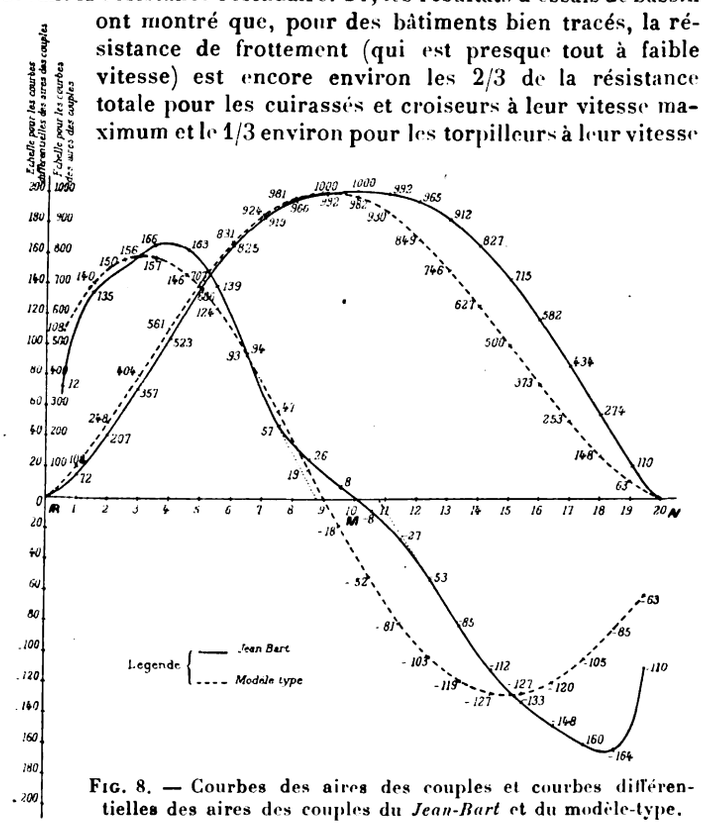


FIG. 8. — Courbes des aires des couples et courbes différentielles des aires des couples du *Jean-Bart* et du modèle-type.

$$R = a_0 + a_1 V + a_2 V^2 + a_3 V^3 + a_4 V^4 + \dots$$

a_0, a_1, a_3 et a_4 étaient très petits et que $a_2 V^2$ (sauf pour V très grand) était, par suite, le terme prépondérant. Or, on supposait que les termes $a_0 + a_1 V$ provenaient du frottement (par analogie, sans doute, avec le frottement des corps solides) que $a_2 V^2$ représentait la résistance dite de rencontre et les termes suivants $a_3 V^3 + a_4 V^4 + \dots$ la résistance due aux vagues. Par suite, on déduisait logiquement des résultats d'essais que le frottement produisait un effet négligeable dès que la vitesse était un peu forte, qu'à moyenne vitesse la résistance dite de rencontre était prépondérante, et qu'à grande vitesse la résistance due aux vagues prenait une importance de plus en plus grande. Cette décomposition ingénieuse, qui ne correspond à rien de réel, est la première coupable de l'erreur signalée.

2° *Emploi de formules d'acuité et de coefficients d'utilisation choisis arbitrairement.* — Avec l'idée préconçue que la résistance principale provenait, à moyenne et grande vitesse, de l'effort à faire pour écarter l'eau (résistance directe), et étant donné qu'on admettait ne pouvoir agir facilement sur la résistance de frottement ni sur la résistance due à la formation des vagues, on était conduit à admettre qu'un bateau serait d'autant moins résistant qu'il serait plus fin. De là l'éclosion de nombreux coefficients de finesse ou d'acuité dont nous ne citerons que les plus connus :

$$a = \frac{U}{Llp},\ b = \frac{U}{LB^2},\ c = \frac{L}{l},\ d = \frac{L}{\sqrt{B^2}},\ e = \frac{U}{L^2\sqrt{B^2}},\ f = \frac{L}{\sqrt{B^2}}\left(1 - \frac{U}{LB^2}\right)$$

(formule de M. Dupré). Le premier coefficient est appelé en Angleterre : block-coefficient; le deuxième : prismatic-coefficient.

M. Normand définit l'acuité par ce qu'il appelle les angles résistants des extrémités :

$$\theta' = \frac{\sqrt{1/2 B^2}}{L'},\qquad \theta'' = \frac{\sqrt{1/2 B^2}}{L''}$$

(L' et L'' étant les distances à l'avant et à l'arrière des couples d'aires 1/2 B^2).

Enfin, l'amiral Fournier définit l'acuité par l'angle d'attaque des lignes d'eau avant (angle maximum de ces lignes d'eau avec la direction de la translation).

Les coefficients d'acuité peuvent servir à comparer entre elles des formes différentes de navires. Leur emploi a conduit en France à faire des bateaux à maîtresse section cylindrique (en particulier, l'emploi des coefficients *d*, *e*, *f*). A notre avis, ces coefficients, à l'exception toutefois des trois premiers, sont à proscrire impitoyablement comme dangereux.

A l'étranger, on n'est pas tombé dans les mêmes erreurs qu'en France, principalement pour deux motifs :

1° On n'attachait pas grande valeur théorique aux coefficients d'acuité et de finesse, les trois premiers exceptés;

2° Une théorie de Lord Scott Russel sur des lignes d'eau en forme de vague a conduit à prendre comme ligne d'eau moyenne et, par suite, comme courbe des aires des couples, une sinusoïde pour la partie AV du navire, une trochoïde pour la partie AR. On évite ainsi la cylindricité de la partie centrale.

Il convient enfin de signaler, comme très importante, l'influence néfaste exercée en France par la formule d'utilisation bien connue :

$$V = M\sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}.$$

Pour augmenter V, on était naturellement conduit à diminuer B^2, en conservant la même valeur pour M, ce que nous savons inadmissible. Les bateaux cylindriques étaient, par suite, *a priori*, considérés par l'emploi de cette formule comme de beaucoup les meilleurs.

3° *Influences étrangères à la résistance des carènes.* — Etant donné l'idée préconçue que, pour faire un bon bateau, il suffisait de faire un bateau fin, à lignes d'eau bien continues à la latte, il est naturel que des considérations étrangères à la résistance des carènes (limitations de la largeur, du tirant d'eau, de la stabilité initiale) aient pris une importance prépondérante. Ces diverses considérations conduisaient, d'ailleurs, au type de bateau cylindrique.

Il nous semble bien établi maintenant, par les résultats d'essais que nous avons analysés, que la trop grande cylindricité d'un navire cause une majoration très considérable de la résistance résiduaire et, par suite, de la résistance totale. Le gain à réaliser en adoptant un bon tracé pour les navires est, par suite, trop considérable, pour que des conditions accessoires, non impératives d'ailleurs, puissent être prises en sérieuse considération. En réalité, d'ailleurs, il est facile de voir qu'on peut concilier des conditions en apparence contradictoires. En effet, un *Jean-Bart*, tracé sans partie cylindrique, pourrait avoir un déplacement inférieur de 1 000 tonnes environ à son déplacement actuel, en conservant toutes ses caractéristiques militaires, par la

Digitized by Google

seule diminution de la puissance, corrélative de meilleures formes. On pourrait, par suite, conserver pour ce navire sensiblement les mêmes dimensions principales, le rapport $\frac{U}{B^2L}$ variant seul, et satisfaire par suite aux conditions de limitation de largeur, tirant d'eau, stabilité initiale.

4° *Essais de modèles de torpilleurs et contre-torpilleurs.* — Les modèles de torpilleurs et contre-torpilleurs accusent des différences assez notables de résistance résiduaire et partant de résistance totale (la résistance de frottement étant à peu près déterminée par les dimensions caractéristiques, pourvu qu'on n'abuse pas de l'emploi de plans minces, en particulier à l'AR) Il convient de signaler que, pour certains contre-torpilleurs à maître couple peu rempli, le coefficient de surface mouillée α, de la formule $\Sigma' = \alpha\sqrt{LU}$, peut descendre au-dessous de la valeur 2,56 bâtiments italiens et anglais) ; il atteint 2,45 pour le *Boutefeu*, soit une diminution de près de 5 °/₀.

Les contre-torpilleurs *Casque*, *Boutefeu*, *Capitaine-Mehl* donnent pour rapport de la résistance résiduaire à celle du navire type les chiffres consignés dans le tableau suivant :

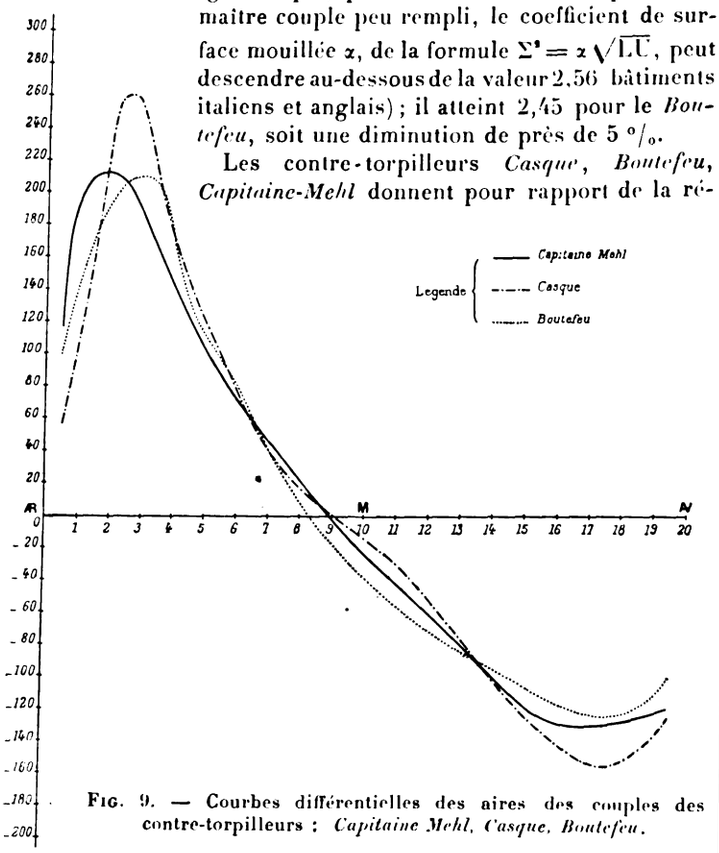


FIG. 9. — Courbes différentielles des aires des couples des contre-torpilleurs : *Capitaine Mehl, Casque, Boutefeu.*

TABLEAU X. — RÉSULTATS DES ESSAIS DE MODÈLES DE DIVERS CONTRE-TORPILLEURS.

VITESSE en nœuds	VITESSE en mètres	$\frac{V}{\sqrt{L}}$	CASQUE	BOUTEFEU	CAPITAINE MEHL
17	8,50 environ	1,00	2,50	2,00	1,82
22	11 environ	1,30	1,50	1,45	1,30
26	13 environ	1,53	1,58	1,44	1,22
30	15 environ	1,77	1,68	1,52	1,32
34	17 environ	2,00	1,82	1,70	1,47

D'après ces essais, les trois bateaux se classent nettement dans l'ordre suivant :

Capitaine-Mehl (le meilleur), *Boutefeu*, *Casque* (le moins bon) (1).

Nous donnons (fig. 9) les courbes différentielles des aires des couples de ces navires, qui expliquent, en partie, les résultats constatés :

La grande résistance du *Casque* est causée par une partie centrale plus cylindrique et par des extrémités plus grosses que pour les deux autres bâtiments.

L'infériorité du *Boutefeu* par rapport au *Capitaine-Mehl* doit provenir en grande partie du déplacement trop considérable de la maîtresse section vers l'AR, ce qui cause une trop brusque rentrée à l'arrière (rapport des longueurs AV et AR environ $\frac{12}{8}$ au lieu de $\frac{11}{9}$ pour le *Capitaine-Mehl*).

Bien que le *Capitaine-Mehl* accuse des résistances nettement supérieures à celles du navire type, nous ne pouvons affirmer que ses formes soient mauvaises (les valeurs de $\frac{V}{\sqrt{L}}$ étant supérieures aux valeurs limites des expériences des navires italiens). Cependant, on peut constater, en comparant la courbe différentielle des aires des couples à la courbe probable des navires italiens, que cette courbe présente à l'arrière une ordonnée maximum supérieure de près de 50 °/₀ à celle du bateau-type probable sans gain à l'avant. Le bateau est très plein $\left(\frac{U}{B^2L} = 0{,}67\right)$. Il nous semble, par suite, qu'un navire moins plein se rapprochant plus du type italien aurait des chances de donner des résultats meilleurs. On peut d'ailleurs remarquer que, pour $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1$, ce qui rentre dans les limites des essais italiens, le *Capitaine-Mehl* a une résistance supérieure de 80 °/₀ à celle du navire-type. Or, $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1$ correspondant à 17 nœuds, ce qui est une vitesse de route ; on peut donc dire que les formes adoptées conduisent à cette vitesse à une augmentation assez sensible de la consommation de combustible.

C. RÉSULTATS D'ESSAIS DE NAVIRES. — Les résultats d'essais de navires sont sujets à de nombreuses causes d'erreurs. Aussi ne doit-on accepter leurs résultats qu'avec circonspection.

En général, à moins de relevés défectueux, les causes d'erreur ont pour effet de diminuer la vitesse. Nous citerons les principales causes d'erreurs, qui sont les suivantes :

1° Etat de la carène (après plusieurs mois de carénage la vitesse peut diminuer de plus d'un nœud) ;

2° Etat de la mer (cette cause a, en général, moins d'importance que la première) ;

3° Profondeur de la base (qui donne pour les grands bâtiments une réduction de vitesse importante et pour les torpilleurs à grande vitesse au contraire une augmentation de vitesse) ;

4° Mauvais parcours sur les bases (base prise après une giration, base mal suivie, angles de barre trop considérables, courant traversier, etc) ;

5° Mauvais tarage des chronographes (les chronographes qui servent à prendre les temps sur les bases, et surtout ceux qui servent à compter les nombres de tours des machines, sont quelquefois mal réglés et il n'est pas rare de constater des erreurs atteignant une ou deux secondes par minute, d'où il peut résulter une erreur de 1/2 à 1 nœud pour la vitesse en route libre).

On ne retrouve pas, le plus souvent, trace de ces causes d'erreurs aux rapports d'essais.

Ces réserves étant faites, on peut néanmoins constater des différences assez considérables aux essais, entre des bâtiments assez semblables ; nous citerons quelques exemples, en indiquant les causes principales de ces différences.

1° Deux navires identiques, le *Lavoisier* et le *Galilée* ont donné sur les deux bases, le premier, 21,571 nœuds avec 7514 Ch ; le deuxième, 19,796 nœuds avec 7047,6 Ch. Cette différence s'explique aisément par l'état de la carène : le *Lavoisier* fraîchement

(1) Le *Casque* a donné de bons résultats aux essais de vitesse. Ces résultats semblent dus, non à la perfection de formes de la carène, mais aux qualités spéciales des machines et des hélices et à des circonstances diverses d'essais particulièrement favorables.

Digitized by Google

peint; le *Galilée*, sorti du bassin depuis trois mois et demi, avait sa carène en partie garnie de coquillages. Des causes secondaires ont pu intervenir également, mais à notre avis, à un degré bien moindre, en particulier l'état de la mer, qui était plate pour le premier et houleuse pour le deuxième (1).

2° Deux navires identiques, le *Kléber* et le *Desaix* ont donné, sur les mêmes bases : le premier, 21,255 nœuds avec 17 177 Ch; le deuxième, 20,615 nœuds avec 17 861 Ch. Les conditions de mer étaient sensiblement les mêmes, mais le premier était fraîchement peint, tandis que le second avait été peint trois mois et demi environ avant son essai.

3° L'influence de la profondeur des bases se remarque pour les essais de navires semblables à Brest et à Toulon; ces essais accusent des vitesses supérieures à Toulon (base plus profonde).

Etant donné les causes d'erreur nombreuses des essais, il faut se défier de leurs résultats. Néanmoins, lorsqu'on a des raisons de croire que ces causes d'erreur sont faibles, on peut déduire des essais, par comparaison entre eux et par comparaison avec les essais de petits modèles, des renseignements intéressants sur les rendements des machines et des hélices et dans certains cas sur les formes de carène. L'influence nuisible de la trop grande cylindricité de la partie centrale se manifeste ainsi; nous citerons deux exemples :

1° L'*Alger* et l'*Isly* sont des bâtiments de mêmes dimensions caractéristiques, le deuxième étant nettement plus cylindrique que le premier : l'*Alger* a donné 19,61 nœuds avec 8 127,9 Ch, l'*Isly* n'a atteint que 18,14 nœuds avec 8 218 9 Ch (puis avec de nouvelles hélices 18,28 nœuds avec 8 252,6 Ch). Plusieurs ingénieurs ont, à l'époque où les essais ont été effectués, attribué cette différence à la différence des arrières. Nous pensons que, tout en admettant cette influence, la cause principale de la différence constatée réside dans la cylindricité plus grande de l'*Isly*;

2° Le *Léon-Gambetta* et la *Jeanne-d'Arc* ont sensiblement les mêmes caractéristiques (la *Jeanne-d'Arc* est d'un déplacement plus faible, avec une longueur égale à celle du *Gambetta*). Par suite de la grande cylindricité bien connue de la *Jeanne-d'Arc*, ce navire n'a donné que 21,7 nœuds avec 29 690 Ch à Toulon et 21,8 nœuds avec 36 000 Ch à Brest (après changement d'hélices), alors que le *Léon-Gambetta* a dépassé 23 nœuds avec 28 715 Ch.

Il convient de noter que l'*Alger* et le *Léon-Gambetta* présentent cependant une cylindricité centrale très nette et, de ce fait, sont nettement inférieurs aux navires italiens dont nous avons analysé les essais.

Nous croyons utile, bien que la question sorte un peu du programme de cette étude, de signaler qu'il a été constaté, pour des hélices à ailes trop minces, des flexions importantes et des déformations permanentes. On conçoit qu'il puisse en résulter une perte importante de rendement des hélices et, par suite, un déficit de vitesse assez considérable.

Nous n'avons envisagé que des essais de navires français. Il faut se garder de tirer des conclusions trop fermes de la comparaison de ces essais avec ceux des navires étrangers. Les conditions d'essais (bâtiment plus ou moins lège, base plus ou moins longue, parcours plus ou moins nombreux) ne sont pas les mêmes à l'étranger qu'en France. Néanmoins, il semble toutefois que l'avantage des formes soit fréquemment à l'étranger, en conséquence principalement de la création trop tardive d'un bassin d'essais en France. Nous nous contenterons de citer l'exemple suivant à ce sujet :

Deux bâtiments à peu près identiques, le *Bouvet* (français) et le *Renown* (anglais) ont donné, le premier 18,19 nœuds avec 14 736 Ch, le deuxième 17,91 nœuds avec 10 708 Ch.

En définitive, les résultats d'essais des bâtiments en France et à l'étranger confirment, surtout au point de vue qualitatif, les conclusions que nous avons tirées des essais de modèles et nous montrent nettement que le gain de vitesse ou le gain de puissance à réaliser par l'adoption de formes judicieuses est très considérable. La nécessité d'essais méthodiques au bassin d'essais de *Paris* s'impose donc. L'emploi des règles de comparaison que nous avons indiquées et les règles de tracé que nous avons déduites de l'examen des divers essais de modèles nous semblent devoir, d'une part, faciliter singulièrement les comparaisons et, d'autre part, restreindre le champ des essais à effectuer, en se bornant aux formes de navires capables de donner de bons résultats.

(1) Les moyeux d'hélices étaient plus gros pour le *Galilée* que pour le *Lavoisier*. Des essais comparatifs de petits modèles ont montré que cette influence était pratiquement très faible.

Résumé et conclusions : Règles relatives au tracé des carènes.

En attendant que des expériences méthodiques, effectuées au bassin d'essais des carènes, aient permis de déterminer d'une façon précise les formes de navires, dont il convient de ne pas s'écarter, formes qui peuvent d'ailleurs différer pour les grands navires et les torpilleurs, il nous semble utile de résumer les résultats obtenus par la présente étude. Nous laisserons de côté, pour les raisons précédemment indiquées, ce qui se rapporte aux sous-marins, et nous classerons les bâtiments en cinq classes, d'après leurs valeurs de $\frac{V}{\sqrt{L}}$. Cette classification est indispensable, car suivant la valeur de ce rapport, l'importance relative de la résistance résiduaire, par rapport à la résistance de frottement, varie dans des limites très étendues. Il en résulte que les conditions de moindre résistance résiduaire ne sont pas aussi impératives pour les diverses classes : Pour les navires lents, on peut s'écarter des meilleures formes sans grand inconvénient, si des considérations étrangères à la résistance des carènes (limitation de la largeur, du tirant d'eau, de la longueur, etc.) l'obligent.

Les vitesses des navires étant indiquées en nœuds, nous classerons les navires, non d'après la valeur du rapport $\frac{V}{\sqrt{L}}$ (V exprimé en mètres), mais du rapport $\frac{V'}{\sqrt{L}}$ (V' exprimé en nœuds); on a, d'ailleurs, $V = 0{,}514\,V'$. Sans que les limites fixées aient un caractère absolu, on peut adopter la classification suivante :

Bâtiments très lents (exemple : Cargo-boats). . .	$\frac{V'}{\sqrt{L}} < 1$
Bâtiments lents (exemple : Cuirassés lents, cargo-boats rapides ou paquebots lents).	$1 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 1{,}5$
Bâtiments à vitesse moyenne (exemple : Cuirassés rapides, paquebots, yachts à voiles).	$1{,}5 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 2{,}5$
Bâtiments rapides (exemple : Torpilleurs et contre-torpilleurs, canots à vapeur)	$2{,}5 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 5$
Bâtiments très rapides (exemple : canots automobiles de course).	$\frac{V'}{\sqrt{L}} > 5$

1° *Bâtiments très lents* $\left(\frac{V'}{\sqrt{L}} < 1\right)$. — La résistance résiduaire est négligeable devant la résistance de frottement. Il y a, par suite, intérêt à réduire la surface de frottement en faisant un bateau court et gros. Pourvu que les lignes d'eau soient continues, on peut faire un navire très plein, cylindrique, sans inconvénient.

2° *Bâtiments lents* $\left(1 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 1{,}5\right)$. — Cette classe est intermédiaire entre la précédente et la suivante. On peut encore faire des bateaux gros et courts, cylindriques (à condition que l'avant soit bien raccordé à l'arrière); les extrémités peuvent être

Digitized by Google

grosses, bien que des lignes d'eau concaves à l'avant soient pré érables.

3° *Bâtiments à moyenne vitesse* $\left(1{,}5 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 2{,}5\right)$. — Cette classe est la plus importante par le nombre des navires qu'elle comprend et par l'importance des formes qui doivent être judicieusement choisies. Nous avons vu, en effet, que de petites variations dans les formes peuvent donner de très grandes variations de résistance. Les règles de tracé à suivre sont les suivantes :

a) Ne pas faire de partie centrale cylindrique. Une bonne forme de la courbe des aires des couples semble une sinusoïde légèrement rétrécie aux deux extrémités et décalée un peu vers l'arrière, se rapprochant par suite de la courbe que nous avons donnée comme courbe probable des aires des couples des navires italiens.

b) Tracer les lignes d'eau et les sections longitudinales bien continues.

c) Adopter pour les lignes d'eau avant des lignes d'eau concaves. Il convient toutefois de remarquer que cette règle ne doit pas être considérée comme absolue. Pour les bâtiments ayant un tirant d'eau assez fort dans la proximité de l'étrave, elle découle de la forme même (en sinusoïde rétrécie) de la courbe des aires des couples. Pour les navires à ligne de quille se relevant vers l'avant sur une grande étendue, comme les yachts à voiles, on constate que les lignes d'eau, dont les formes résultent d'expériences comparatives très nombreuses, sont, en général, convexes ou au plus rectilignes à l'avant, la courbe des aires des couples étant très affinée à l'avant, souvent même plus que pour les grands navires. Nous conclurons de là que ce n'est pas tant les formes individuelles des lignes d'eau ou des sections longitudinales, qui est importante, que la forme générale de la carène. Il importe que le mouvement d'ensemble, imposé à la masse liquide, soit compatible avec les mouvements simples que le liquide prend *volontiers* (ceci explique que la forme, dite en ligne de vague, présente de nombreux avantages). La courbe des aires des couples, sans être un critérium absolu, permet de se rendre compte aisément de la loi d'ensemble imposée au mouvement du liquide.

d) Une étude déjà citée (Formes des lignes de courants le long des carènes. *Transactions of naval american architects* de 1907, M. Taylor) montre que les filets liquides, sauf réactions mutuelles, ont tendance à suivre, en projection sur un plan perpendiculaire à l'axe du navire, les trajectoires orthogonales des couples, trajectoires qui donnent, pour passer d'un couple à l'autre, les lignes de moindre déviation. Par suite, il importe de tracer la carène de façon que ces trajectoires orthogonales ne soient pas trop gauches et que, sur ces trajectoires, les distances entre couples varient d'une façon continue, sans atteindre des valeurs trop élevées (ce qui indiquerait un point de trop grande résistance directe de la carène).

4° *Bâtiments rapides* $\left(2{,}5 < \frac{V'}{\sqrt{L}} < 5\right)$. — Cette classe ne comprend guère que les bâtiments torpilleurs et de petits navires, tels que les canots à vapeur. Les yachts à voiles, que nous avons classés dans les bâtiments à moyenne vitesse, peuvent atteindre des vitesses comprises entre les deux limites de la présente classe.

La détermination des dimensions principales des navires de cette classe (sauf toutefois pour les canots à vapeur) n'est pas, en général, soumise aux mêmes restrictions que pour les grands bâtiments, car le nombre des considérations étrangères qui interviennent (limitations des dimensions principales, armement, cuirassement) est bien moindre. Ce qui importe surtout pour ces bâtiments, c'est leur prix de revient et leur vitesse. Par suite, en tenant compte de la valeur de $\frac{V'}{\sqrt{L}}$, on a intérêt à faire des bateaux longs et fins. Le rapport de la longueur à la largeur est, en général, voisin de 10, alors que pour les grands bâtiments il est voisin de 7.

La plupart des navires français actuels présentent une courbe des aires des couples très pleine, ce qui conduit soit à faire trop cylindrique le centre, soit à grossir la courbe des aires des couples aux extrémités. Nous avons vu qu'une courbe des aires des couples à extrémités pleines, ce qui est produit, en général, par la présence de lignes d'eaux avant rectilignes avec plan mince développé, donne un supplément de résistance très net à moyenne vitesse. Nous pensons donc que, par analogie d'ailleurs avec les formes des yachts à voiles, il conviendrait plutôt d'adopter une courbe des aires des couples peu remplie, analogue à la courbe probable des navires italiens donnée précédemment, et de tracer les lignes d'eau avant à peu près rectilignes, en diminuant le plan même AV autant que possible. On pourrait, semble-t-il, adopter pour le rapport $\frac{U}{B^2L}$ une valeur légèrement supérieure à 0,55, mais inférieure à 0,60.

5° *Bâtiments très rapides* $\left(\frac{V'}{\sqrt{L}} > 5\right)$. — Cette classe ne comprend que les canots automobiles de course. De tels navires glissent sur l'eau. La courbe de résistance résiduaire type, en tenant compte des restrictions faites précédemment au sujet de cette extrapolation, conduirait à une résistance résiduaire par tonne peu variable, comprise entre 30 et 35 kg. Il est probable d'ailleurs que cette résistance résiduaire varie assez rapidement, quand la finesse du navire change, et que la loi de variation avec la largeur seule ne peut être appliquée. Quoi qu'il en soit, étant donné les grandes vitesses relatives réalisées par ces bateaux, la résistance de frottement, ainsi que la résistance au vent, prennent une importance très grande. Par suite, un allongement du bateau ne permet que d'augmenter le poids disponible pour le moteur et la tenue au clapot, car, par suite de l'augmentation corrélative de résistance, il ne permet pas un gain considérable de vitesse. On peut se rendre compte, en acceptant les résultats surtout au point de vue qualificatif, de l'importance relative de la résistance de rencontre et de la résistance de frottement pour un bateau de cette classe, par l'exemple suivant :

Soit un bateau de 16 m de long, 8 t de déplacement et 30 nœuds. On trouve d'après les formules données précédemment :

$$\text{Résistance résiduaire} = 8 \times 35 = 280 \text{ kg}$$
$$\text{Résistance de frottement} = 0{,}155 \times \Sigma^2 \times V^{1{,}825} = 720 \text{ kg environ.}$$

Si l'on admet une majoration de 20 °/₀ pour les appendices, la résistance de l'air et la succion, et un rendement de 0,6 pour les hélices, on obtient une puissance en chevaux sur l'arbre de $\frac{1\,000 \times 1{,}2 \times 15}{0{,}6 \times 75} = 400$ HP environ, chiffre qui paraît assez vraisemblable pour un bateau de cette taille.

Au total, les formules et les indications diverses données au cours de cette étude permettent de déterminer les caractéristiques principales d'un avant-projet, de tracer les carènes de façon à réaliser une faible résistance, d'apprécier cette résistance de carène aux diverses vitesses et, par suite, de déterminer la puissance à donner aux machines.

D'autre part, les règles posées sont aptes à servir à la fois de guide et de limitation pour les essais de carènes méthodiques.

Ces essais méthodiques s'imposent actuellement, si nous voulons rattraper le retard causé par la construction trop tardive d'un bassin d'essai et garder à la France, en ce qui concerne cette partie de l'art du constructeur naval, la place qu'elle occupe à la tête des nations dans les diverses branches de l'activité de l'esprit humain.

M. Le Besnerais,
Ingénieur de la Marine.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur.

Pour ensiler rapidement le maïs et supprimer les manutentions qu'entraînent le transport et la mise en silo du fourrage haché,

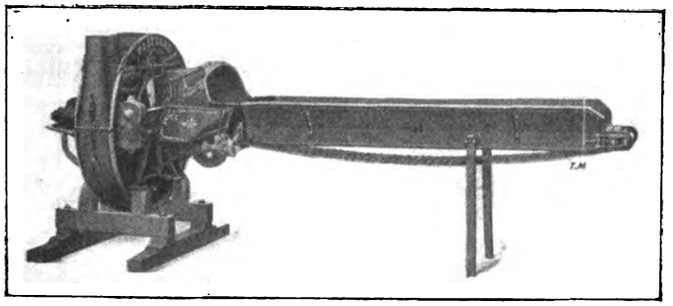


FIG. 1. — Vue générale du hache-fourrage.

les Américains ont inventé un appareil tout à fait spécial avec lequel on hache, transporte et distribue mécaniquement le fourrage.

Cette machine est en réalité un hache-paille, dont le volant porte-couteaux est étudié pour constituer un puissant ventilateur, qui envoie les parties coupées au loin par une tuyauterie métallique disposée à cet effet.

Le *Blizzard*, de la Joseph Dick Manufacturing Company, à Canton (Ohio, Etats-Unis) comprend un solide bâti métallique formant le tambour du volant ventilateur et qui peut être fixé sur un support quelconque, fixe ou transportable. D'un côté (fig. 1), se trouve la poulie motrice et, de l'autre, le mécanisme distributeur avec la table d'alimentation, dont l'extrémité est supportée par deux pieds en bois pouvant être enlevés à volonté.

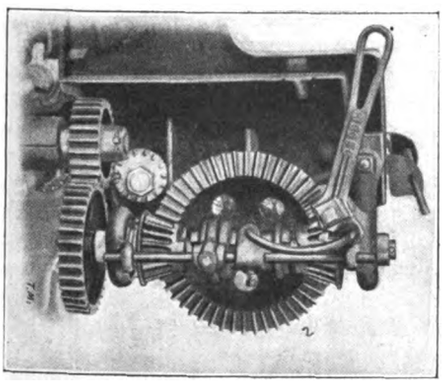


FIG. 2. — Vue de l'embrayage et du changement de marche.

La table est à fond plein ou à chaîne d'alimentation automatique, comme dans les gros hache-paille français, anglais et allemands.

Cette table ne présente, comme particularité intéressante, qu'un dispositif permettant de la rendre indépendante du corps principal de l'instrument, de telle sorte que l'encombrement, pendant les périodes de non-travail, se trouve aussi réduit que possible. Elle est aussi munie d'un tendeur de chaîne.

Le fourrage est amené aux couteaux par une bouche mobile limitée en hauteur par deux cylindres dont l'un, placé à la partie inférieure, est composé d'une série de disques à pointes. Le cylindre supérieur est simplement cannelé et peut s'élever dans une glissière, où un dispositif à ressort le maintient constamment appuyé sur le fourrage, tout en assurant son parallélisme avec la partie inférieure de la bouche.

Les figures 2 et 3 montrent le mécanisme de commande de la chaîne et du cylindre inférieur d'alimentation.

L'arbre de ce cylindre est prolongé et sert à faire tourner celui du haut par l'intermédiaire de deux pignons droits et d'un petit arbre avec joint de cardan.

Un levier (fig. 2) permet d'obtenir à volonté l'avancement du fourrage ou son recul en cas d'accident. La position intermédiaire correspond à la marche à vide.

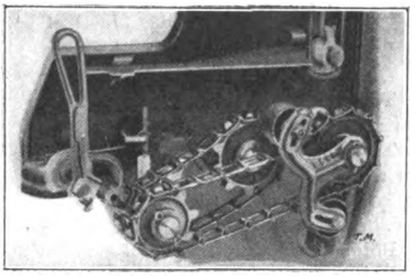


FIG. 3. — Commande de la chaîne et du cylindre inférieur d'alimentation.

La partie la plus intéressante de l'appareil est le volant porte-couteaux formant ventilateur, qui sert à hacher et à projeter au loin les parties coupées.

C'est un disque métallique tournant au centre d'un tambour, dont les joues sont formées de fortes plaques enfonte. Ce disque porte deux ou quatre couteaux, suivant la longueur de coupe que l'on veut obtenir. Ces couteaux peuvent aussi être remplacés par autant de broyeurs ou de râpes servant à couper en fins lambeaux des produits, tels que les tiges sèches de maïs, etc.

A la périphérie du disque ou volant se trouvent quatre palettes, qui le transforment en un véritable ventilateur et agissent aussi comme appareil de projection pour lancer les parties coupées dans la tuyauterie fixée au tambour.

La disposition des palettes et couteaux est représentée par la figure 4.

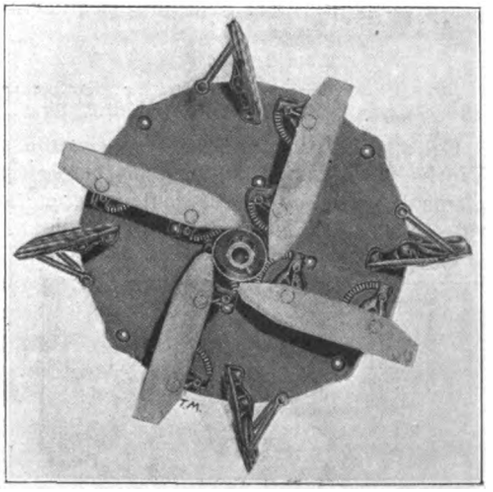


FIG. 4. — Dispositif des palettes et couteaux.

Le fourrage haché est projeté par une tuyauterie tangentielle au tambour du ventilateur et qui peut occuper une position quelconque sur sa périphérie.

Pour cela, les joues du tambour sont reliées par une couronne métallique formée de deux parties articulées qui, une fois desserrées, peuvent tourner par rapport aux joues. Le départ de la tuyauterie, fixée sur cette couronne métallique, peut donc être mis dans la position la plus favorable pour le but à atteindre. Deux boulons suffisent pour serrer la couronne fortement sur ses joues et la maintenir solidement pendant le travail.

La canalisation employée pour le transport et la distribution du fourrage haché est étudiée pour diriger celui-ci sur des points divers, permettant de remplir complètement et uniformément un

Digitized by Google

silo sans avoir besoin de déplacer la machine. A cet effet, elle présente une extrémité articulée pouvant rejeter le fourrage, soit parallèlement, soit à angle droit, soit dans toute direction intermédiaire par rapport à l'axe de la tuyauterie principale. La manœuvre de ce distributeur s'effectue à l'aide d'une simple corde. Les raccords de la tuyauterie sont à fermeture instantanée à l'aide de leviers.

Tout l'appareil, tuyauterie comprise, peut être monté sur chariot pour le transport d'une exploitation à l'autre ou le travail à façon.

Voici les caractéristiques de l'un de ces appareils de force moyenne, couramment employé aux Etats-Unis :

Débit : 7 à 12 000 kg à l'heure de fourrage ensilé ;
Longueur de coupe : 1/4, 1/2, 1 et 1 1/2 pouce (1 pouce = 0m,025).
Longueur des couteaux : 0m,40.
Longueur des rouleaux d'alimentation : 0m,325.
Table d'alimentation : longueur, 2m,745, profondeur, 0m,325, largeur, 0m,55.
Tuyauterie : diamètre : 0m,18, en fer galvanisé. Sections de 0m,61, 1m,22 et 3m,05.
Force nécessaire : 7 à 10 ch.
Vitesse : 650 à 950 tours par minute.
Poids de l'appareil complet sur chariot : 600 kg.
Poids du chariot de transport : 160 kg.

Nous avons vu, à l'exposition de machines agricoles de Bourges, un coupe-racine dont le disque avait été transformé pour jouer le rôle de ventilateur propulseur. A cet effet, on a placé extérieurement sur le disque et perpendiculairement à son plan, des palettes dans le sens des rayons. Ces palettes projettent violemment les betteraves coupées pour en former un tas ayant une surface de plusieurs mètres carrés. De la paille hachée, lancée sur ce tas en même temps que la betterave par un petit ventilateur, permettait d'obtenir un mélange intime de ces deux aliments qui se trouvaient prêts à être distribués aux animaux.

On peut trouver de nombreuses autres applications de ces ventilateurs-propulseurs, qui, combinés avec quelques instruments d'intérieur de ferme, peuvent permettre de simplifier la préparation et les manutentions des aliments du bétail.

H. Pillaud.

Distributeur « Le Fongicide ».

Cet appareil, inventé par MM. Gratton et Sons, Lade Bans Works, New Laake Boston, Lines, est destiné à projeter sur les plants de pommes de terre, betteraves, etc., des produits pulvérulents destinés à détruire les champignons parasites. Il présente donc beaucoup d'analogie avec nos soufreuses. Le produit contenu dans la trémie est amené à un soufflet centrifuge, qui l'envoie dans des tuyaux répartisseurs, d'où il se répand sur les plantes. C'est une chaîne à godets sans fin, qui est utilisée pour conduire la poudre pulvérulente de la trémie au soufflet. La commande se fait par l'intermédiaire de chaînes et de roues dentées actionnées par les roues.

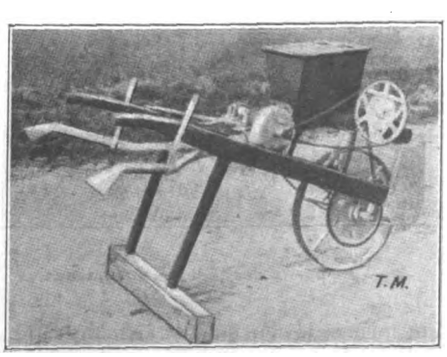


Fig. 1. — Distributeur sur brouette, « Le Fongicide ».

En dehors du modèle à grand travail à traction animale pouvant distribuer le produit fongicide sur cinq rangs de plantes, le constructeur a étudié un modèle sur brouette distribuant sur deux rangs (fig. 1).

Les tuyaux répartisseurs se terminent derrière l'ouvrier qui manœuvre la brouette, de telle sorte qu'il ne peut pas être gêné ou incommodé par le produit distribué. Il semble que les appareils de ce genre peuvent servir pour répandre les engrais très pulvérulents, comme la cyanamide, et rendre de grands services en viticulture, en particulier, pour la distribution du soufre. Le modèle sur brouette devrait être apprécié de la petite et la moyenne culture. On peut se demander, cependant, si ce distributeur sur brouette est d'un emploi moins pénible que les appareils à dos et, en particulier, que le semoir Chal, recommandé pour répandre la cyanamide, et qui travaille également sur deux rangs.

H. Pillaud.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

L'assurance des employés en Allemagne.

Le projet de loi, qui a été analysé précédemment ici (1), a donné lieu à la promulgation, le 20 décembre 1911, d'une loi sur l'assurance des employés (*Versicherangsgesetz für Angestellte*).

Assujettis. — Cette loi assujettit à l'assurance obligatoire les travailleurs chargés d'une direction, les employés techniques, les contremaîtres, les employés de bureau, les commis de commerce et de pharmacie, le personnel des théâtres et des orchestres, les instituteurs privés, le personnel supérieur de la navigation. D'une manière générale, c'est aux travailleurs dont l'occupation est plus intellectuelle que manuelle que s'applique l'obligation de l'assurance. Elle ne vise d'ailleurs que ceux dont la rémunération annuelle n'est pas supérieure à 5 000 mares, et dont l'âge est compris entre 16 et 60 ans ; mais, s'ils ont contracté l'assurance avant d'avoir franchi cette limite de traitement, ils peuvent la continuer au bout de six mois d'assurance ; de même la limite d'âge supérieure ne s'applique que lors de l'entrée à l'assurance.

Les assujettis sont divisés en classes à raison de la valeur de la rémunération annuelle, suivant une gradation qui varie entre les chiffres suivants : 5 000, 4 000, 3 000, 2 500, 2 000, 1 500, 1 150, 850, 550 mares.

Allocations. — Les assujettis ont droit aux allocations suivantes :

I. Une pension d'invalidité est servie, abstraction faite de l'âge, à tout assuré devenu incapable, par suite d'infirmité physique ou de débilité physique ou intellectuelle, d'exercer une profession d'employé, c'est-à-dire ne possédant plus qu'une capacité de travail inférieure à la moitié de celle d'un employé assuré, quelle que soit sa profession, pourvu qu'il soit sain de corps et d'esprit et que son instruction, ses connaissances et ses aptitudes soient équivalentes à celles de l'intéressé. Toutefois, si l'invalidité est temporaire, elle ne donne droit à pension qu'au bout d'une période ininterrompue de 26 semaines. L'assuré doit avoir, en outre :

1° Accompli un stage d'une durée de 120 mois pour les hommes et 60 mois pour les femmes, ou même de 150 mois pour les premiers et de 90 mois pour les secondes, lorsque le début de leur assurance ne remonte pas à 60 mois : cette précaution législative empêche que les allocations ne soient obtenues par des bénéficiaires au prix de cotisations insuffisantes dont les autres intéressés subiraient la répercussion ;

2° Versé des cotisations pendant une durée minimum de 8 mois au cours de chacune des dix premières années de la participation, et pendant une durée minimum de 4 mois au cours de chacune des années suivantes, à moins qu'il n'acquitte les cotisations arriérées durant l'année qui suit la date d'exigibilité ou qu'il n'obtienne, avant la fin du stage, un délai pour le paiement.

Ces cotisations sont supportées pour moitié par l'employé et pour

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 3 (1er février 1913), p. 100.

Digitized by Google

moitié par l'employeur; elles varient selon la classe de l'assujetti entre les taux suivants par mois : marcs 26,60; 20,00; 16,60; 13,20; 9,60; 6,30; 4,80; 3,20; 1,60. D'ailleurs, l'employé dont la rémunération annuelle n'excède pas 2 000 marcs est, en outre, assujetti au paiement de la cotisation d'assurance qui frappe les ouvriers proprement dits. Les taux précités sont ceux que la loi impose en l'absence d'initiative des intéressés; ceux-ci peuvent, en effet, demander à acquitter des cotisations plus élevées pour obtenir des allocations supérieures aux allocations légales; mais il faut qu'ils soient encore au-dessous de 25 ans, le risque d'invalidité croissant avec l'âge, tandis que les tarifs légaux omettent toute distinction relative à l'âge de l'assujetti lors de son entrée dans le domaine de l'assurance; de même, tout intéressé qui compte six mois de participation à une classe peut y rester, lors même que sa rémunération subit une diminution; mais, sauf convention différente, l'employeur n'est tenu qu'au paiement de la cotisation minimum.

La pension est égale au quart des cotisations acquittées pour le stage légal et au huitième des cotisations payées ultérieurement : ce dernier supplément n'est obtenu par les femmes qu'au bout de 120 mois de versement de cotisations.

Les employés qui ont été assujettis à l'assurance des ouvriers, lorsque leur traitement n'excède point 2 000 marcs par an, ont peut cesser le service de la pension et remettre au bénéficiaire une somme égale à la moitié du capital constitutif qui correspond aux versements de ce dernier. De plus, la pension d'employé ne peut se cumuler avec une pension d'ouvrier, ni avec le produit d'un travail lucratif au delà d'un maximum égal au traitement annuel, qui correspond aux 60 cotisations mensuelles les plus élevées : telle est l'éventualité où le bénéficiaire de la pension travaille au delà de l'âge de 65 ans ou bien est un jeune blessé; par contre, le cumul est admis avec les revenus personnels non fournis par le travail, tels qu'une allocation servie par un organe d'assurance privée.

Les femmes qui se remarient et cessent d'être assurées après accomplissement du stage, ont droit au remboursement de leurs cotisations; elles peuvent, en cas de tout motif de cessation d'assurance, obtenir une rente viagère; enfin les veuves qui se remarient touchent un capital égal au triple des arrérages annuels de leur pension.

Charges. — Les cotisations dont le taux a été indiqué ci-dessus sont exclusivement fournies par les patrons et les employés en l'absence de toute contribution de l'Etat. Le patron verse la cotisation totale, patronale et ouvrière, à un bureau spécial ou subsidiairement à un bureau de poste; ce bureau lui remet, à titre de quittance, des timbres, qu'il doit apposer et oblitérer

TABLEAU I. — CLASSES DE RÉMUNÉRATION ANNUELLE (MARCS)

	De 4 000 à 5 000	De 3 000 à 4 000	De 2 500 à 3 000	De 2 000 à 2 500	De 1 500 à 2 000	De 1 150 à 1 500	De 850 à 1 150	De 550 à 850	Au-dessous de 550
	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs
Pension d'*invalidité* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 10	798	600	498	396	288	204	144	96	48
Pension d'*invalidité* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 25	1 396	1 050	871	693	504	357	252	168	84
Pension d'*invalidité* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 50	2 394	1 800	1 494	1 188	864	612	432	288	144
Pension de *veuve* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 10	319	240	199	158	115	82	58	38	19
Pension de *veuve* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 25	558	420	349	277	207	143	101	67	34
Pension de *veuve* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 50	958	720	598	475	346	245	173	115	58
Pension d'*orphelin* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 10	64	48	40	32	23	16	12	8	4
Pension d'*orphelin* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 25	112	84	70	55	40	29	20	13	7
Pension d'*orphelin* au bout d'un nombre d'années d'assurance égal à 50	191	144	119	95	69	49	35	23	11

intérêt à demeurer assurés de la sorte lorsque leur traitement devient plus élevé : il leur suffit, à cet égard, de verser chaque année dix cotisations hebdomadaires.

II. Une pension de vieillesse est concédée à partir de l'âge de 65 ans, lorsque le stage légal a été accompli : elle est calculée comme la pension d'invalide.

III. Une pension est servie à la veuve de l'assuré, sans qu'il soit nécessaire qu'elle soit invalide : il suffit que le conjoint ait accompli le stage légal avant son décès : le veuf invalide est admis à la pension de veuve. Cette pension est égale aux 2/5 de celle que le défunt a ou aurait obtenue à la date de sa mort.

IV. Des pensions sont concédées aux enfants de l'assuré décédé qui sont âgés de moins de dix-huit ans : ces pensions atteignent, pour chacun des enfants, 1/3 ou 1/5 de la pension de veuve, suivant qu'un seul des parents ou que l'un et l'autre sont décédés.

Le maximum assigné par la loi aux pensions de veuve et d'orphelins cumulées est le montant de la pension d'invalide : une réduction proportionnelle les ramène s'il y a lieu à cette limite.

Le tableau I peut être dressé à titre d'exemple de l'application de la loi.

L'assuré n'est pas tenu de verser une cotisation jusqu'à la survenance de l'invalidité : le stage achevé, il lui suffit de notifier son existence à l'institution d'assurance par le versement d'une somme de 3 marcs chaque année, somme qui d'ailleurs n'accroît nullement, à la différence d'une cotisation, les droits de l'assuré.

Par contre, s'il se rend à l'étranger, l'institution d'assurance sur une carte dont l'employé est muni, le tout sous peine d'amende. Le patron peut prélever sur le salaire la cotisation ouvrière dont il a fait l'avance. Si l'employé travaille durant le mois chez plusieurs patrons, chacun d'eux verse à la fin du mois une cotisation égale à 8 °/₀ de la rémunération qu'il a payée, et lorsque le total de ces sommes est supérieur au taux mensuel de la classe la plus élevée, l'excédent est porté au crédit de l'employé pour les mois suivants. L'employé, d'autre part, est obligé de se procurer auprès de l'autorité locale une carte d'assurance sur le vu d'une carte d'admission, qui est d'ailleurs envoyée à l'institution d'assurance pour notifier à celle-ci l'entrée du nouvel assuré; enfin, au moins tous les cinq ans, il doit renouveler sa carte d'assurance et sa carte d'admission pour tenir l'institution d'assurance au courant des changements survenus daus sa famille, qui sont de nature à influer sur les obligations de l'institution d'assurance.

D'après les prévisions, les cotisations atteindront la première année le chiffre de 150 millions de marcs et s'élèveront au point de constituer au bout de dix années à l'institution d'assurance une fortune de 2 400 millions de francs : le nombre des assurés doit être de 1 330 000.

Institutions d'assurance. — Les institutions d'assurance sont l'une officielle, les autres privées.

1. L'institution officielle, qui s'applique à tout l'Empire allemand, joue le rôle d'une mutualité, avec direction et conseil d'administration formé de délégués-patrons et de délégués-employés élus suivant les règles de la représentation proportionnelle et

Digitized by Google

présidé par une personne que l'Empereur désigne à vie. Des hommes de confiance sont élus par les patrons et les employés pour réaliser l'administration locale. Des comités de pensions, formés de membres élus par les hommes de confiance avec président officiel, fixent et servent les allocations, instruisent toutes les affaires d'assurance et surveillent la conduite des pensionnés et le recouvrement des cotisations.

2. Les institutions privées sont des caisses dites les unes complémentaires, les autres supplétives qui interviennent à titre transitoire. Les premières fournissent des allocations analogues aux allocations légales : si le patron y verse une cotisation équivalente à la cotisation légale, celle-ci n'est plus exigée et l'allocation statutaire remplace l'allocation légale. Les secondes doivent remplacer l'institution officielle. Enfin, l'intervention des entreprises d'assurance sur la vie est admise au lieu de celle de l'institution officielle si l'employé s'est affilié à ces entreprises soit antérieurement au vote de la loi, soit depuis trois années et au-dessus de l'âge de trente ans; elles doivent percevoir la cotisation patronale et fournir à ce titre la moitié de l'allocation légale.

Prévention de l'invalidité. — L'institution d'assurance peut appliquer un traitement pour prévenir l'invalidité; mais le transport au sanatorium ne peut être imposé à l'assuré si ce dernier est marié et vit dans sa famille; par contre, il a le droit de demander à être hospitalisé au lieu d'être pensionné : si l'assuré est transporté dans un sanatorium, sa famille reçoit une allocation journalière égale aux 3/20 de la dernière cotisation mensuelle.

Procédure. — Les allocations sont fixées par le Comité de pensions, dont la décision peut être déférée dans le mois à un tribunal arbitral, formé de délégués élus par les hommes de confiance des patrons et des employés et présidé par un délégué officiel. Un tribunal arbitral suprême, qui siège à Berlin, statue en dernier ressort.

Les allocations sont versés par le service postal.

Maurice Bellom.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Emploi des billes en acier fondu, agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux.

Les roulements à billes s'emploient de plus en plus dans la construction des machines pour réduire les frottements aux tourillons dans les coussinets, mais, ce qui est moins connu aujourd'hui, c'est que les billes métalliques sont utilisées pour beaucoup d'autres applications, par exemple : comme clapets de pompes, organes de blocage et d'entraînement dans les embrayages, tels que le dispositif à roue libre des bicyclettes, dans les instruments de mesure ou d'essai des métaux, pour les charnières et pivots, comme engins de lissage pour polir au tonneau les pièces métalliques, comme organes de broyage pour concasser et moudre les graines, comme masses centrifuges pour les régulateurs de vitesse, etc., etc.

M. Bauschlicher, ingénieur à Francfort-sur-le-Mein, décrit, dans *Zeitschrift für Praktische Maschinenbau*, un emploi nouveau et très curieux des billes d'acier fondu trempé pour l'emboutissage des métaux en feuilles.

Pour la compréhension de cette nouvelle application, on doit considérer, tout d'abord, un certain nombre de billes groupées et en contact, roulant ou glissant les unes sur les autres, de façon à présenter une masse dont la forme extérieure peut changer autant de fois qu'on veut, selon qu'on modifie plus ou moins le groupement; en variant la forme du récipient qui les contient, on peut les comparer à des molécules liquides qui seraient considérablement agrandies, et elles possèdent ainsi toutes les propriétés des fluides utilisées en hydraulique pour la transmission des pressions en tous sens, avec, en plus, le grand avantage pratique de ne pas fuir comme les liquides par les plus petites fissures que présentent les assemblages des pièces qui composent les constructions mécaniques; en effet, les billes sont toujours plus grandes que ces fissures et ne peuvent donc y passer pour s'échapper au dehors.

Comme les liquides, les billes comprimées transmettent une pression reçue, en tous sens, et on conçoit que plus on choisit ces billes petites, plus on se rapproche de l'effet des liquides. L'auteur a commencé ses essais avec des billes de 3 mm, puis les a continués avec des billes de $1^{mm},5$ qui ont donné de meilleurs résultats. De plus petites billes auraient été préférables, car elles auraient plus facilement pu glisser ou couler les unes sur les autres à l'instar d'un liquide.

Il est certain que l'on doit aussi compter sur une grande perte par frottement, même avec l'addition d'une bonne quantité d'huile lubrifiant les billes sur toute leur surface; mais, malgré cela, l'emploi des billes comme organes de transmission des pressions reste avantageux, ainsi que l'ont démontré des expériences d'emboutissage du fer-blanc sans l'aide des outils habituellement employés, et les résultats obtenus ont été réellement comparables à ceux qu'auraient donné les pressions hydrauliques.

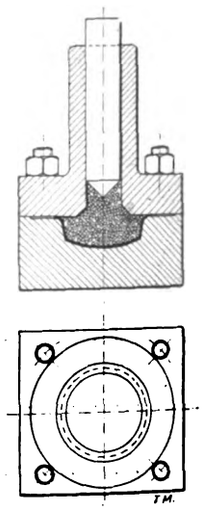


Fig. 1. — Appareil d'essai pour l'emboutissage au moyen des billes.

La figure 1 représente la disposition employée dans ce but : un bloc inférieur creusé d'une cavité, ayant la forme extérieure de l'embouti à obtenir, constitue la matrice; il est surmonté d'une plaque à tubulure, dans laquelle glisse une tige cylindrique terminée en pointe pour repousser extérieurement les billes qu'un évasement à la base de la tubulure répartissait circulairement sur tout le fond de l'embouti. Sur le bloc inférieur et dans un embrèvement circulaire figuré par le plus grand cercle de la vue en plan, on place un disque de fer-blanc ou *flan* représentant la quantité de métal nécessaire pour constituer l'embouti (1), puis l'on fixe la plaque à tubulure à l'aide des quatre goujons d'assemblage, et l'on introduit dans cette tubulure une certaine quantité de billes, dont le volume est plus grand que la capacité de l'embouti à obtenir. Enfin, on place au-dessus la tige cylindrique, sur la partie supérieure de laquelle on frappe à coups de marteau. Sous ces coups, les billes pressant le flan plat, le creusent en cuvette et finalement l'appliquent sur le creux de la matrice où il formait l'embouti représenté par le tracé noir. Si, au lieu d'un fond à courbure unie, la matrice présente des empreintes en relief ou en creux, avec des billes suffisamment petites pour s'y incruster en y entraînant l'épaisseur du flan, toutes ces empreintes sont reproduites sur le fond embouti et de la même manière qu'il vient d'être expliqué.

Cet essai prouve que l'on peut emboutir ou estamper des feuilles métalliques autrement que par les procédés et avec les outillages habituellement employés, en utilisant seulement une matrice et un presseur cylindrique peu coûteux à établir.

On peut évidemment donner aux billes la pression nécessaire à l'aide d'un mécanisme approprié, et il est possible d'imaginer un mouvement déplaçant les billes en un flot continu ou périodique pour les amener sous un producteur de pression

(1) N. d. l. R. — Pour la détermination des dimensions de ce flan et la description des procédés habituels d'emboutissage, voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 4 (15 février 1912), p. 146; n° 5 (1er mars 1912), p. 184; n° 8 (15 avril 1912), p. 306; et n° 9 (1er mai 1912), p. 347.

Digitized by Google

quelconque qui les force contre le flan à emboutir; puis, une fois cet emboutissage effectué, les fait écouler en dehors de la matrice, ce qui permet d'enlever la pièce finie et de la remplacer par un nouveau flan. Ensuite, les billes mises en réserve dans un réceptacle sont reprises et conduites sous le presseur pour le façonnage de la nouvelle pièce, les mouvements de circulation de ces billes s'opérant automatiquement et en relation avec le fonctionnement du presseur, afin de réaliser une fabrication simple et rapide.

La figure 2 montre l'emboutissage d'un culot hémisphérique A au moyen des billes. Entre la plaque rapportée B d'une tubulure, contenant un presseur cylindrique semblable à celui que représente la figure 1, et une autre plaque matrice accolée par des vis ou mieux pouvant coulisser, sans s'en séparer, sous la première plaque, et présentant dans l'axe du presseur une ouverture cylindrique, on pose, dans un évidement approprié de la première plaque, un flan rond en fer-blanc; le flot des billes vient agir ensuite et produit sous pression l'embouti A, lequel passe à travers la plaque matrice avec les billes qui retournent à proximité du presseur par l'entraînement des palettes d'une sorte de noria ou de tout autre mécanisme approprié.

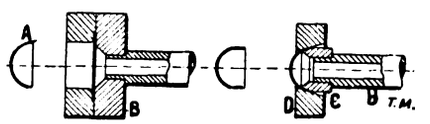


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2 et 3. — Exemple de façonnage en première et deuxième passe d'un culot embouti au moyen des billes.

Si, sous la forte pression du travail, les billes viennent à se briser, on n'a rien à craindre des fragments produits qui se logent dans les vides existant entre les billes sans exercer aucune influence nuisible sur le résultat cherché, contrairement à ce qui se produit dans le fonctionnement des roulements à billes formant coussinets, où la casse d'une seule bille peut entraîner les plus graves inconvénients pour l'arbre en rotation. On ne doit donc pas craindre, dans le premier cas, de trop charger les billes, qui peuvent ainsi supporter des pressions dépassant 100 et même 200 kg.

La figure 3 représente l'emboutissage en seconde passe du culot hémisphérique en vue de l'approfondir. Il est produit avec l'outillage représenté figure 2. La tubulure B du presseur reçoit, dans ce cas, sur son filetage, une bague C qui, avec la forme conique de l'ouverture de la plaque-matrice D, constitue une sorte de serre-flan, qui ne laisse filer le métal que progressivement, au fur et à mesure que l'action des billes introduites dans la tubulure et poussées par le presseur approfondit l'embouti.

Fig 4.

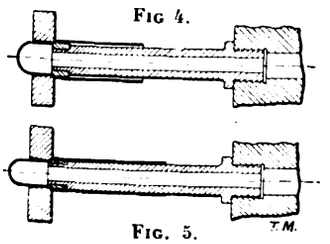


Fig. 5.

Fig. 4 et 5. — Exemples de façonnage d'emboutis profonds au moyen des billes.

Les figures 4 et 5 montrent comment on peut approfondir davantage l'embouti, tout en réduisant son diamètre, et produire des culots de très grande longueur, susceptibles d'être transformés en tubes ou longues douilles, par un rognage qui en détache le fond en calotte, au moyen d'outillages du même genre que celui figure 3, mais dans lesquels on a augmenté en longueur la tubulure du presseur, en même temps qu'on a établi en biseau le portage circulaire de la bague, qui constitue le serre-flan indispensable pour serrer, sur l'évasement correspondant de la plaque-matrice, le métal en travail entraîné par la pression des billes.

On sait qu'industriellement, l'emboutissage et l'estampage s'effectuent au moyen de presses ou de balanciers à vis, sous le coulisseau desquels on monte des outillages exécutés avec une très grande précision, et composés d'un poinçon et d'une matrice qui s'emboîtent exactement en ne laissant entre eux que le vide correspondant rigoureusement à la forme et au volume exacts des pièces à obtenir, ce qui fait que ces outillages fort coûteux ne peuvent convenir si, tout en conservant la même forme extérieure pour les pièces embouties ou estampées, on vient à changer l'épaisseur du métal employé. Le procédé des billes simplifie et rend moins coûteuse cette fabrication, en ce sens qu'avec un seul outillage, qui ne comporte aucun ajustage de précision, on peut travailler toutes les épaisseurs à façonner. La figure 6 représente cet outillage des plus simples, qui peut être construit à bas prix, puisqu'il n'est composé, pour travailler toutes ces épaisseurs, que d'une seule plaque-matrice creusée suivant la forme extérieure de l'embouti à obtenir, et sur laquelle est posée à plat une plaque serre-flan qui fait corps avec le conduit à base élargie en cône, par lequel arrivent et se répartissent les billes pour forcer le métal à épouser les creux de la matrice. La pression sous la base de la plaque de ce conduit, qui forme aussi serre-flan, peut être très simplement donnée, en même temps que celle qui façonne l'embouti, par les billes introduites en quantité suffisante sur le flan, dans le conduit et sur sa partie supérieure, dans toute la section de la bague circulaire qui l'enveloppe et qui le guide; le presseur, qui descend dans le vide de cette bague en agissant par sa base sur toutes les billes qu'il recouvre, pousse aussi bien celles qui appuient sur le dessus du conduit-plaque pour serrer le flan, que celles qui sont à l'intérieur de ce conduit pour servir au façonnage de l'embouti.

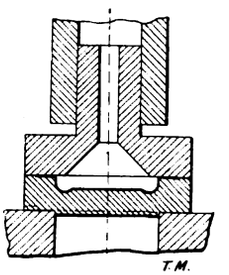


Fig. 6. — Outillage à billes pour emboutir en plusieurs épaisseurs.

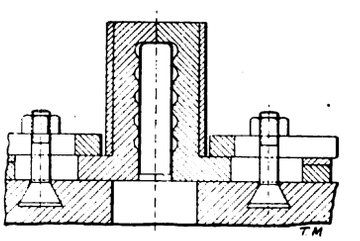


Fig. 7. — Exemple d'un façonnage par billes sur un culot embouti.

S'il s'agit de produire des ondulations ou reliefs de forme quelconque sur le pourtour cylindrique des culots emboutis, ces façonnages, qui sont obtenus habituellement après l'emboutissage par des estampages à l'aide d'outils ou au moyen de machines à molettes ou de tours spéciaux à renfler et à rétrécir, sont produits très simplement par la pression des billes, qui permet l'estampage par l'intérieur, comme le montre le dispositif de la figure 7, où le culot est placé dans une sorte de matrice en deux parties maintenues assemblées par une douille extérieure. L'ensemble est monté sur une table, par l'ouverture de laquelle arrive le flot de billes qui pénètre sous pression dans l'embouti et le modèle dans les cavités qui l'entourent. Il n'y a plus qu'à enlever la douille d'assemblage pour séparer les deux parties qui enserrent la pièce travaillée et pour la retirer quand en est sorti le flot de billes presseur.

Les billes donnent bien les mêmes effets que la pression hydraulique sans les ennuis qu'entraîne l'étanchéité des organes en jeu, mais étant données la grande pression de poussée sur des métaux tendres et la forme ronde des billes, elles s'impriment en creux sur la paroi contre laquelle elles agissent. Dans un grand nombre de cas, ces petites cavités, peu visibles, n'ont aucun inconvénient; pour les éviter, on donne aux billes, en plus de leur mouvement de poussée, un mouvement de rotation de leur masse autour de l'axe de la pièce emboutie; on transforme ainsi les points d'impression en autant de petites rainures circulaires concentriques qui donnent à l'intérieur un aspect semblable à celui des objets repoussés au tour; mais, comme la surface extérieure reste nette, on ne remarque pas, comme sur

Digitized by Google

les pièces repoussées, des rainures circulaires qui constituent souvent un inconvénient inévitable avec le repoussage.

Comme pour l'emboutissage à l'outil monté sur une presse, le procédé des billes, s'il comporte un travail en plusieurs passes donnant autant de façonnages différents, réclame un certain nombre de recuits entre ces passes pour rendre, au métal susceptible de s'écrouir, toute la malléabilité nécessaire.

La figure 8 montre que le procédé des billes convient aussi pour obtenir les pièces qui sont usuellement produites avec un outillage combiné qui, dans une feuille de métal, découpe et estampe ou emboutit simultanément pendant un même coup de presse. Le poinçon figuré est évidé à la forme extérieure de la pièce

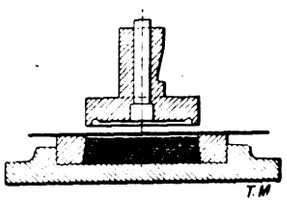


Fig. 8. — Outillage pour découper et emboutir simultanément au moyen des billes.

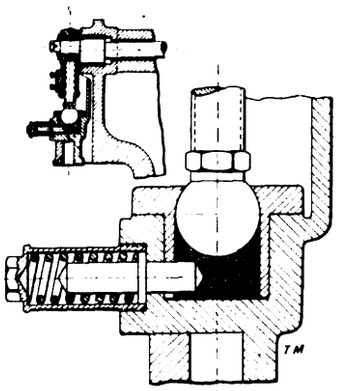


Fig. 9. — Ensemble et détails d'un compensateur élastique de pression employant des billes.

à produire, et son pourtour inférieur est disposé pour agir aussi comme poinçon de coupe. Dans la matrice qui présente une ouverture où vient s'encastrer ce poinçon, on a placé une certaine quantité de petites billes, de sorte que, lorsque le poinçon descend, il découpe le flan sur le bord de l'ouverture de la matrice, et l'enfonce sur les billes qui le repoussent en sens opposé et, glissant les unes sur les autres, le forcent à épouser la forme du creux du poinçon. Comme sur la figure 6, on peut travailler en plusieurs épaisseurs.

Pour tous ces façonnages par billes, il est bon d'employer une presse ayant un compensateur élastique de pression, car l'on ne peut guère déterminer que par des essais la quantité exacte de billes à employer ; si le coulisseau de la presse était relié rigidement avec l'arbre et que l'on ait placé trop de billes, la descente du coulisseau serait enrayée et l'arbre ou tout autre organe sensible pourrait, de ce fait, se caler, se fausser ou se briser. L'on ne peut produire, en effet, que des estampages dont les creux ne soient pas trop fins pour que les plus petites billes puissent y pénétrer, et le bord des pièces embouties ne doit pas être trop haut, avec le dispositif du genre figure 8, car alors un presse-flan ordinaire serait nécessaire.

La figure 9 représente un compensateur de pression basé sur l'emploi des billes, lesquelles remplacent avantageusement la pression d'un liquide mise en œuvre sur les compensateurs hydrauliques construits sur le même principe. On y voit que les billes occupent la même place et agissent de la même façon que ce liquide sous la sphère qui forme le pied de la bielle, pour repousser, lorsqu'une certaine pression limite est dépassée, une sorte de piston horizontal maintenu fixe jusque-là par la pression d'un ressort agissant en sens opposé. Les billes présentent un appui bien proportionné, en tous points, à la surface du coulisseau et sont, comme toutes les parties où elles agissent, en acier trempé dur.

Ce compensateur se caractérise par son extrême simplicité, car il ne comporte aucune des articulations que l'on rencontre sur les compensateurs ordinaires. Par le rapport des surfaces, au coulisseau et au piston mobile, on détermine les résistances pour le réglage d'après la pression limite. Si, par exemple, cette surface au coulisseau est $\frac{50\,d^2\pi}{4}$, que celle du piston soit $\frac{20\,d^2\pi}{4}$, et que la pression limite soit 10 000 kg, la pression du ressort qui retiendra le piston mobile sera alors : $10\,000 : \frac{1963}{314} = 1\,600$ kg environ. En réalité, ce ressort sera tendu pour une pression moindre, car il faut tenir compte du frottement des billes entre elles et sur les parois où elles glissent.

Si l'on adopte 4 mm pour le fléchissement du coulisseau sous l'effort limite, afin de ne rien caler, fausser ni briser, il en résultera un déplacement de 25 mm environ pour le piston à ressort.

Avec les presses excentriques, les compensateurs de pression présentent l'avantage bien reconnu d'éviter des accidents à la machine ou aux outillages, si on estampe du métal trop dur ou trop épais, si l'on place deux flans au lieu d'un seul, ou encore, si l'on a donné un réglage trop bas au coulisseau de la presse en allongeant un peu trop la bielle. On comprend que les presses étant des machines où tous ces points ont une rigoureuse importance, doivent présenter une partie fléchissante lorsqu'on atteint, par erreur ou inattention, la pression limite au delà de laquelle de graves accidents sont à redouter.

Enfin, les figures 10 et 11 représentent le repoussage, au moyen de dispositifs appropriés, de pièces creuses à l'intérieur desquelles on emploie des billes pour servir de contre-partie à la poussée des outils. Sur la figure 10, la pièce qui doit présenter le rétrécissement produit par l'outil à molette figuré, est montée sur le tourillon tubulaire d'un tour à repousser. Par ce tourillon arrivent les billes, qui sont maintenues sous pression par la tension d'un ressort agissant sur un piston mobile disposé, comme celui de la figure 9, à l'autre extrémité du tourillon qui tourne en entraînant la pièce à rétreindre. La poussée des billes sert de contre-partie pour l'attaque de la molette, qui les déplace intérieurement en les refoulant, contre le piston à ressort, qui fléchit au fur et à mesure que se produit le rétrécissement, qui entraîne une diminution du vide intérieur de la pièce.

La figure 11 montre la fin d'un façonnage analogue exécuté sur un tour à repousser, où la pièce est maintenue emboîtée dans une sorte de matrice qui tourne avec la poupée sur laquelle elle est fixée. La forme primitive de cette pièce est un culot qui, repoussé intérieurement par le flot de billes arrivant par la tubulure creuse de gauche, prend, sous cette pression, l'aspect représenté, en épousant tous les contours du moule qui l'enveloppe. L'arrivée des billes peut se faire automatiquement, le tour étant desservi par un garçonnet ou une fillette qui pose les culots, retire les pièces terminées et en vide les billes dans un réceptacle d'où part le flot de repoussage.

Pour obtenir une pièce semblable sur un tour à repousser ordinaire, avec les moyens habituels, il faut de nombreux outils et toute l'attention et l'habileté manuelle d'un ouvrier-repousseur expérimenté. Dans ce dernier cas, l'emploi des billes, qui ne comporte que le moule en deux pièces représenté, supprime les outils et l'aide d'un habile spécialiste, est donc, par cela même, des plus avantageux.

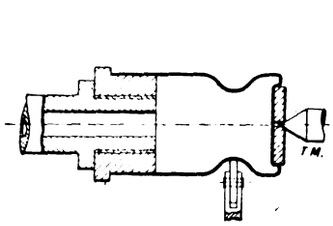


Fig. 10.

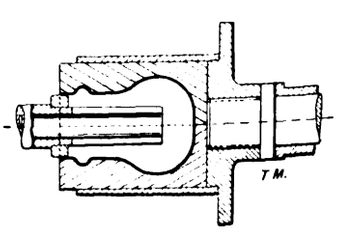


Fig. 11.

Fig. 10 et 11. — Exemple de repoussage sur une contre-partie en billes.

E. Gay.

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTIONS

Un escalier de grande portée en béton armé.

Les magasins des Galeries Lafayette ont édifié, dans leurs nouveaux bâtiments, un escalier en béton armé intéressant par ses grandes dimensions.

Les principes en furent arrêtés par M. Chanut, architecte, dont les épures et maquettes permirent à M. Roquerbe, entrepreneur, et à son ingénieur, M. Clapisson, d'établir les calculs et tracés d'exécution. Ayant été appelé par M. Chanut à vérifier et contrôler ces calculs et ces tracés, nous allons essayer d'exposer ici la méthode qui présida à leur conception.

Cet escalier comporte (fig. 1) une première volée, large de 3m,30, montant du rez-de-chaussée à un palier situé à 3m,42 du sol; de ce palier se détachent, vers l'entresol, trois autres volées, une dans le prolongement de la première et deux situées en éventail à droite et à gauche. Il est calculé pour porter 800 kg de surcharge éventuelle par mètre carré, avec une garantie égale à celle donnée par la circulaire du ministère des Travaux publics en date du 20 octobre 1906; les dosages du béton employé sont au moins égaux à 350 kg de ciment par mètre cube de béton de gravillon.

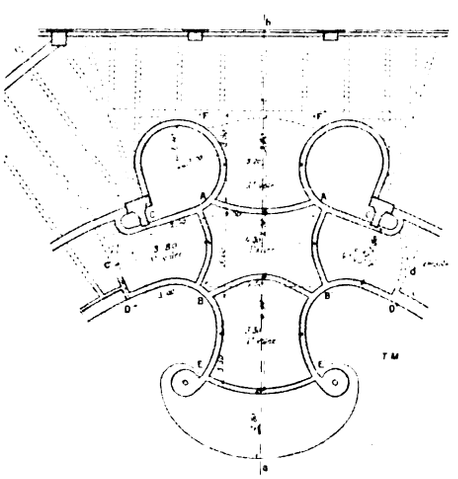


Fig. 1. — Ensemble de l'ossature de l'escalier.

Coefficients de travail des matériaux employés. — Les coefficients de travail sont les suivants :

Béton à la compression.	50 kg 4 par cm²
Béton à la tension.	0 kg —
Béton au cisaillement	5 kg —
Acier à la compression	1 200 kg par cm²
Acier à la tension.	1 200 kg —
Acier au cisaillement	960 kg —

Calcul des dalles de hourdis. — Ayant fixé l'épaisseur du hourdis d'une dalle de portée déterminée et connaissant la charge portée par cette dalle, on en déduit le moment de flexion par la formule :

$$M = \frac{pl^2}{8},\ M = \frac{pl^2}{10} \text{ ou } M = \frac{pl^2}{12},$$

suivant que la dalle peut être considérée comme libre aux appuis, légèrement encastrée ou parfaitement encastrée,

p, étant la charge par mètre courant;

l, étant la portée.

S'il s'agit d'un hourdis travaillant dans les deux sens, on applique, pour le calcul du moment suivant la première portée l_1, la formule suivante :

$$M_1 = \frac{pl_1^2}{8} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^4}$$

et, pour le calcul du moment suivant la seconde portée l_2, la formule :

$$M_2 = \frac{pl_2^2}{8} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{l_2}{l_1}\right)^4}$$

Dans ces deux moments, le dénominateur 8 peut être remplacé par 12, si la dalle est considérée comme encastrée.

Si l'on veut vérifier la section W des armatures que l'on emploie, il suffit de déterminer la distance y de l'axe neutre au parement comprimée par l'équation du second degré :

$$\frac{100y^2}{2} - mW(h - d - y) = 0,$$

dans laquelle :

h est l'épaisseur du hourdis (en centimètres);

d, est la distance moyenne de l'armature au parement tendu;

m, le rapport des coefficients d'élasticité de l'acier et du béton, pouvant être pris égal à 15.

La compression maximum du béton est alors égale à :

$$R_b = Ky.$$

L'extension maximum des armatures est égale à :

$$R_a = mK(h - d - y).$$

k, étant un coefficient donné par l'équation du troisième degré :

$$\frac{100y^3}{6} - mW(h - d - y)(h - d) = \frac{M}{K}.$$

Il suffit alors de vérifier que l'on a bien :

$$R_b \leqslant 50 \text{ kg } 4 \text{ par cm}^2$$
$$R_a \leqslant 1\,200 \text{ kg par cm}^2.$$

Calcul des poutres. — Les armatures d'une poutre de section déterminée ont été fixées par une méthode synthétique très rapide. Celle-ci consiste à diviser le moment de flexion par le bras de levier h_0 du couple résistant et par le taux de résistance des armatures (1 200 kg par cm²).

On a, en effet :

$$M = F \times h_0.$$

F étant la force agissant sur la poutre.

On a aussi :

$$F = W \times 1\,200,$$

W étant la section des armatures.

On a donc :

$$M = 1\,200\,Wh_0.$$

Par conséquent :

$$W = \frac{M}{1\,200\,h_0},$$

h_0 étant égal à la hauteur totale de la poutre diminuée de 6 à 8 cm suivant l'importance de celle-ci.

Si l'on veut vérifier la résistance au cisaillement de la section W des armatures que l'on emploie, il suffit de s'assurer que la résistance totale au cisaillement du béton et de l'acier est supérieure à la valeur de l'effort tranchant.

Le béton peut résister à :

$$R'_b = S \times 5,$$

S étant la section de la poutre.

Les barres peuvent résister à :

$$R'_a = W \times 960.$$

L'effort tranchant T étant donné par la formule :

$$T = \frac{pl}{2},$$

p, étant la charge par mètre courant;

l, étant la portée.

On doit donc avoir :

$$R'_b + R'_a > T.$$

Equilibre général de l'escalier. — Quels sont les points d'appui de cet escalier monumental? Il n'y en a, en réalité, que huit situés en FF', CC', DD' à l'entresol et en EE' au rez-de-chaussée. Mais, nous supposerons, pour la commodité de l'exposé, qu'il y en a quatre autres, en AA' et BB' au niveau du palier intermédiaire.

En nous basant sur cette hypothèse, nous déterminerons les charges en ces quatre points et nous considérerons les deux nervures AB et A'B' comme deux lignes rigides que nous soutiendrons à l'aide de barres de tension allant des appuis réels C et D aux appuis réels C' et D',

Digitized by Google

Nous réaliserons ainsi un véritable hamac supportant les charges appliquées aux poutres palières AB et A'B'.

Calcul de la première volée. — Il faut distinguer deux parties dans cette première volée ; la première s'étend depuis le niveau du rez-de-chaussée jusqu'au petit mur de soutien (fig. 2) situé à $2^m,80$ de la première marche entre les points E et E' ; la deuxième s'étend depuis ce mur jusqu'au palier intermédiaire.

FIG. 2. — Coupe *a b* suivant les première et deuxième volées.

Dans la première partie, le hourdis ne travaille que dans le sens de la montée, sur une portée de $2^m,30$. La paillasse a une épaisseur de $0^m,12$, les marches ont une hauteur théorique moyenne de $0^m,075$.

Charge au m² (surcharge). . . . . 800 kg
Poids propre : 0,195 (hauteur théorique moyenne) × 2 250 . . . . . 440 kg
$p = 1\,240$ kg par m²

$$M = \frac{1\,240 \times \overline{2.3}^2}{12} = 547 \text{ kgm.}$$

L'armature sera composée de cinq barres de 12 mm par mètre, d'une section totale de 5 cm² 64.

Dans la seconde partie, le hourdis travaille dans les deux sens : dans le sens de la montée sur une portée de $4^m,20$, dans le sens de la largeur de l'escalier sur une portée de $3^m,10$. La paillasse a une épaisseur de $0^m,08$.

Charge au m² (surcharge). . . . . 800 kg
Poids propre : 0,155 (hauteur théorique moyenne) × 2 250 . . . . . 350 kg
$p = 1\,150$ kg par m²

Le moment dans le sens de la montée est :

$$M = \frac{1\,150 \times \overline{4.2}^2}{12} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{4.2}{3,1}\right)^4} = 221 \text{ kgm.}$$

L'épaisseur utile est de $0^m,8$.

L'armature sera composée de cinq barres de 10 mm par mètre, d'une section totale de 3 cm² 93.

Le moment dans le sens de la largeur de l'escalier est :

$$M' = \frac{1\,150 \times \overline{3,1}^2}{8} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3,1}{4.2}\right)^4} = 863 \text{ kgm.}$$

L'épaisseur utile est de $0^m,16$.

L'armature sera composée de cinq barres de 14 mm par mètre, d'une section totale de 7 cm² 70.

Calcul du palier intermédiaire. — L'épaisseur du hourdis est de $0^m,10$.

Charge au m² (surcharge). . . . . 800 kg
Poids propre : 0,10 × 2 250 . . . . 225 kg
$p = 1\,025$ kg par m²

Ce hourdis travaille également dans les deux sens.

Dans le premier sens, on a :

$$M = \frac{1\,025 \times \overline{2.5}^2}{12} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{2.5}{4,1}\right)^4} = 420 \text{ kgm.}$$

L'armature sera composée de cinq barres de 12 mm par mètre, d'une section totale de 5 cm² 64.

Dans le deuxième sens, on a :

$$M' = \frac{1\,025 \times \overline{4,1}^2}{12} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{4,1}{2,5}\right)^4} = 94 \text{ kgm.}$$

L'armature sera composée de cinq barres de 8 mm par mètre, d'une section totale de 2 cm² 51.

Calcul de la deuxième volée. — L'épaisseur de la paillasse est de $0^m,09$.

Charge au m² (surcharge). . . . . 800 kg
Poids propre : 0,165 (hauteur théorique moyenne) × 2 250 . . . . . 373 kg
$p = 1\,173$ kg par m²

Moment dans le sens de la montée :

$$M = \frac{1\,173 \times \overline{3.6}^2}{12} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3.6}{3}\right)^4} = 305 \text{ kgm.}$$

L'épaisseur utile est de $0^m,09$.

L'armature sera composée de cinq barres de 11 mm par m, d'une section totale de 4 cm² 75.

Moment dans le sens de la largeur de l'escalier :

$$M' = \frac{1\,173 \times 3^2}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3}{3.6}\right)^4} = 672 \text{ kgm.}$$

L'épaisseur utile est de $0^m,17$.

L'armature sera composée de cinq barres de 11 mm par m, d'une section totale de 4 cm² 75.

Calcul des troisième et quatrième volées (fig. 3). — L'épaisseur de la paillasse est de $0^m,06$:

Charge au m² (surcharge). . . . . 800 kg
Poids propre : 0,135 (hauteur théorique moyenne) × 2 250 . . . . . 305 kg
$p = 1\,105$ kg par m²

Le moment dans le sens de la largeur de l'escalier :

$$M' = \frac{1\,105 \times \overline{2.10}^2}{8} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{2.1}{3,6}\right)^4} = 496 \text{ kgm.}$$

L'épaisseur utile est de $0^m,14$.

L'armature sera composée de cinq barres de 11 mm par m, d'une section totale de 4 cm² 75.

L'armature dans le sens de la montée, résultant de l'équilibre général de l'escalier, sera calculée plus loin.

Calcul des limons EB et E'B'. — Leur portée est de $3^m,30$ et leur section totale de $0^m,20 \times 0^m,50$.

La charge au mètre courant, diminuée dans le même rapport que le moment correspondant, c'est-à-dire dans le rapport des portées, est :

$$1\,150 \times \frac{3.10}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3.1}{4,2}\right)^4} = 1\,115 \text{ kg}$$

Poids propre . . . . . 225 kg
$p = 1\,340$ kg par m.

$$M = \frac{1\,340 \times \overline{3.3}^2}{8} = 1\,825 \text{ kgm.}$$

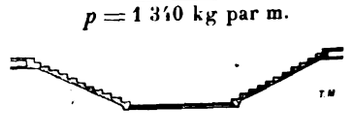


FIG. 3. — Coupe *c d* suivant les troisième et quatrième volées.

La section d'acier est donc donnée par la formule :

$$S = \frac{11\,825}{1\,200 \times 0,44} = 3 \text{ cm}^2\ 46.$$

L'armature sera composée de deux barres de 18 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section de 5 cm² 09.

Calcul des limons BD et B'D'. — Leur portée est de 3 m et leur section totale de $0^m,20 \times 0^m,50$.

Charge au mètre courant :

$$1\,105 \times \frac{2.10}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{2.1}{3.6}\right)^4} = 940 \text{ kg}$$

Poids propre . . . . . 225 kg
$p = 1\,165$ kg par m.

$$M = \frac{1\,165 \times 3^2}{8} = 1\,310 \text{ kgm}$$

$$S = \frac{1\,310}{1\,200 \times 0,44} = 2 \text{ cm}^2\ 48.$$

Digitized by Google

L'armature sera composée de deux barres de 18 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section de 5 cm² 09.

Calcul des limons AC et A'C'. — Leur portée est de 2m,40 et leur section totale de 0m,20 × 0m,50.

$$M = \frac{1\,165 \times \overline{2,4}^2}{8} = 842 \text{ kgm}$$

$$S = \frac{842}{1\,200 \times 0,44} 1 \text{ cm}^2 60.$$

L'armature sera composée de deux barres de 18 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section de 5 cm² 09.

Calcul des limons AF et A'F'. — Leur portée est de 3m,50 et leur section totale de 0m,20 × 0m,50.

Charge au mètre courant :

$$1\,173 \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3}{3,6}\right)^4} = 900 \text{ kg}$$

Poids propre . . . . . 225 kg

1 125 kg par m.

$$M = \frac{1\,125 \times \overline{3,5}^2}{8} = 1\,730 \text{ kgm}$$

$$S = \frac{1\,730}{1\,200 \times 0,44} = 3 \text{ cm}^2 28.$$

L'armature sera composée de deux barres de 18 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section de 5 cm² 09.

Calcul de la poutre palière BB'. — Sa portée est de 4m,50 et sa section totale de 0m,20 × 0m,23.

La charge se décompose de la façon suivante :

Charge au mètre courant, correspondant à la première volée : $1\,150 \times \frac{4,2}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{4,2}{3,1}\right)^4}$ . . . . 314 kg

Charge sur la poutre elle-même : 1 150 × 0,20. 223 kg

Charge au mètre courant, correspondant au palier intermédiaire :

$1\,025 \times \frac{2,5}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{2,5}{4,1}\right)^4}$ . . . . . 1 005 kg

Poids propre . . . . . 50 kg

$p = 1\,592$ kg par m.

$$M = \frac{1\,592 \times \overline{4,5}^2}{8} = 4\,040 \text{ kgm}$$

$$S = \frac{4\,040}{1\,200 \times 0,17} = 19 \text{ cm}^2 8$$

L'armature se composera de quatre barres de 26 mm en bas, d'une section totale de 21 cm² 24 et de deux barres de 18 mm en haut, d'une section totale de 5 cm² 09.

Calcul de la poutre palière AA'. — Sa portée est de 4m,50 et sa section totale de 0m,20 × 0m,31.

La charge totale s'obtient comme dans le cas précédent; elle est égale ici à 1 773 kg par m.

L'armature se composera de quatre barres de 22 mm eu bas, d'une section totale de 15 cm² 21 et de deux barres de 18 mm en haut, d'une section totale de 5 cm² 09.

Stabilité générale. — Les charges aux points AA' BB' se répartissent de la manière suivante :

1° En A et A' :

1 165 × 1,20	1 400 kg
1 125 × 1,75	1 970
1 773 × 2,25	3 990
483 × 1.80	870
Charge totale P	8 230 kg

2° En B et B' :

1 165 × 1,50	1 750 kg
1 340 × 1,65	2 200
1 592 × 2,25	3 590
483 × 1,80	870
Charge totale P'	8 410 kg

La charge P + P' = 16 640 kg, dans la nervure AB, donne 2 tensions (fig. 4), l'une horizontale de 37 500 kg dans le palier et l'autre oblique de 40 500 kg dans la troisième volée de l'escalier.

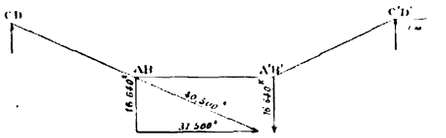


FIG. 4. — Composition des forces intervenant dans la stabilité générale de l'escalier.

La tension de 40 500 kg, qui est la plus forte des deux, nécessite une section d'acier de $\frac{40\,500}{1\,200} = 33 \text{ cm}^2 70$.

Nous armerons, comme nous l'avons expliqué dans l'équilibre général de l'escalier, le palier intermédiaire et les deux volées 3 et 4, à l'aide de vingt-quatre barres de 14 mm, donnant une section totale d'acier de 36 cm² 96.

Calcul des poutres palières AB et A'B'. — Leur portée est de 3m,60 et leur section totale de 0m,20 × 0m,31 (p = 483 kg par m.).

Le moment maximum dans la nervure est :

$$\frac{16\,640}{3,6} \times \frac{\overline{3,6}^2}{8} = 7\,500 \text{ kg.}$$

$$S = \frac{7\,500}{1\,200 \times 0,25} = 25 \text{ cm}^2.$$

L'armature se composera de deux barres de 40 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section totale de 50 cm².

Calcul des consoles du balcon de l'entresol, à l'arrivée des troisième et quatrième volées. — Leur portée est de 3m,20 et leur section totale de 0m,15 × 0m,40.

Elles supportent deux sortes de charges : la première est appliquée à leur extrémité et vient du limon BD, la seconde est une charge uniforme.

1° Charge à l'extrémité : 1 165 × 1,50. . . .	1 750 kg
2° Charge uniforme : charge correspondant à la 3e volée : $1\,105 \times \frac{3,6}{2} \times \frac{1}{1 + 2\left(\frac{3,6}{2,1}\right)^4}$	100 kg
Charge correspondant à l'escalier complet : $\frac{16\,640}{3,20}$	5 200 kg
Plancher : 1 250 × 0,65 (portion de plancher intéressée)	810 kg
Poids propre	100 kg
p = 6 210 kg par m.	

Le moment se décompose donc en deux parties.

La première correspond à la charge appliquée à l'extrémité :

$$M_1 = 1\,750 \times 3,10 = 5\,420 \text{ kgm.}$$

La seconde correspond à la charge uniforme répartie sur une poutre à un seul appui :

$$M_2 = 6\,210 \times \frac{\overline{3,2}^2}{2} = 31\,950 \text{ kgm.}$$

On a donc :

$$M = M_1 + M_2 = 37\,370 \text{ kgm,}$$

$$S = \frac{37\,370}{1\,200 \times 0,32} = 97 \text{ cm}^2 50.$$

L'armature se composera de huit barres de 40 mm en haut et en bas de la poutre, d'une section de 100 cm² 53.

Il convient d'indiquer que la maquette en bois réalisée d'après l'épure, le coffrage sur place avant coulage du béton et l'habillage des marches furent exécutés par les constructeurs Schmid, Bruneton et Morin.

Robert ALTERMANN,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Sur la résistance des sphères dans l'air en mouvement. — Quoique les sphères soient les corps dont la forme géométrique est la plus simple, on est encore très peu fixé sur la résistance qu'elles offrent à l'air en mouvement.

Les essais ont été effectués avec une balance spéciale, particulièrement sensible, ils ont porté sur trois sphères ayant pour diamètre $0^m,16$, $0^m,25$ et $0^m,33$, et placées dans un vent dont la vitesse variait de 2 m à 30 m par seconde.

Les valeurs du coefficient K (1) ont été déterminées pour chacune des sphères à différentes vitesses. Ces valeurs sont fortes aux petites vitesses et décroissent rapidement quand la vitesse augmente; à partir d'une certaine vitesse, elles restent à peu près constantes et deviennent alors très voisine du coefficient 0.011. La vitesse critique varie d'ailleurs avec le diamètre de la sphère et diminue quand ce diamètre augmente. Pour la sphère de 16 cm, elle est d'environ 12 m; elle tombe à 7 m pour la sphère de 24 cm et à 4 m pour celle de 33 cm.

Les courbes des valeurs du coefficient K, ainsi que les courbes de la résistance elle-même, sont très imprévues. Elles montrent que :

1° La loi du carré de la vitesse ne s'applique nettement que pour les vitesses supérieures à la vitesse critique, et ce n'est qu'au delà de celle-ci qu'elle est à la rigueur applicable, en donnant le coefficient à peu près constant 0,01;

2° La loi de similitude n'est pas toujours vraie; en effet, les trois sphères donnent des vitesses critiques tout à fait différentes;

3° Si l'on considère la résistance totale, on voit très nettement, pour la petite sphère surtout, qu'il y a une région où, quand le vent augmente, l'effort diminue, ce qui semble tout à fait paradoxal.

On a vérifié ces diverses conclusions en suspendant les sphères par des fils très fins et en observant leur déplacement par rapport à la verticale au moyen d'une lunette spéciale.

On peut se rendre compte de ces anomalies et constater qu'il existe bien deux régimes d'écoulement, en examinant la marche des filets autour de la sphère à l'aide d'un fil léger porté par une tige très mince. Au-dessous de la vitesse critique, il se forme à l'arrière un cône de dépressions, d'une longueur presque égale au diamètre de la sphère, et analogue à celui qui se produit à l'arrière des plaques frappées normalement par le vent. Au-dessus de cette vitesse critique, existe le nouveau régime pour lequel ce cône a disparu et se trouve remplacé par une région où l'air n'est relativement pas troublé.

Indépendamment de leur intérêt théorique, les considérations qui précèdent ont des applications dans la pratique. En effet, les sphères, fonctionnant à l'état de pendule, sont employées dans de nombreux appareils destinés à mesurer soit la vitesse du vent, soit celle même des aéroplanes.

(Note de M. *G. Eiffel*, présentée par M. H. Léauté. Académie des Sciences, 30 décembre 1912.)

Sur la résistance des sphères dans l'air en mouvement. — M. Eiffel a donné des résultats très intéressants pour la résistance rencontrée, à vitesse variable, par trois sphères de 16 cm 2; 24 cm 4 et 33 cm de diamètre. Ces résultats sont exprimés par les valeurs d'un coefficient K, égal à $R : SV^2$, où R est la résistance totale, S la surface diamétrale et V la vitesse. En chaque cas, il y a une *vitesse critique*, et M. Eiffel fait remarquer que la *loi de similitude* n'est pas toujours vraie; en effet, les trois sphères donnent des vitesses critiques tout à fait différentes.

D'après la loi de similitude dynamique, précisée par Stokes et Reynolds pour les liquides visqueux, K est une fonction d'une *seule* variable $\frac{\nu}{VL}$, où ν est la *viscosité cinématique*, constante pour un liquide donné, et L est la dimension linéaire, proportionnelle à $S^{\frac{1}{2}}$. Ainsi les vitesses critiques ne doivent pas être les mêmes dans les trois cas, mais inversement proportionnelles à L. En vérité, si nous changeons l'échelle des vitesses suivant cette loi, nous trouvons les courbes de M. Eiffel presque identiques, au moins quand ces vitesses ne sont pas très petites.

On ne sait si les écarts résiduels sont réels ou non. La théorie simple admet que les sphères sont polies, sinon que les inégalités sont proportionnelles aux diamètres, que la compressibilité de l'air est négligeable et que la viscosité cinématique est absolument constante. Si les résultats de l'expérience ne sont pas complètement d'accord avec la théorie, on devra examiner ces hypothèses de plus près.

(Note de *Lord Rayleigh*, Académie des Sciences, 13 janvier 1913.)

(1) La formule donnant la résistance totale est $R = KSV^2$ ou S représente la surface diamétrale, V, la vitesse, et K un coefficient numérique représentant la résistance unitaire.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Chemin de fer Métropolitain de Naples. — L'auteur, après avoir indiqué les origines du métropolitain, décrit le projet dernièrement approuvé par les bureaux compétents et qui a formé la base de l'acte de concession signé le 18 janvier 1912, par le ministre Sacchi et les représentants de la Société franco-italienne du chemin de fer métropolitain de Naples, Société anonyme au capital de 16 millions de francs.

Le projet comprend : 1° Une ligne métropolitaine, qui a son départ de Piazza Sannazzaro et son arrivée au Corso Garibaldi à côté de la gare du chemin de fer Circumvesuviana. Sur le parcours, on rencontre 15 stations, savoir : Piedigrotta, Quattro Stagioni, Amedeo-Grifeo, Vomero, Cariati, Chiaia, San Ferdinando, San Giacomo, Carita, Piazza Dante, Cliniche, Duomo, Tribunali, Piazza Garibaldi, Circumvesuviana. Les stations qui se trouvent à plus de 12 m au-dessous du niveau de la chaussée sont desservies les unes par des ascenseurs, les autres par des escaliers.

2° Une ligne suburbaine qui a sa station de départ à côté de la station métropolitaine Vomero. Cette ligne, après un bref parcours en galerie, arrive à ciel ouvert au Ponte di Soccavo, où on rencontre un branchement

La ligne principale suit la côte et arrive jusqu'aux Camaldoli à la cote de 452 m; l'autre suit en plate-forme indépendante la route Miano Agnano et arrive aux thermes d'Agnano. Des stations sont intercalées sur les parcours des deux lignes.

Les galeries sont toujours à double voie à écartement normal.

La ligne métropolitaine nécessitera plusieurs déplacements d'égouts et de conduites d'eau et de gaz tout le long de la Via Roma où presque tout le réseau des égouts est à refaire.

La ligne sera exploitée par des trains formés de trois voitures dont celles de l'extrémité seront motrices et de 2e classe; la remorque sera de 1re classe.

L'équipement électrique des voitures motrices comprend quatre moteurs : le système de commande du train est du type dit à unités multiples. Le courant est prévu pour une tension de 1 000 volts.

La dépense totale, non compris les dépenses accessoires d'administration, direction, etc., doit s'élever à 28 millions de fr environ.

(Communication de M. *U. Cassito*, Associazione Elettrotecnica Italiana, Naples, 5 juin 1912.)

CHIMIE

Le tannage au formol. — Les propriétés antiseptiques du formol sont connues depuis fort longtemps et elles ont été surtout mises en évidence par les travaux de Trillat.

L'application de ce produit au tannage des peaux est due à M. Payne et à MM. J. et E. Pullman (brevet anglais 2872 du 4 février 1898). — L'intérêt du brevet Payne et Pullman consistait dans l'adjonction au formol de carbonate de potasse ou de carbonate de soude ou encore d'alcalis faibles. D'après les auteurs, la présence d'un alcali était indispensable pour obtenir un résultat et déterminer la combinaison du formol et de la substance peau.

Cependant, R. Griffiths (Leather Trades Review, vol. XII, 1908) avait fait remarquer qu'un milieu acide, en présence de certains sels minéraux, favorisait également l'action de la formaldéhyde et il signalait, en particulier, qu'un mélange de formol et de bisulfite de soude ou de formol et d'alun donnait d'excellents résultats pratiques.

Digitized by Google

Il semblait donc déjà résulter de là que le carbonate de soude et le carbonate de potasse n'intervenaient pas dans la réaction comme alcalis.

On peut démontrer d'une manière indiscutable le rôle des sels minéraux et, en particulier, des carbonates alcalins, employés simultanément avec le formol.

L'auteur a effectué les deux séries d'expériences suivantes :

Série A. — Des morceaux de peaux de chèvres en tripe ont été suspendues pendant cinq heures dans des cuves plates contenant :

ÉCHANTILLON	
1.	1 litre solution à 800 gr CO^3K^2 par litre.
2.	1 — 400 —
3.	1 — 100 —
4.	1 — 50 —
5.	1 — 20 —
6.	1 litre eau pure.

Série B. — Des morceaux de peaux identiques aux précédents ont été suspendus pendant cinq heures dans des cuves plates contenant

ÉCHANTILLON		FORMOL NEUTRE
7. . . .	1 litre solution CO^3K^2 à 800 gr. par litre	+ 3 cm³
8. . . .	1 — — 400 —	+ 3
9. . . .	1 — — 100 —	+ 3
10. . . .	1 — — 50 —	+ 3
11. . . .	1 — — 20 —	+ 3
12. . . .	1 litre eau pure	+ 3

après cinq heures de contact les 12 échantillons de peau ont été retirés, essorés, sans lavage, avec du papier filtre et mis à sécher, sans aucune nourriture grasse.

La sèche a été d'autant plus rapide que les échantillons sortaient de solutions plus concentrées, elle est immédiate avec les solutions concentrées de carbonate de potasse.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Série A. — Les échantillons 1 et 2 présentent l'aspect d'un cuir blanc souple, à fibres parfaitement isolées.

L'échantillon 3 est un cuir blanc, moins souple, à fibres partiellement isolées.

Les échantillons 4, 5, 6 sont durs et transparents, leur dureté et leur transparence augmentant de l'échantillon 4 à l'échantillon 6.

Série B. — Résultats sensiblement identiques à ceux de la série A : Echantillons 7 et 8, cuirs parfaitement souples et blancs ; échantillons 9 et 10, cuirs blancs moins souples ; échantillons 11 et 12, peau dure et transparente.

Il résulte donc de là que l'isolement des fibres et la souplesse du cuir non nourri, autrement dit, l'aspect « cuir tanné » sont dus exclusivement à l'action du carbonate de potasse intervenant comme agent de déshydratation, aussi bien dans les cuirs tannés avec formol que dans les cuirs tannés sans formol.

Les carbonates alcalins interviennent donc dans le tannage au formol par les propriétés osmotiques de leurs solutions et non par leur caractère alcalin.

Si l'on soumet à l'action d'un courant d'eau froide pendant trois heures les 12 échantillons précédents, qu'on les essore et qu'on les fasse sécher à nouveau, on constate :

1° Que les 6 échantillons de la série A ont une tendance très accentuée à donner de la peau cornée et dure.

2° Que les 6 échantillons de la série B ont conservé l'aspect qu'ils avaient avant lavage,

On doit conclure de là que, dans un cuir tanné avec emploi simultané de carbonates alcalins et de formol, il y a lieu de distinguer deux actions :

a) Action de déshydratation, produite par le carbonate alcalin, ayant pour effet d'isoler les fibres les unes des autres et de donner la souplesse au cuir.

b) Action de tannage proprement dite produite par le formol et ayant pour effet de fixer, dans leur état, les fibres isolées par le carbonate alcalin et de les rendre insensibles à l'action de l'eau froide.

Les expériences décrites dans le cas des solutions de carbonate de potasse peuvent être répétées avec un certain nombre de solutions de sels minéraux à condition que les propriétés osmotiques de ces solutions soient suffisamment accusées.

On a d'ailleurs pu constater, qu'au point de vue pratique, les carbonates alcalins n'étaient pas les corps qui donnaient les meilleurs résultats.

(Communication de M. *Louis Meunier*, Association internationale des Chimistes de l'Industrie du Cuir, Francfort-sur-le-Mein, 1912.)

Electrolyse du chlorure de sodium dans l'industrie autrichienne. — Selon le procédé que l'on emploie, on peut obtenir par l'électrolyse du chlorure de sodium, soit de l'hypoclorite et du chlorate ou perchlorate, soit du chlore et de la soude caustique. Par l'action de ces deux derniers, on peut indirectement fabriquer de l'hypochlorite ; le chlorure peut également être employé à la préparation de chlorure de chaux. En Autriche, les produits les plus importants sont la soud caustique et le chlorure de chaux. La production de soude électrolytique est limitée par la quantié de chlorure de chaux correspondante. L'extension qu'a prise l'industrie électrochimique en Autriche est le corollaire des besoins croissants en chlorure de chaux, eux-mêmes, conséquence du développement de l'industrie des textiles et du papier. On y utilise environ 6 000 chevaux-vapeur pour l'électrolyse du sel, pour une production annuelle de 18 000 t de chlorures décolorants, en employant des procédés qui sont tous autrichiens : les systèmes Kellner (électrode de platine), Schucker (platine et charbon), Haas et Stahl (électrode de charbon). Mais la plus grande quantité du sel soumis à l'électrolyse n'est pas transformée en hypochlorite et reste à l'état de chlorure de sodium, qui est perdu dans la solution d'hypochlorite. La consommation de sel est considérable, et comme l'électrolyse doit être faite à une tension de 5 à 7 volts par compartiment, la dépense d'énergie est aussi très grande. Les procédés dans lesquels le chlore et la soude caustique sont recueillis séparément, travaillent plus rationnellement. Tandis que, par les premiers procédés, la consommation de sel pour 1 kg de chlore produit s'élève à 14 kg, elle n'est, par les seconds que de 3 kg ; la dépense d'énergie, 5,9 à 6,8 kwh pour les premiers, n'est que 2,6 à 4 kwh, pour les seconds. Sauf dans le cas de conditions économiques très favorables, ce sont les procédés de la deuxième catégorie qui sont employés dans la grande industrie, notamment : le procédé Kellner, le premier en date ; le procédé à cloches employé à la fabrique d'Aussig (cathode de fer, sans diaphragmes) ; le procédé Hargreares et Bird (à diaphragmes verticaux) ; le procédé Billite (à diaphragmes horizontaux). Les installations à cathodes de mercure (système Kellner) sont les plus coûteuses et exigent la tension la plus élevée, 4, 5 à 6 volts, mais fournissent une solution de soude caustique concentrée et exempte de sel, avec un rendement de courant de 95 °/₀ ; le procédé à cloches coûte moins cher d'installation, mais ne fournit la solution alcaline qu'à la concentration de 8 °/₀, avec un rendement électrique de 80 °/₀. Les procédés de Billiter ont un rendement de 92-96 °/₀, ils nécessitent, avec diaphragme, 3,5 à 4 volts ; sans diaphragme, 3,2 à 3,5 volts.

(Communication de M. *Billiter*. Oesterreichischer Ingenieur- und Architecterverein, Vienne, 22 novembre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

L'éclairement des nouvelles lampes électriques luminescentes. — Une étude expérimentale des nouvelles lampes électriques a été entreprise au Laboratoire central d'électricité, dans le but de déterminer leurs valeurs relatives d'éclairement, ainsi que leur action physiologique sur l'œil humain.

Les rayons ultra-violets de la lampe au mercure en quartz sans globe sont extrêmement dangereux, et occasionnent des conjonctivites terribles. Mais les enveloppes de verre usuelles arrêtent complètement ces rayons. Pour repérer l'action de rayons lumineux sur l'œil, on considère la réaction défensive de cet organe, représentée par la constriction de la pupille, ainsi que la fatigue révélée par la production et la durée de l'image accidentelle. Cette dernière se produit sous forme d'image du point lumineux conservée de 30 à 40 secondes après la disparition de l'éclairement.

L'ultra-violet augmente la constriction pupillaire, marque de fatigue visuelle. Il impressionne la rétine, tout en agissant très peu sur la durée de l'image accidentelle.

Quant à la lampe au néon, son éclat et son éclairement relatif sont très difficiles à déterminer, car elle émet des radiations rouges,

Digitized by Google

couleur produisant les phénomènes de Dalton et de Purkinje. C'est ainsi que les essais de détermination photométrique de l'éclairement d'une lampe au néon, faits au Laboratoire central, ont donné des chiffres variant entre 62 et 220 bougies, selon les opérateurs, pour une même source lumineuse. Si l'éclat ne peut être par suite déterminé numériquement, les essais ont toutefois nettement établi que la lumière au néon donne une meilleure acuité visuelle que la lumière blanche pour les éclairements supérieurs à 4 lux. La lampe au néon est également très bonne au point de vue physiologique, car elle détermine très peu de constriction pupillaire et ne produit que difficilement des images accidentelles. Son seul défaut est un papillottement auquel il sera sans doute remédié.

Ces essais ont en outre démontré la nécessité d'employer le photomètre le plus simple pour la comparaison des lumières très différentes. En effet, en lumière hétérochrone, l'utilisation d'un phénomène physiologique complexe (contraste, examen d'une petite plage enveloppée par une plage de comparaison) ne peut donner des résultats constants, ainsi que l'a prouvé l'expérience ci-dessus. Pour la photométrie des sources luminescentes industrielles, la comparaison des grandes plages du photomètre Ritchie est beaucoup plus précise.

(Communication de M. *Broca*, Société internationale des électriciens, 12 février 1913.)

La télégraphie et la téléphonie au Congrès de Versailles. — Dans des circonstances telles qu'une élection présidentielle, l'administration des postes a une tâche considérable à remplir; la ville de Versailles ne possède qu'un service très ordinaire, et une installation de fortune a été nécessaire pour écouler l'avalanche des 192 000 mots transmis télégraphiquement pendant l'après-midi du Congrès. A cet effet, un bureau avait été installé dans le Palais même, et équipé au moyen des voitures servant aux manœuvres d'armée, et de systèmes octuples Baudot. Des lignes spéciales permettaient de correspondre directement avec Paris-Central, Bourse et Poissy, les ministères, les journaux, ainsi que Londres, Marseille, Lyon, Bordeaux et Brest. Ces deux dernières lignes étaient destinées au service des câbles transatlantique qui ont leurs attaches dans ces ports.

Le moindre retard étant facilement décelé dans une telle occasion, l'administration avait pris dans tous les bureaux les mesures nécessaires pour assurer la priorité des communications relatives au Congrès; c'est ainsi que la durée moyenne d'écoulement des télégrammes de presse n'a pas dépassé huit minutes. Quant aux télégrammes transatlantiques, ils ont établi d'intéressants recorts : cinq minutes pour réception à Pernambouc (viâ Dakar) et quatre minutes pour New-York, à partir du moment de dépôt à Versailles.

En outre, 1 600 communications téléphoniques ont été établies normalement par fils spéciaux.

(Communication de M. *Tangas*, Société internationale des électriciens, 12 février 1913.)

De la législation Italienne sur les conduites électriques. — Le Gouvernement italien vient de nommer une Commission pour étudier des modifications aux lois qui règlent à présent en Italie les conduites électriques, soit pour la distribution de l'énergie, soit pour les communications télégraphiques et téléphoniques.

L'auteur expose les inconvénients de la législation actuelle et ensuite les modifications qui sont devenues nécessaires; entre autres, des procédés plus rapides, — une définition bien arrêtée de l'indemnité aux propriétaires des biens fonds et des maisons, — des règles techniques qui doivent être déterminées d'une manière unique, — des limitations des droits des communes, qui sont à présent mal déterminés et qui, selon certaines interprétations aboutiraient à un véritable monopole.

Enfin l'ingénieur Borghi propose que la nouvelle loi contienne seulement les principes fondamentaux et qu'on institue un Conseil d'électricité auquel devront être soumises les questions spéciales concernant l'installation des conduites et la coexistence de différentes conduites, puisque ce sont là des questions qui, à cause des progrès de la technique, se présentent sous des aspects toujours différents, de manière que ni la loi ni un règlement ne peuvent les prévoir d'une manière suffisante.

(Communication de M. *M. Borghi*, Associazione Elettrotecnica Italiana, Gênes, 19 octobre 1912.)

HYGIÈNE

Désinfection par le formol. — Les différents appareils de désinfection par le formol sont tous basés sur le même principe : dans une chambre de désinfection en fer forgé, on fait un vide de 600 mm environ, au moyen d'une pompe ou d'un éjecteur, puis on y introduit des vapeurs d'eau et de formaldéhyde à une température maintenue entre 50 et 70°; on se sert ordinairement d'une solution de formol à 8 °/₀; l'aldéhyde est généralement récupérée au moyen d'un condenseur annexé à l'appareil. Les avantages de la méthode de désinfection par le formol consistent surtout en ce qu'elle permet de stériliser des objets tels que livres, fourrures, cuirs, plumes, papiers, etc., qui seraient détériorés ou détruits par la vapeur d'eau à 100°. L'action antiseptique n'est pas inférieure à celle de la vapeur d'eau, qu'on emploie habituellement.

Voici quelques résultats obtenus avec l'un de ces appareils, celui de *Rubner*.

La désinfection des livres, dès qu'il s'agit d'une quantité considérable, est très difficile à effectuer, à cause du petit nombre d'agents désinfectants qui ne les détériorent pas, et de la difficulté qu'on éprouve à les faire pénétrer à l'intérieur des livres. Même pour une grande quantité de volumes, la destruction des germes les plus résistants est complète après un traitement d'une heure dans l'appareil de Rubner, sous un vide de 550 à 600 mm, et à une température de 60-65°, avec une solution de formol à 8 °/₀. Les germes sur lesquels portait l'épreuve se trouvaient soient à l'intérieur des livres, soit entre deux volumes superposés. La disposition dans l'étuve importe peu, pourvu que les livres ne soient pas trop serrés; il est bon de les recouvrir d'une toile pour les protéger de la chute des gouttes d'eau de condensation. Le papier, ainsi que la reliure de cuir n'ont pas été endommagés.

Des essais ont été faits sur des billets de banque, provenant des régions d'Extrême Orient contaminées par la peste; ces billets ont été introduits dans l'appareil de Rubner tels qu'ils arrivaient, ficelés et empaquetés dans des boîtes de fer-blanc ou des sacs de toile; on s'est contenté de faire des entailles dans les boîtes et les sacs, pour faciliter l'accès des vapeurs d'aldéhyde formique. La désinfection a été parfaite, sans détérioration des billets.

Ce mode de désinfection est particulièrement indiqué pour les manuscrits de valeur, pièces d'archives, etc., ayant passé par les mains de malades atteints de maladies contagieuses.

(Communication de M. *Ditthorn*, Royal Institute of Public Health, 25-28 juillet 1912.)

MÉCANIQUE

Les indicateurs. — Même quand on s'en sert avec beaucoup de soin, l'indicateur est un appareil sujet à des erreurs systématiques au sujet desquelles on n'a pas de renseignements complets. Des recherches ont été faites dans ce but par l'auteur, qui disposait à cet effet des laboratoires annexés à l'Ecole des ingénieurs mécaniciens qui fait partie de l'Université de Birmingham. On a basé sur des essais effectués, au moyen de l'indicateur, des théories relatives au refroidissement des parois des cylindres des moteurs à gaz, ou à l'état d'équilibre instable de la vapeur au cours de la détente dans les cylindres de machines à vapeur. L'auteur établit que l'indicateur est sujet à des erreurs d'un ordre tel que l'on ne peut baser aucune théorie sérieuse sur les résultats auxquels conduit son emploi.

On s'est très peu préoccupé jusqu'ici de cette question. On a donné (Reynolds 1885) une formule du mouvement d'un crayon sans tenir compte des perturbations dues à l'état d'humidité de la pointe : cette formule ne peut convenir pour la correction d'un diagramme d'indicateur ordinaire. Reynolds a également indiqué une méthode pour mesurer l'importance du frottement en employant un léger ressort. On a généralement admis, d'après cet auteur, que la résistance du crayon au frottement est indépendante de la nature du ressort et de la pression exercée sur le piston. En réalité, ce frottement a une importance beaucoup plus grande. Le Dr Meyer, de Berlin, a fait entrer en ligue de compte la considération de l'humidité dont l'influence est proportionnelle à la vitesse du crayon.

Les deux principales causes des erreurs auxquelles donne lieu l'emploi de l'indicateur sont les suivantes :

1° La pression indiquée peut ne pas être celle qui correspond à la pression régnant dans le cylindre du moteur, erreur due au frottement ou à l'inertie des organes mobiles, quelquefois à ces deux causes simultanément;

2° La position du tambour peut ne pas correspondre à celle du piston, erreur due à l'allongement de la ficelle ou à la dilatation des autres organes de commande de l'indicateur.

Digitized by Google

Dans les essais auxquels a procédé l'auteur, il employait un indicateur de moteur à gaz système Crosby, du type à ressort intérieur muni d'un mécanisme de commande du crayon renforcé. Cet instrument diffère de l'indicateur Crosby pour machine à vapeur par le diamètre du piston ; quand on emploie les deux instruments l'un pour l'autre, on doit modifier l'échelle des ressorts. L'auteur a étudié successivement, en détail, toutes les causes d'erreurs précitées, et il est arrivé à cette conclusion qu'elles avaient sur les résultats des essais une influence considérable.

(Communication de M. *J. G. Stewart*, Institution of Mechanical Engineers, 17 janvier 1913.)

MÉTALLURGIE

Sur les alliages d'aluminium et de vanadium. — Pour obtenir ces alliages, on a employé la méthode alumino-thermique. L'aluminium ne contenait comme impuretés que 0,11 °/₀ de silicium et 0,40 °/₀ de fer, L'acide vanadique a été préparé au moyen de métavanadate d'ammoniaque plusieurs fois cristallisé. Les creusets dans lesquels s'effectuaient les réactions étaient brasqués à la magnésie.

Jusqu'à 10 °/₀ de vanadium environ, ces alliages sont encore malléables. Dès 20 ou 25 °/₀ de vanadium, on peut les pulvériser au mortier. La dureté de ces alliages va en augmentant avec la teneur en vanadium jusqu'au composé Al^3V et même au delà. Entre 60 et 80 °/₀ la dureté diminue.

(Note de M. *Nicolas Czako*, présentée par M. H. Le Châtelier, Académie des Sciences, 14 janvier 1913.)

Grossissements normaux pour les micrographies. — Il paraît opportun aux auteurs de cette note de faire adopter des grossissements normaux pour les recherches micrographiques. Ces grossissements normaux devraient être peu nombreux, mais en nombre suffisant pour permettre l'obtention de bonnes épreuves photographiques d'ensemble et tous les détails que l'on pourrait désirer. La Commission d'Etude des alliages avait employé des grossissements échelonnés de 10 à 1 000 fois ; d'autre part, quelques chercheurs ont eu recours à des grossissements atteignant 2 000 fois ; une entente paraît donc désirable, bien que certains cas particuliers justifient l'emploi de grossissements spéciaux.

(Communication de MM. *M. T. Lothrop* et *C. R Bulley*, VI[e] Congrès international de l'Association internationale pour l'étude des méthodes d'essais des matériaux de construction, tenu à New-York en septembre 1912.)

Impuretés solides non métalliques contenues dans l'acier ou « sonims ». — Un fragment de brique noyé dans le métal est un corps étranger et non un « Sonim » et les gaz ne rentrent pas non plus dans cette définition. Les « Sonims » peuvent être considérés comme étant normalement constitués par des impuretés qui se séparent de l'acier au moment de passer dans les crasses ; on n'étudiera jamais à fond en examinant des aciers finis. On peut les ranger en deux catégories comprenant l'une les impuretés nuisibles, l'autre les impuretés inoffensives. L'auteur a pu obtenir un acier extraordinairement cassant en ajoutant à la charge à la fin de l'opération 0,3 °/₀ de ferro-silicium, et en supprimant l'addition de manganèse ; la silice et l'oxyde de fer restaient ainsi intimement mélangés au fer. L'auteur a cherché à éliminer les « Sonims » au moyen de divers procédés brevetés dont plusieurs sont fondés sur des méthodes connues depuis longtemps des aciéristes ; un métal qui satisfait ordinairement aux essais imposés aux aciers de construction, et qui ne se montre cassant ni au laminage ni au forgeage, peut être considéré comme exempt de « Sonims » ; ceux qu'il peut contenir se présentent sous la forme de globules visibles au moment de la solidification du lingot.

(Communication de M. *H.-D. Hibbard*. VI[e] Congrès international de l'Association internationale pour l'étude des méthodes d'essais des matériaux de construction tenu à New-York, en septembre 1912.)

Les inclusions de scories. — On a reproché à ce titre son inexactitude parce que les particules de sulfure de manganèse qui existent dans certains cas ne peuvent pas être comprises sous la dénomination de scories. Il est cependant préférable au terme de « Sonims » adopté par M. H.-D. Hibbard, qui l'a formé au moyen des premières lettres de l'expression anglaise « Solid non metallic impurities in steel ». Cette appellation n'a aucune signification par lui-même, car les inclusions affectent rarement l'état solide ; de plus, M. Hibbard considère arbitrairement les sulfures comme non métalliques et le phosphure de fer comme métallique. Le D[r] Rosenhain a fait quelques essais isolés sur des sulfures et sur des silicates de manganèse et de fer ; M. D.-M. Lévy a étudié ces composés qui devraient faire l'objet de recherches ultérieures visant surtout leurs mélanges ou alliages, ainsi que la solubilité de ces corps et des oxydes de fer dans le fer aux différentes températures.

(Communication du D[r] *W. Rosenhain*, VI[e] Congrès international de l'Association internationale pour l'étude des méthodes d'essais des matériaux de construction tenu à New-York, en septembre 1912).

MINES

Le procédé de flottage Wood. — Les sulfures ont tendance à flotter et les oxydes ont tendance à couler. En déposant, avec certaines précautions, à la surface d'une nappe d'eau courante, un minerai broyé et sec, on obtient une concentration des sulfures à la surface du liquide sous forme d'une mince pellicule.

M. Wood inventa trois types de machines pour recueillir cette pellicule de minerai, l'arrivée du minerai est la même dans les trois machines.

Dans le *type A* (fig. 1) le minerai broyé arrive dans une trémie A d'où il tombe sur une plaque B animée de 500 vibrations par minute. De là, le minerai tombe sur la nappe d'eau qui coule sur la surface plane C inclinée à 7°. La pellicule de sulfure se maintient à la partie supérieure de l'eau contenue dans la cuve D et elle se trouve entraînée

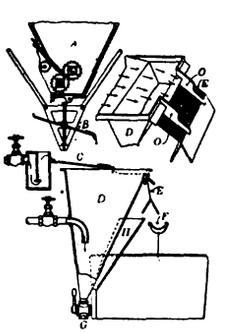


FIG. 1.

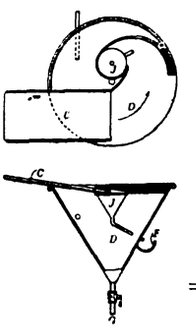
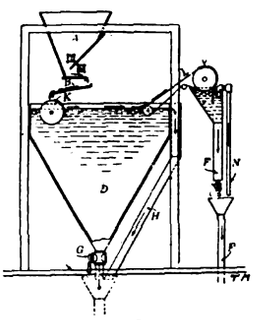


FIG. 2.



G. 3.

vers le tamis presque vertical E, où elle est débarrassée de son eau. L'eau est recueillie en H.

Dans le *type B* (fig. 2), le minerai arrive par le plan C dans la cuve conique D, où l'eau reçoit un mouvement tourbillonnaire La pellicule de sulfure est dirigée vers un entonnoir J dont l'orifice de sortie pénètre dans les parois de la cuve. Les concentrés sont recueillis dans le couloir F.

La capacité d'une cuve de 1[m],50 de diamètre dépasse 500 kg à l'heure avec un minerai broyé au tamis 20 et convenant à ce genre de concentration. Il passe toujours un peu de gangue avec le concentré.

Le *type C* (fig. 3) est celui qui a donné les meilleurs résultats : le minerai broyé aux tamis 20 à 40 tombe de la trémie A sur la plaque vibrante B, puis sur un cylindre K recouvert de toile ou de caoutchouc ondulé et tournant dans l'eau. La pellicule traverse ensuite la cuve et est reprise par une courroie sans fin L. L'eau, en retournant à la cuve, entraîne avec elle les particules de gangue qui se sont mélangées aux sulfures. Lélimination de la gangue est complétée par un lavage à l'eau propre à l'extrémité de la courroie L.

La concentration des sulfures est meilleure lorsqu'ils sont fraîchement broyés que lorsque le broyage date de plusieurs jours. Cela est surtout vrai avec les sulfures de cuivre qui donnent l'oxyde, mais non avec les sulfures complexes contenant, par exemple, de la galène et de la blende non magnétique.

Le flottage des sulfures de cuivre diminue avec la teneur en soufre.

La plupart des minerais magnétiques coulent, ce qui permet une séparation de la chalcopyrite et de la blende magnétique.

Le procédé réussit particulièrement bien avec les sulfures de cuivre, plomb, argent, antimoine, bismuth, mercure, arsenic, molybdène, zinc, fer, nickel, etc., ainsi qu'avec les tellurures, le graphite, l'or et le platine.

L'appareil normal pèse 450 kg ; son encombrement est de 1[m].20 × 1[m],50 et 1[m].80 de haut La force motrice nécessaire est de 1/4 ch. La consommation d'eau est moindre que dans les laveries ordinaires.

(Communication de M. *H. Wood*. American Institute of Mining Engineers, novembre 1912.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Stabilité des aéroplanes (Dispositif pour assurer automatiquement la) — On sait que la stabilité longitudinale d'un aéroplane serait assurée si l'on pouvait donner à l'appareil une vitesse dans le vent absolument constante.

Un nouveau dispositif, permet d'obtenir ce résultat en mettant automatiquement le gouvernail de profondeur à la descente lorsque la vitesse de l'appareil dans le vent diminue et inversement en le mettant à la montée, lorsque cette vitesse augmente.

La figure 1, donne le schéma d'un gouvernail de profondeur pourvu du dispositif; et la figure 2 donne un schéma du montage de ce gouvernail sur un aéroplane.

Le dispositif consiste en un ressort *a* en métal, caoutchouc, ou encore à air comprimé, dont l'élasticité est sensiblement constante dans les limites de son emploi (un ressort très long par exemple). Ce ressort *a* est fixé par l'une de ses extrémités en un point fixe *b* du fuselage, et à son autre extrémité au gouvernail de profondeur *c*. Le point d'attache *d* du ressort sur le gouvernail de profondeur est choisi de telle sorte que le bras de levier *e* de la traction exercée par le ressort, par rapport à l'articulation *f* du gouvernail, augmente rapidement avec l'incidence.

Dans ces conditions, l'équilibre est obtenu

Fig. 1.

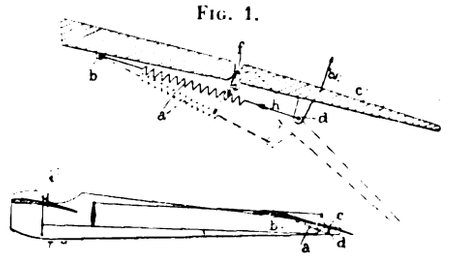


Fig. 2.

lorsque le couple dû à la poussée *g* qui est exercée par l'air sur le gouvernail, est égal et contraire au couple dû à la traction *h* du ressort.

Si l'on suppose qu'à un moment donné, pour une cause quelconque, la vitesse dans le vent diminue, *g* va diminuer, le gouvernail sous l'effort de la traction du ressort va donc s'abaisser et comme le bras de levier *e* du ressort augmente rapidement, sa tension restant constante, il s'ensuit que l'équilibre du gouvernail ne pourra être réalisé que pour une poussée *g* de l'air plus grande que précédemment et obtenue par une incidence plus grande du gouvernail de profondeur.

Donc à chaque diminution de vitesse du vent relatif correspond automatiquement une position du gouvernail telle que son action tende à faire piquer l'appareil vers l'avant. Les phénomènes inverses se produisent lorsque la vitesse du vent relatif augmente.

Ce dispositif peut être employé seul (fig. 1) ou combiné avec les commandes ordinaires du gouvernail de profondeur (fig. 2); le dispositif agit alors en tirant sur les bras du pilote. On peut encore interposer le dispositif dans les commandes elles-mêmes en y introduisant une partie élastique. Le même principe d'équilibrage automatique peut s'appliquer au rétablissement de l'équilibre latéral en commandant par exemple le gauchissement et le gouvernail vertical. Pour la commande automatique du gauchissement, on peut utiliser le dispositif représenté figure 3 qui est absolument analogue à celui décrit précédemment pour le gouvernail de profondeur. Cependant il peut être préférable pour faciliter l'exécution, de réunir les câbles de gauchissement *i* d'une aile à un câble *j* fixé à l'extrémité d'un levier *k* (fig. 4). Ce levier *k* est soumis à l'ac-

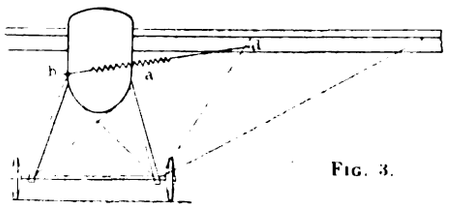


Fig. 3.

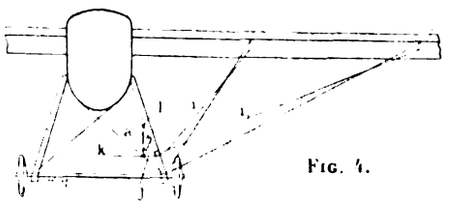


Fig. 4.

tion du ressort *a* relié à un point fixe *l* choisi de façon que le bras du levier augmente rapidement quand l'incidence augmente, c'est-à-dire quand la vitesse du vent relatif pour l'aile considérée diminue.

Cette commande automatique peut être combinée comme précédemment à la commande actionnée par le pilote.

(*A.-J.-A. Deperdussin*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 442815, 22.IV.12.)

AUTOMOBILES

Compensation funiculaire des efforts accidentels se produisant dans la suspension des véhicules. — La présente invention a pour but un système particulier de compensation destiné à répartir sur l'ensemble des ressorts du véhicule la charge supplémentaire qui est imposée

Fig. 1.

à l'un d'eux, lorsque l'une des roues de l'essieu correspondant est soumis à un brusque déplacement provenant par exemple de la rencontre d'un obstacle. Cette compensation s'opère par un double système funiculaire, symétrique par rapport à l'axe longitudinal du châssis et se combinant avec des leviers articulés et des molettes de renvoi assurant le jeu des câbles qui solidarisent respectivement les extrémités cor-

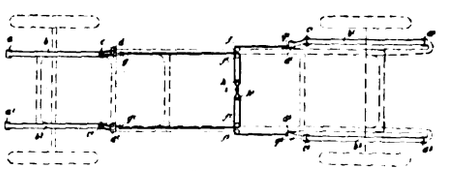


Fig. 2.

respondantes des ressorts disposés du même côté du véhicule.

La figure 1 représente en élévation un châssis de voiture muni de ce système de compensation funiculaire. La figure 2 en est une vue correspondante en plan.

Chacun des quatre ressorts est relié directement au châssis par l'une de ses extrémités *a*, a^1, a^2, a^3. Il est solidaire du train de roues par son milieu *b*, b^1, b^2, b^3, et est articulé par son autre extrémité *c*, c^1, c^2, c^3, à un levier à deux branches *d*, d^1, d^2, d^3, dont l'angle a été convenablement déterminé pour éviter l'équilibre instable du système. Le centre d'articulation du levier est solidaire du châssis du véhicule.

Sur chaque côté du châssis se trouve fixé un support *e*, e^1, portant deux poulies à gorges *f*, f^1 et f^2, f^3, montées sur billes et dont les axes ont une inclinaison convenable.

Un câble flexible réunit les extrémités *g* et g^1 des leviers doubles *d*, d^1 en passant, d'une part sur les poulies à gorge *f* et f^1, et d'autre part sur la poulie *h*, plus rapprochée du centre du véhicule.

Un autre câble allant de g^2 à g^3, passe sur les poulies f^2 et f^3 et sur h^1.

Les deux poulies à gorges *h* et h^1 sont réunies par une chape double *i* tenant leurs axes et dont la longueur peut être réglée à volonté par un mécanisme remplissant l'office de tendeur.

Le véhicule étant en ordre de marche, il se produit sur les câbles une tension d'équilibre pour une position déterminée. Cette tension se trouve être sensiblement la même pour les deux câbles, cela résultant du système même de leur conjugaison.

Si l'une des roues rencontre un obstacle, elle se soulève de la hauteur dudit obstacle, provoque, par l'action de son ressort sur l'extrémité du levier à deux branches correspondant, un effort qui se transmet, par le câble, aux trois autres leviers, lesquels font travailler en même temps les trois autres ressorts.

Il en résulte une réduction considérable de la fatigue individuelle des ressorts, d'une part, et une diminution dans la perturbation que l'obstacle, par un seul ressort, aurait transmise au châssis.

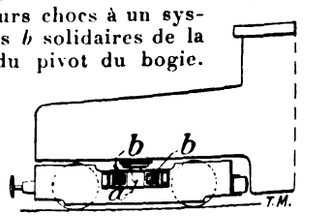
Les poulies à gorges peuvent être maintenues à l'abri dans une gaine formant entretoise du châssis. Le câble peut être remplacé, dans les parties passant sur les poulies, par des chaînes.

L'ensemble peut être combiné avec des dispositifs de freinage ou des amortisseurs pneumatiques ou à ressorts, pour atténuer les oscillations.

(*Société des Etablissements Malicet et Blin*. Brev. fr., cl. 10, n° 442642, 17.IV.12.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Bogie pour locomotives. — Les tampons de choc sont placés sur le châssis du bogie et transmettent leurs chocs à un système de ressorts *b* solidaires de la crapaudine *a* du pivot du bogie. Pour protéger le pivot dans le cas d'un choc trop violent, un système de butée permet de transmettre le choc au châssis de la locomotive.

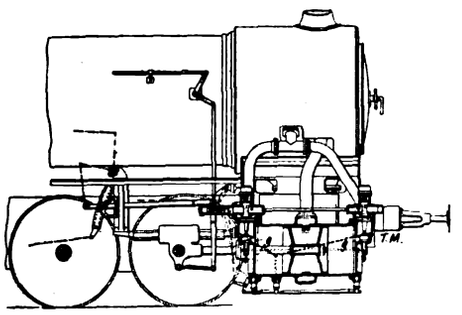


(*Allgemeine Electricitäts Gesellschaft*, Berlin. Brev. all., cl. 20 d, n° 254299, 27.X.11.)

Machine à vapeur réversible. — Les organes d'admission équilibrés sont uniquement commandés par un système de coulisses, tandis que l'échappement se produit par des rainures

Digitized by Google

dont l'ouverture est commandée par le piston. Les grands espaces nuisibles nécessaires à la



marche des machines « équicourant » sont ménagés dans le piston.

(*Johann Stumpf*. Charlottenburg. Brev. all., cl. 14 a, n° 254545, 16.VI.08.)

CHIMIE

Acide citrique. — Pour le concentrer, on le fait arriver dans une colonne, au sommet de laquelle se déverse de l'acide sulfurique.

Un peu en dessous de l'ouverture d'admission de l'acide sulfurique, on fait arriver de l'acide azotique faible.

A la partie inférieure de la colonne, on envoie de la vapeur surchauffée. On recueille dans le haut de la colonne de l'acide nitrique concentré.

(*Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft*. Gelsenkirchen. Brev. amér., 1 031 865, 9.VII.12.)

Alumine (Extraction des feldspaths). — On extrait la potasse et l'alumine des feldspaths, en chauffant un mélange de feldspath et de carbonate de chaux, de façon à former un silicate de chaux insoluble et à volatiliser le carbonate de potasse.

On ajoute un alcali, on fait bouillir, il se forme un aluminate alcalin soluble.

(*American-Acid C°*, Baltimore. Brev. amér., n° 1 035 812, 13.VIII.12.)

Ammoniac (Production synthétique du gaz). — Ce procédé est caractérisé par l'emploi du tungstène ou d'un de ses alliages comme catalyseur.

(*Société générale des Nitrures*, Paris. Brev. all., cl. 12 k, n° 254934, 3.VIII 11.)

Caoutchouc (Procédé pour conserver leur élasticité aux objets en). — Si on enduit le caoutchouc de terpinol, il ne durcit pas et ne devient pas cassant, ce produit lui conserve ses propriétés de solidité et d'élasticité. On obtient les meilleurs résultats en employant une émulsion de 3 à 5 °/₀ de terpinol dans l'eau.

(*C. Beyer*, Allemagne. Brev. fr., cl. 14, n° 442331, 9.IV.12.)

Chlorure d'ammonium (Fabrication du). — Sur 33,6 parties de chlorure de sodium, on fait agir 37,9 parties de sulfate d'ammonium à une température de 85° C. On opère dans une solution renfermant pour 100 parties d'eau, 33,3 parties de chlorure d'ammonium, 26,2 parties de sulfate de sodium anhydre, et 4,5 parties de chlorure de sodium.

On ajoute un excès d'eau, puis, par refroidissement, on sépare le sulfate de sodium formé. Il se dépose des cristaux de chlorure.

(*F. A. Freeth* et *H.-E. Cocksedge*, London. Brev. amér., n° 1 035 696, 13.VIII.12.

Nitrates (Fabrication des). — On fait agir de l'acide azotique à 35 °/₀ sur des chlorures alcalins ou alcalino-terreux.

On maintient autant que possible la concentration de la solution azotique. On opère à une température de 80° et sous une pression inférieure à 300 mm de mercure.

On amène les vapeurs en présence d'un chlorure solide.

(*P. A. Guye*, *G. Darier* et *A. Van Vlotten*. Brev. amér., n° 1 036 611, 27.VIII.12.)

Or (Imitation des feuilles d'). — On obtient une imitation des feuilles d'or à l'aide d'un mélange de fulmicoton, de gomme laque, de colle, d'alcool, de bronze en poudre et d'un alliage d'or.

(*J. G. Potter*, Brooklyn [New-York]. Brev. amér., n° 1 023 960, 29.IV.12.)

Oxydation des métaux alcalins (Procédé d'). — L'invention consiste en l'application nouvelle de l'ozone qu'on dilue à l'oxydation des métaux alcalins; cette application permet l'oxydation de ces métaux suivant des degrés variables allant de l'oxydation la plus simple à la superoxydation la plus élevée.

(*Société anonyme des Usines de Rioupéroux*, Isère, Brev. fr., cl. 14, n° 440588 6.V.11.)

Peaux (Durcissement et imperméabilisation des). — Après épilage, on fait passer les peaux dans un bain formé d'acétate d'amyle et d'acétone; on ajoute ensuite une solution de celluloïd dans l'acétate d'amyle et l'acétone; finalement, on ajoute une solution alcoolique de gomme laque.

(*K. Hartmann*, à Berlin. Brev. amér., n° 1 016 407, 5.II.12.)

Produit extincteur d'incendie. — Ce produit, dénommé uptodaline, est composé de la façon suivante :

Bicarbonate de soude	534 gr
Azotate de soude	90
Azotate de potasse	27
Talc.	333
Phosphate de fer	16

(*F. Goujon* et *S. Dufour*. Brev. fr., cl. 7, n° 442 265, 6.IV.12.)

ÉLECTRICITÉ

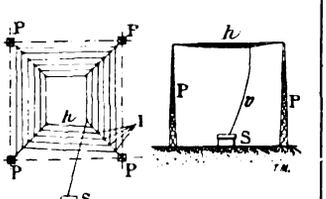
Alliage de fer destiné à être employé dans les dynamos électriques. — Le fer, exempt de silicium, de manganèse et de phosphore, est mélangé à 1 °/₀ de cuivre.

(*Walter Bübel*, Westend b. Berlin. Brev. all., cl. 21 g, n° 254 865, 7.VI.11.)

Ampèremètre thermique pour haute fréquence. — Il est constitué par un faisceau de fils thermiques plats, disposés symétriquement sur le pourtour d'un cylindre et contribuant tous par leur dilatation à produire la rotation de l'aiguille. (Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 2 (15 juillet 1912), p. 69).

(*Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 442445, 11.IV.12.)

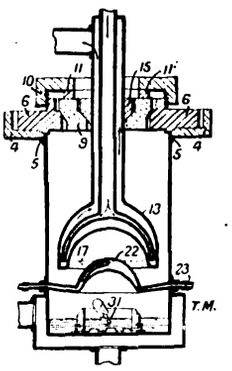
Antennes pour stations de télégraphie sans fil avec générateurs de courant à haute fréquence — Les conducteurs se composent de deux parties, une partie active verticale *v* et une partie horizontale *h* qui ne sert qu'à augmenter la longueur d'onde. Cette partie horizontale a la forme d'une spirale plane.



(*Emile Girardeau*, Paris. Brev. all., cl. 21 a, n° 254347, 26.X.11.)

Appareils électriques à vapeurs métalliques. — Une ou plusieurs anodes solides, et une cathode liquide sont placées à proximité pour éliminer la partie lumineuse de la colonne de vapeur et une partie de la chute de tension qui se produit toujours dans le voisinage de la cathode.

La distance entre les électrodes peut être de 12 mm pour deux 1/2 ampères et de 100 mm pour 120-130 ampères. La chute totale de tension est alors réduite à 8 volts; la chute de tension entre deux électrodes placées à des distances habituelles étant habituellement de 14 volts. L'anode peut être une double coupe renversée 13, contenant une seconde double coupe à travers laquelle l'eau froide arrive par deux ou plusieurs tuyères inclinées 17 et coule tout autour du fond de l'anode.



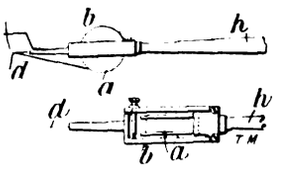
Entre les électrodes est un dispositif de refroidissement comprenant une coupe renversée 22 et des conduits 23. L'emploi de ce dispositif augmente la distance possible entre les électrodes.

La cathode a la forme d'un water-jacket.

Une anode 31 sert pour la mise en marche de l'appareil. Elle comprend une tige placée sur un arbre creux horizontal qui peut être tourné de l'extérieur de l'appareil. L'eau passe à travers l'arbre et une partie de la tige. L'appareil est fermé au moyen d'une boîte 5, des anneaux 4 et 6 ajustés par biseaux, et une partie isolante est pressée vers la partie inférieure par une vis 10 et une garniture 11.

(*P.-C. Hewitt*, New-Jersey. Etats-Unis. Brev. angl., cl. 39, n° 21 827, 3.IX.11.)

Appareil servant à placer les filaments métalliques de lampes à incandescence sur leurs supports. — Le tambour *a* sur lequel est enroulé le filament peut tourner à l'intérieur d'un support *b* solidaire d'une poignée *h*. Un œillet *d* sert à guider le filament.



(*Deutsche Gasglühlicht Aktiengesellschaft* (*Auergesellschaft*), Berlin. Brev. all., cl. 21 f, n° 254327, 13.VIII.11.)

Balais de dynamo. — L'air refroidissant est obligé de passer à travers un bras creux *a* et une partie tubulaire *b*, puis dans une cavité *e* disposée dans la boîte du balai; il passe ensuite dans les rainures *h* (fig. 2) et arrive sur la surface des balais *c* en contact avec le commutateur *f*.

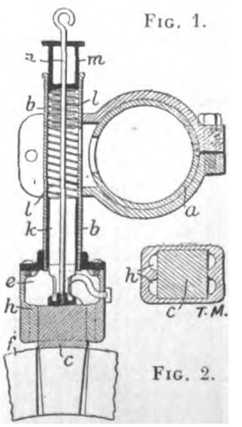


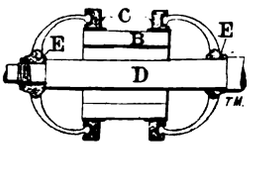
FIG. 1.

FIG. 2.

Le balai est porté par un piston *k* creux, muni d'une tige *n*, permettant de l'élever. Il est poussé vers la partie inférieure par un ressort *l* et un écrou *m*.

Plusieurs balais peuvent être portés par une seule boîte.

(*C. A. Parson and A. H. Law*, Newcastle-on-Tyne, Angleterre. Brev. angl., n° 21 489, cl. 35, 29.VIII.11.)



Collecteur pour machines électriques. — Le collec-

Digitized by Google

teur B est rendu solidaire, de l'axe D par l'intermédiaire de pièces élastiques C, E qui lui permettent de se dilater radialement.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort. Brev. all., cl. 21 d, n° 254732, 20.VII.11.)

Conducteurs et Isolants. — Des corps conducteurs de potentiel différents sont isolés les uns des autres par interposition d'un diélectrique, dont la surface est déterminée de façon à ce qu'elle épouse la forme des lignes de force du champ existant entre les deux conducteurs.

Les surfaces séparant les conducteurs de l'isolant doivent être des surfaces équipotentielles. Le principe de l'invention peut être compris en considérant des plateaux d'une surface infinie : l'isolant consistera en prismes rectangulaires dont les axes seront perpendiculaires aux surfaces des plateaux conducteurs ; mais, dans le cas de deux longs conducteurs, la surface du diélectrique sera sphérique, comme il est indiqué figure 2 en 8, 9, 10.

Fig. 1. Fig. 2.

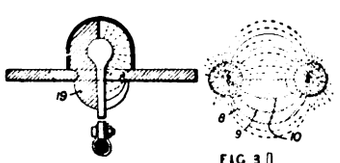
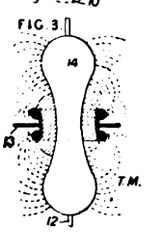


Fig. 3.



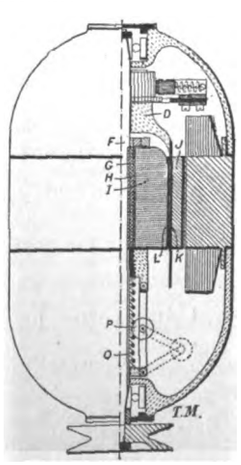
Dans le cas d'un conducteur passant par un orifice pratiqué dans un plateau conducteur, les bords de l'orifice doivent être façonnés suivant un tore, et le conducteur devra prendre la forme d'un cylindre de grand diamètre, de façon à répartir les efforts dus au champ d'une manière plus régulière.

La figure 3 montre un conducteur 12 passant à travers la surface bonne conductrice 13. Ce conducteur 12 devra être façonné suivant la forme 14 pour diminuer l'intensité des lignes de force sur le diélectrique, dans le voisinage de l'orifice.

L'invention peut être appliquée aux isolateurs (fig. 1) en donnant aux surfaces de la partie isolante 19, la forme des lignes de force électrostatique.

(*British Westinghouse Electric and Manufaturing Co*, London. Brev. angl., cl. 36 et 38, n° 20659, 19.VIII.11.)

Détermination des gisements souterrains de minerais ou d'eau au moyen d'ondes électriques. — Une antenne réceptrice horizontale à la surface du sol permet d'observer les interférences des ondes émises par une autre antenne qui lui est parallèle. Ces interférences proviennent des ondes que l'antenne réceptrice reçoit directement et de celles qui lui parviennent après réflexion sur les gisements de minerais ou d'eau.

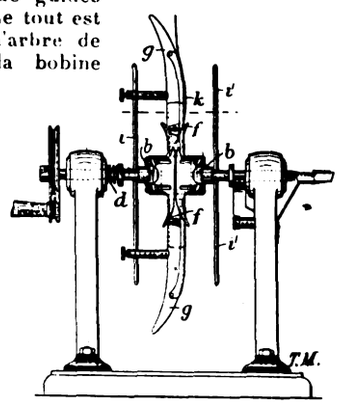


(*Henrich Löwy*, Göttingen. Brev. all., cl. 21 g, n° 254517, 13.IV.11.)

Dynamo électrique. Armatures. — Les armatures d'une machine dynamo pour le chargement d'accumulateurs sont construites en deux parties : l'une J portant les bobines et étant fixée à l'arbre, l'autre I pouvant se déplacer parallèlement à l'axe, se rapprochant ou s'éloignant des bobines sous l'action d'un régulateur centrifuge P, pour maintenir le voltage constant. La partie portant les bobines consiste en un cylindre de métal perforé K, fixé à une pièce de cuivre D, les bobines étant espacées par des barres d'acier doux J qui peuvent être laminées. Les disques I de l'armature sont vissés sur un tube de cuivre H et sont fixés sur l'arbre par une clavette G. L'armature est légèrement conique.

(*G. Inrig* and *L. Inrig*, London, Brev. angl., cl. 35, n° 20905, 21.VIII.11.)

Dynamos électriques (Enroulement des). — Un appareil pour l'enroulement mécanique des armatures consiste en un support *b* muni de guides *f* et de guides incurvés *g*. Le tout est monté sur l'arbre de l'armature, la bobine portant le fil *k* étant à quelque distance. Quand chaque paire de rainures a reçu la moitié des enroulements, les guides *g* sont retournés et supportés par les baguettes *i'*, de façon que le restant soit enroulé sur l'autre moitié de l'arbre de l'armature.



Les guides *f* disposés par paires dans des directions opposées sont fixés aux joues *b* du support par des vis. Un ressort *d* maintient les joues *b* contre l'armature.

(*K. R. Ritter*, Darmstadt, Allemagne. Brev. angl., n° 20997, cl. 35, 22.VIII.11.)

Freinage des moteurs monophasés à collecteur. — Dans un moteur série à courant continu, lorsque l'on passe à la position de freinage électrique, il peut arriver, par suite entre autre de la faiblesse du flux rémanent, que le freinage soit tout d'abord très faible, ce qui laisse le moteur prendre de la vitesse, puis la machine s'amorçant brusquement, le freinage devient tout à coup excessif, en raison même de la vitesse acquise à ce moment.

Afin d'obtenir un freinage plus immédiat et moins brutal, on est conduit à mettre sur les inducteurs du moteur des bobines inductrices supplémentaires que l'on excite séparément de façon à créer dans le moteur un certain flux initial dès le début du freinage.

Le freinage d'un moteur monophasé-série compensé peut s'effectuer de façon tout à fait identique, puisque en le connectant convenablement, il s'excite et fonctionne en génératrice à courant continu ce qui lui permet d'absorber de l'énergie. Mais dans un tel moteur, toujours construit en tôles de fer doux, pour assurer son bon fonctionnement comme moteur monophasé, il peut arriver que le flux rémanent soit très faible.

Afin d'assurer l'amorçage en courant continu de ce moteur sans recourir à une source auxiliaire à courant continu, ce qui serait une obligation gênante, la présente invention consiste à fournir au circuit magnétique inducteur des ampères-tours alternatifs qui fournissent un flux alternatif jouant le rôle du flux continu initial indiqué dans le cas du moteur à courant continu et qui assure l'amorçage du moteur en courant continu.

Ces ampères-tours alternatifs auxiliaires doivent être fournis, soit à l'enroulement d'excitation série du moteur (fig. 1), soit à une bobine auxiliaire (fig. 2). Dans les deux cas, la source alternative est quelconque et l'on peut intercaler résistance ou self dans le circuit fournissant ces ampères tours pour le réglage.

Dans les figures 1 et 2, I est l'induit du moteur, et C l'enroulement de compensation. Le bobinage d'excitation est F. Le freinage consiste, on le sait, à fermer le circuit du moteur sur une résistance R en le séparant du réseau d'alimentation. Il s'excite alors en continu et produit une puissance qui est absorbée dans le rhéostat R.

Pour produire dans le cas de la figure 1 le champ alternatif d'amorçage, on réunit les extrémités du bobinage F d'excitation à la source alternative E. On insère dans ce circuit une résistance ou une self réglable A.

Dans la figure 2, il est indiqué que la source alternative E peut alimenter un bobinage auxiliaire B, avec, comme plus haut, adjonction de la résistance ou de la self A.

On remarquera que dans le cas de la figure 1, la self A doit présenter une résistance minimum suffisante pour que la bobine F ne soit pas au point de vue du courant continu court-circuitée par le réseau ou l'alternateur, ce qui empêcherait l'amorçage en continu de se produire malgré la présence du champ alternatif.

Le même procédé peut être appliqué dans le cas du moteur à répulsion en couplant celui-ci en moteur-série compensé. Il faut alors que l'enroulement de compensation soit convenablement prévu pour cet usage.

Dans tous les cas, les ampères-tours initiaux peuvent être supprimés une fois le freinage assuré, ceci s'effectuant par simple coupure du circuit fournissant ces ampères-tours.

Ce procédé est particulièrement applicable, d'une part, aux appareils de levage pour le

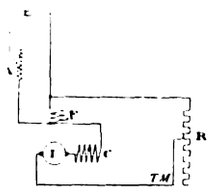


Fig. 1.

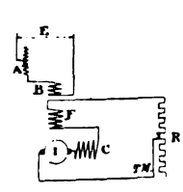


Fig. 2.

freinage en descente sous charge, d'autre part, pour la traction monophasée dans le cas où la complication due à la récupération n'est pas compensée par l'économie de consommation de courant réalisée.

La seule différence, dans les deux cas, est que le freinage débute à vitesse nulle et avec court-circuit dans le premier cas, tandis qu'il débute à grande vitesse et avec grande résistance intercalée dans le second cas.

(*Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston*. Brev. fr., cl. 12 n° 440675, 27.II.12.)

Freinage des moteurs à répulsion compenses et à répulsion simples, plus spécialement utilisés pour la commande des ascenseurs et appareils analogues — L'invention consiste en un procédé de freinage applicable aux moteurs à répulsion compensés et aux moteurs à répulsion simples, plus particulièrement destinés à la commande des ascenseurs ou de tous autres appareils analogues.

Les figures 1, 2 et 3 montrent schématiquement la réalisation de l'invention pour des moteurs à répulsion compensés ; les figures 4, 5 et 6 représentent d'une façon analogue, la réalisation de l'invention pour des moteurs à répulsion simples.

Dans toutes ces figures, les mêmes lettres de référence désignent les mêmes organes.

Soit, figure 1, un moteur à répulsion compensé alimenté par le transformateur T.

Si les interrupteurs indiqués en A et B sont

Digitized by Google

ouverts, le moteur a une caractéristique série. La fermeture de l'interrupteur A lui donne une caractéristique shunt.

Pour réaliser le freinage du moteur conformément à l'invention, on ouvre l'interrupteur A et on ferme l'interrupteur B. En raison de cette manœuvre, on applique brusquement sur l'induit une tension assez considérable et le moteur est alors obligé de tourner à faible vitesse. Ces manœuvres ont donc pour effet de provoquer tout d'abord un freinage électrique très efficace, en permettant au moteur de continuer sa marche avec couple positif, mais à faible vitesse.

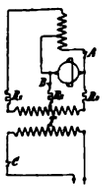


FIG. 1.

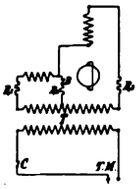


FIG. 4.

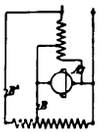


FIG. 2.

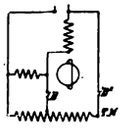


FIG. 5.

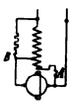


FIG. 3.

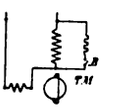


FIG. 6.

Pour réaliser l'arrêt complet, il suffit d'ouvrir ensuite l'interrupteur indiqué en C, de façon à couper le transformateur T du réseau. Dans ces conditions, le moteur s'excite et freine en génératrice en court-circuit. Le secondaire du transformateur T joue dans ce cas le rôle d'auto transformateur et favorise l'auto-excitation.

Ce procédé de freinage est particulièrement utile dans la commande des ascenseurs. Il permet en effet de réduire tout d'abord rapidement la vitesse de l'ascenseur, mais sans l'arrêter, et ensuite de produire l'arrêt complet avec grande précision, juste au niveau de l'étage.

Le procédé est applicable au moteur série comme au moteur shunt. Il peut recevoir divers perfectionnements et donner lieu à des variantes.

Ainsi, pour adoucir le freinage on peut intercaler une résistance fixe ou variable en R_1, R_2 ou R_3. On peut aussi déplacer la prise intermédiaire sur le transformateur T.

Lorsque le moteur est alimenté directement comme cela est représenté figure 2, le primaire du transformateur T disparaît et on peut soit maintenir l'interrupteur B, soit le remplacer par un interrupteur B'. Dans ce dernier cas, une self se trouve constamment dérivée aux bornes du rotor, ce qui est sans inconvénient et peut même présenter certains avantages. La fermeture de l'interrupteur B' produit le freinage.

Au lieu d'appliquer sur le rotor une fraction de la tension aux bornes du moteur, on peut lui imposer cette tension entière, mais avec une résistance en série. Le montage se simplifie alors beaucoup, ainsi que cela résulte de la figure 3. Il consiste à monter une résistance en parallèle avec l'enroulement statorique.

Tout ce qui est dit ci-dessus pour le moteur à répulsion compensé est applicable au moteur à répulsion simple. Seuls les schémas changent. Le schéma figure 1 devient celui représenté figure 4, la figure 2 est remplacée par la figure 5 et la figure 3 par la figure 6. L'excitation rotorique du moteur à répulsion compensé est remplacée par une excitation statorique. Le freinage avec alimentation par le réseau se produit sensiblement dans les mêmes conditions; toutefois, l'auto-excitation pour l'arrêt complet diffère et n'est pas toujours applicable.

(*Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est*. Brev. fr., cl. 12, n° 440 958, 15.V.11.)

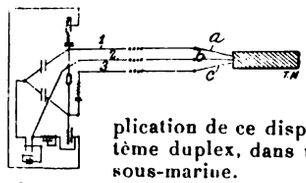
Filaments pour lampes électriques à incandescence (Procédé de purification des). — On place auprès du filament incandescent des surfaces fortement refroidies qui produisent un abaissement de la tension de vapeurs à la surface du filament et facilitent l'expulsion des impuretés.

(*Bergmann-Electricitäts-Werke A.-G.* Brev. all., cl. 21 f, n° 254 290, 4.V.11.)

Lampe en quartz. — Les parois de la lampe sont en quartz fondu auquel on a ajouté une faible quantité de zirconium ou de titane.

(*Zirconglas-Gesellschaft m. b. H.*, Frankfurt-a.-Main. Brev. all., cl. 21 f, n° 254 864, 22.XI.11.)

Télégraphes et téléphones électriques. — Un dispositif pour éviter les perturbations provenant de circuits d'induction produits dans des fils voisins consiste en un conducteur supplémentaire connecté à l'appareil récepteur et passant à une certaine distance, le long de la ligne, et aboutissant à la terre ou à une résistance. La figure montre l'application de ce dispositif à un système duplex, dans une installation sous-marine.



Les lignes 1, 2, 3 conduisant de la station réceptrice au câble sont connectées respectivement, 1 au noyau du câble par la ligne *a*, 2 à la partie enveloppante du câble par *b*, et enfin 3 au fil supplémentaire par *c*.

Les perturbations affectent les trois lignes, et les connections sont faites de façon à ce que les perturbations s'équilibrent dans le récepteur.

(*E. S. Heurtley*, Oxford, Angleterre. Brev. angl., cl. 40, n° 20 787, 20.VIII.11.)

Transformation des courants triphasés en courants diphasés. — On sait que l'on peut transformer les courants triphasés en courants diphasés et inversement au moyen du montage connu sous le nom de montage Scott représenté par la figure 1. — Dans ce montage, les courants triphasés alimentent les primaires P de deux transformateurs monophasés dont les secondaires T^1 et T^2 constituent le réseau diphasé, le rapport de transformation correspondant à T^1 étant égal à 1,15 fois celui correspondant à T^2.

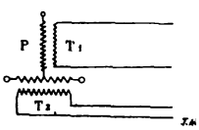


FIG. 1.

La présente invention a pour objet une simplification de ce montage, applicable dans le cas où la tension entre fils du réseau triphasé est égale à la tension de phase du réseau diphasé. — D'après l'invention, le transformateur T^1 est remplacé par un autotransformateur et le transformateur T^2 par une bobine de self-induction. La figure 2 représente le nouveau montage dans lequel P représente la source de courants triphasés, AT l'autotransformateur et D la bobine de self-induction, le réseau diphasé étant constitué par les phases I et II.

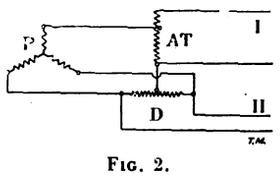


FIG. 2.

La bobine de self-induction D doit être construite pour une puissance apparente égale à environ 8 % de la puissance triphasée utile et l'autotransformateur AT, pour une puissance interne égale à environ 8 % de la puissance triphasée utile.

Dans le montage de la figure 2, les deux phases qui constituent le réseau diphasé conservent un point commun et ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. — S'il est nécessaire, dans certains cas, de rendre ces deux phases indépendantes, on pourra employer le montage de la figure 3, dans lequel l'autotransformateur est remplacé par un transformateur monophasé ordinaire T.

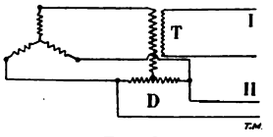
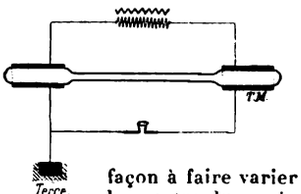


FIG. 3.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 441 280, 8.III.12.)

Tubes à gaz luminescents (Excitation des). — Le tube est la partie commune des deux circuits oscillants dont les fréquences peuvent être différentes de façon à faire varier la position dans le spectre du maximum de l'intensité rayonnante.



(*Moore-Licht A.-G.*, Berlin. Brev. all., cl. 21 f, n° 255 311, 16.IV.12.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Manchons d'éclairage (Procédé permettant de rendre plus résistants les). — On prépare le mélange suivant :

Glycérine	2 g 50
Gélose	3 g 00
Amiante	1 g 50
Kaolin	5 g 50

Ces matières sont carbonatées, puis lavées avec de l'eau distillée étendue d'acide sulfurique dans la proportion de 2 à 3 g d'acide par litre d'eau.

On égoutte et laisse sécher, puis on verse dessus un litre d'eau distillée et l'on a soin de bien mélanger le tout.

La solution étant ainsi préparée, on y plonge un manchon quelconque, et on le fait sécher.

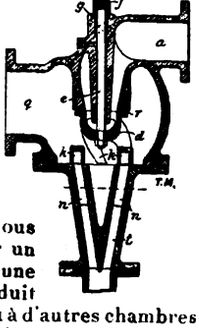
(*G.-L. Courtot*, Seine. Brev. fr., cl. 15, n° 443 189, 1.V.12.)

Manchons renforcés employés dans l'éclairage à incandescence par le gaz (Procédé de fabrication). — On ajoute au mélange classique de 100 parties de thorium et de 1 partie de nitrate de cérium la quantité de kaolin juste suffisante pour troubler la solution saline où l'on plonge le tissu ajouré, par exemple du tulle, en coton, soie ou ramie qui doit servir de support temporaire aux oxydes.

(*C.-L. Colas*. Seine. Brev. fr., cl. 15 n° 443 024, 25.IV.12.)

HYDRAULIQUE

Pompes à éjecteur. — Dans une pompe d'éjection rotative, le propulseur tourne sous l'action du liquide. Il consiste en un corps *d* muni de bras creux *k* et montés sur un arbre *e* qui tourne dans un tourillon à billes *g* et qui est ajustable par des écrous *j*. Un presse-étoupe à labyrinthe est disposé en *r*, de l'eau sous pression étant amenée par un conduit *a*, au moyen d'une pompe centrifuge. Le conduit *q* est relié au condenseur ou à d'autres chambres d'où l'air ou le gaz est aspiré.



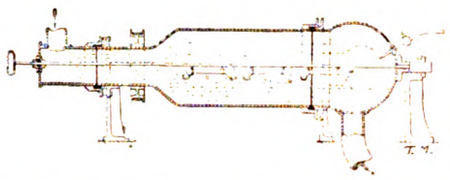
Digitized by Google

Les conduits d'échappement *t* comportent des séparations *n*, et convergent vers un conduit commun qui devient ensuite divergent.

(*C. A. Parsons and A. Carnegie*, Newcastle-on-Tyne, Angleterre. Brev. angl., n° 21 111, cl. 71 et 110, 25.VIII.11.)

HYGIÈNE

Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets (Procédé de). — Les lampes de quartz sont placées dans un espace vide au sein du



liquide, espace vide dû à l'action de la force centrifuge s'exerçant sur l'eau placée dans un réservoir tournant.

(*Victor Henri, André Helbronner*, Paris, *Max von Recklinghausen*, Bas-Meudon. Brev. all., cl. 85 *a*, n° 254 882, 28. XII.10.)

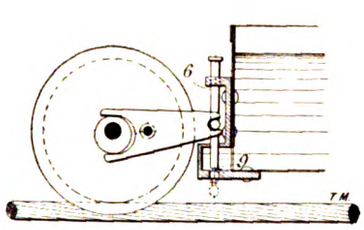
Stérilisation par les rayons ultra-violets (Appareil de). — Les rayons ultra violets pour la stérilisation ou la transformation des propriétés physiques et chimiques des liquides et des solides sont produits dans des appareils électriques dont la cathode, qui peut être convertie en vapeurs, consiste en un métal tel que le thallium, le césium, etc.

La décharge électrique produit une très grande quantité de rayons ultra-violets. La décharge est provoquée en chauffant l'appareil de façon à fondre la cathode ou en lui appliquant momentanément une haute tension électrique.

(*P.-C. Hewitt*, New-Jersey, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 1, 39, 82, n° 21 828, 3.IX.11.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Graissage des câbles de transporteurs aériens. — Un piston 6 est muni à sa partie inférieure d'une fente annulaire ayant une épaisseur inférieure à celle des parois du réservoir à lubrifiant. Ce dernier se trouve donc



fermé quelle que soit la position du piston et seule la quantité d'huile logée dans le fente 9 se déposera sur le câble lorsque le piston sera au bas de sa course.

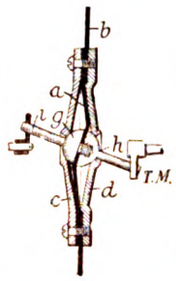
(*J. Pohlig, A.-G.*, Cöln-Zollstock, *Gustav Thorkildsen*, Christiania. Brev. all., cl. 20 a, n° 254 298, 24.XI.11.)

Ponts tournants et ponts à bascule (Manœuvre des). — On interpose entre le moteur et les organes produisant le déplacement du pont, une transmission hydraulique de mouvement à vitesse variable et à changement de marche; les dispositifs de manœuvre de la transmission hydraulique peuvent être actionnés librement par le mécanicien ou bien être contrôlés par des pièces solidaires du mouvement du pont.

(*Société anonyme des Etablissements Delaunay-Belleville*. Brev. fr., cl. 7, n° 443 069, 27.IV.12.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Transmissions. — Un dispositif étanche permettant de transmettre un mouvement entre deux compartiments à des pressions différentes et particulièrement applicable aux compteurs, comprend une tige *i* portant des surfaces sphériques *g*, *h*; celles-ci travaillent entre des plaques *c*, *d* et maintiennent entre elles un diaphragme flexible *a* fixé également entre les deux plaques *c*, *d*, et la boîte *b*.



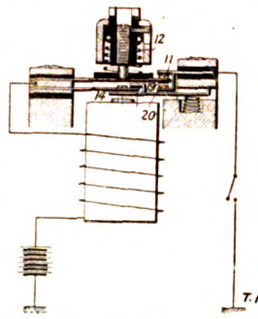
La tige *i* peut tourner en décrivant des surfaces coniques, mais, ne peut pas tourner autour de son axe.

L'espace compris entre les deux plaques *c d* peut contenir un lubrifiant.

(*Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz*. Brev. angl., cl. 80 et 122, n° 21.896, 4.IX.11.)

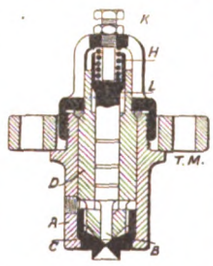
MACHINES THERMIQUES

Moteur à combustion interne (Allumage). — Le ressort à boudin 12, maintenant levé le bouton de pression, repose sur un ressort à lame, muni de deux contacts 11, 19. Normalement, le circuit de l'interrupteur est fermé par le contact 11; au départ, le bouton de pression détruit le contact 11, amène 19 et 20 en contact, ce qui ferme de nouveau le circuit de l'interrupteur. Le mouvement d'abaissement du bouton continuant, celui-ci entre en contact avec le trembleur 14; il peut être maintenu dans cette position.



(*R. Bosch* [*Firm of*], Stuttgart, Allemagne. Brev. angl., cl. 7 et 38, n° 20 623, 18.VIII.11.)

Moteur à combustion interne (Gicleur). — Un carter A refroidi par circulation d'air, d'eau ou d'huile, renferme un manchon D présentant à sa partie inférieure une forme conique, munie de conduits en spirale. Ce cône vient s'appuyer sur la face interne de la tuyère présentant une forme conique analogue C.



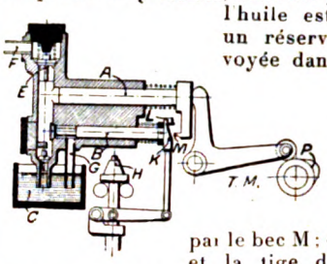
Le manchon entoure une valve B de deux diamètres différents, de façon que la pression du liquide soulève la valve en s'opposant à l'action du ressort H, quand le gicleur doit entrer en action. Un dispositif tel que un jeu de vis K empêche toute levée de la valve lorsque le ressort n'est pas comprimé.

(*K. Crossley* and *W. Webb*, Manchester and *L. Barley*, Stockport. Brev. angl., cl. 7, n° 20 758, 20.VIII.11.)

Moteur à combustion interne. — Dans un moteur fixe radial ayant des cylindres disposés par groupes en nombre impair dans des plans parallèles, les pistons de groupes adjacents étant placés sur les manivelles à 180°, l'allumage se fait dans les cylindres dans le sens inverse de celui de la rotation de l'arbre manivelle.

(*A. Anzani*, Conrbevoie, Seine. Brev. angl., n° 21 251, cl. 7, 26.VIII.11.)

Moteurs à combustion interne. — Dans un dispositif pour régulariser l'alimentation du combustible, la pompe commence l'admission au même point de sa course. La pompe comprend un piston A, actionné par la came P; l'huile est puisée dans un réservoir C et envoyée dans la chambre de combustion par le conduit F. Un by-pass G est fermé par une valve actionnée par le bec M; entre ce bec M et la tige de soupape B glisse un coin K contrôlé par le régulateur H.

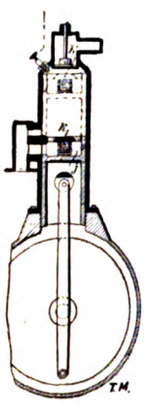


Quand la vitesse décroît, moins de combustible retourne par le by-pass, et le moteur en reçoit davantage.

Quand le moteur est surchargé, la butée L portée par le coin K provoque l'arrêt.

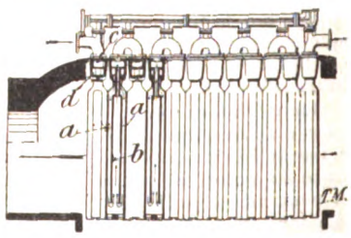
(*K. Crossley and W. Webb*, Manchester. Brev. angl., n° 21 043, cl. 7, 102, 122, 23.VIII.11.)

Moteur à quatre temps. — Dans ce moteur, l'échappement se produit par l'intermédiaire d'une soupape *k* placée dans le corps du piston. L'invention est caractérisée par ce fait que l'espace ne reçoit pas seulement les gaz d'échappement pendant la course d'échappement, mais qu'il reçoit encore une partie de la charge pendant la période de compression.



(*Oscar Freiberg*, Gantzsch b. Leipzig, *Max Freiberg*, Paris, *Otto Petzsche*, Bosdorf b. Leipzig. Brev. all., cl. 46 a, n° 254 335, 6. V.11.)

Réchauffeur d'eau d'alimentation. — Un certain nombre de corps de tuyaux sont montés en série et sont divisées chacun en trois parties *a*, *a*, *b*. Ils se terminent à leurs parties supérieures par une chambre divisée en deux

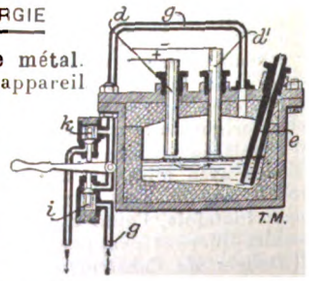


parties. La partie centrale *b* de ces tuyaux est en communication avec une moitié *cd* de la chambre tandis que les deux parties extérieures *a*, *a*, qui sont d'un diamètre moindre, communiquent avec l'autre moitié de la chambre.

(*Deutsche Economiser-Werke G. m. H.* Brev. all., cl. 13 b, n° 254 462, 14.IV.10.)

MÉTALLURGIE

Fonderie de métal. — Dans un appareil pour fondre sous pression, la pression est subitement détendue pour produire un vide partiel qui aspire le métal fondu dans la tuyère. Le vide peut être accru



Digitized by Google

en reliant l'appareil à une machine à faire le vide. Le bain de métal peut être chauffé au moyen d'électrodes *dd* et d'un gaz inerte ou autre introduit au moyen du conduit *g* et de la valve *i*, une seconde valve *k* étant manœuvrée pour diminuer la pression au moment où la valve *i* est fermée. Le tube *e* à travers lequel le métal passe pour arriver au moule, peut avoir la forme indiquée par la figure, de façon que le métal qui se sera solidifié dans le conduit soit entraîné avec l'objet moulé.

(*F. de Buigné*, Magdeburg, Allemagne. Brev. angl., n° 21 167, cl. 39 et 83, 25.VIII.11.)

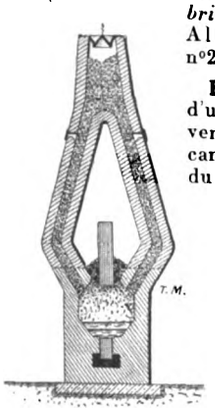
Fonderie. — Pour obtenir des produits moulés exempts de soufflures, le métal, au moment d'être moulé, est refroidi jusqu'à son point de solidification, puis réchauffé brusquement de quelques degrés; on le coule alors immédiatement.

Le métal est versé du four de coulée dans le récipient annulaire R de faible section.

C'est dans ce récipient qu'on le refroidit, puis qu'on le réchauffe.

Le réchauffage doit être de préférence effectué de façon que les parois intérieures du récipient R surmontent la bobine d'un transformateur Le courant peut être maintenu pendant la coulée.

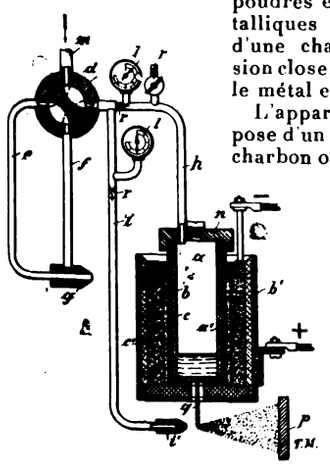
(*Rheinische Metallwaren und Maschinenfabrik*, Düsseldorf-Derendorf, Allemagne. Brev. angl., n°21 249, cl. 72 et 82, 26.VIII.11.)



Four électrique. — Autour d'un four ouvert à électrodes verticales sont groupés des canaux servant au chargement du four. Dans ces canaux se produit une réduction préalable du minerais, on y utilise, en effet, une partie des propriétés réductrices et thermiques des gaz du four.

(*Hans Bie Lorentzen, Tinfos Papirfabrik*, Notodden, Norvège. Brev. all., cl. 40 c, n° 254 253, 26.III.11.)

Four électrique servant à la production des poudres métalliques. — Ce dispositif est relatif à la la mise en marche et à la mise hors d'action d'un appareil servant à produire des poudres et enduits métalliques par le moyen d'une chambre de fusion close, dans laquelle le métal est chauffé.



L'appareil se compose d'un creuset a^1, en charbon ou en graphite, emboîté par un récipient en fer *b* s'adaptant exactement à a^1. Le récipient *b* est enfermé dans un cylindre *c*, en quartz, par exemple. b^1 désigne un cylindre en fer qui est garni, sur sa face intérieure, de terre réfractaire c^1. La masse formant résistance électrique, composée par exemple de charbon granulé, est enfermée entre *c* et c^1. D'un robinet à quatre voies *d* adapté à une conduite de refoulement d'air comprimé *m*, part un conduit *h* allant à la chambre de fusion *a*, et deux autres conduits *e* et *f*, allant à l'injecteur *g*. Enfin, *r* sont des soupapes de retenues, *l* des manomètres, et *k* est un organe de réglage.

La soupape de retenue *r* disposée entre le robinet *e* et la chaudière de fusion *a* est constituée de façon à pouvoir agir en même temps comme soupape réductrice de pression.

Le procédé est mis en œuvre de la manière suivante :

Dans la position du robinet à quatre voies *d*, telle qu'elle est représentée figure 1, *a* est en communication avec *h* et *m* : l'air comprimé agit sur le métal liquide contenu dans le creuset, et le refoule au dehors par le petit tuyau *q*. D'autre part, l'air comprimé arrivant également de *m* par le conduit *i*, s'écoule par la tuyère de pulvérisation i^1 dans l'atmosphère, en dirigeant le filet de métal liquide vers la surface *p* que l'on veut métalliser. Lorsque la clef du robinet *d* est placée dans la position indiquée en trait mixte dans le dessin, le tuyau de refoulement *m* est en communication avec *e*, tandis que *h* est mis en communication avec *f*. L'écoulement de l'air comprimé par l'injecteur *g* produit aspiration de l'air par les conduits *f* et *h*, et, par conséquent, engendre un vide dans *a*, ce qui a pour effet d'empêcher le métal liquide de sortir du creuset.

(*M. U. Schoop*, Suisse. Brev. fr., cl. 8, n° 441 100, 8.III.12.)

Revêtement métallique de surfaces quelconques au moyen de poudres de métaux vaporisées (Dispositif pour le). — On combine à un four électrique tubulaire d'un modèle connu et qui permet de porter le métal pulvérisé à une température aisément réglable et appropriée au point de fusion du métal en œuvre, un réservoir emmagasinant la poudre dudit métal et favorisant sa projection.

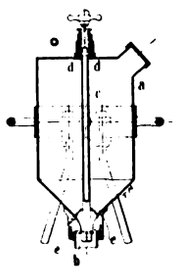


Fig. 1.

La figure 1 est une vue schématique en coupe verticale du réservoir; la figure 2 est une vue schématique en coupe verticale relative à une variante du réservoir; la figure 3 est une vue en coupe verticale d'un four électrique susceptible d'être employé en combinaison avec l'un ou l'autre des réservoirs (fig. 1 et 2).

Dans le réservoir (fig. 1), l'admission de l'air comprimé destiné à assurer la projection

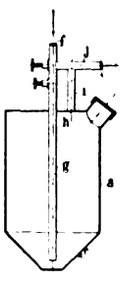


Fig. 2.

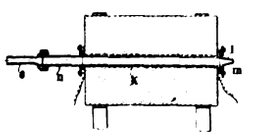


Fig. 3.

de la poudre de métal contenue dans le récipient *a*, se fait par la partie inférieure *b*. Cet air parcourt de bas en haut le tube central pour s'échapper par les ouvertures supérieures *d* et venir faire pression sur la poudre métallique. Cette poudre s'échappe du récipient *a* par les ouvertures inférieures pour être finalement saisie en *b*, par un courant d'air secondaire qui l'entraîne dans le conduit souple allant au four électrique tubulaire.

Dans le réservoir (fig. 2), l'air comprimé est admis à la partie supérieure en *f*, parcourt le tube central *g* de haut en bas, entraîne de bas en haut la poudre métallique contenue dans le récipient *a*, cette poudre s'échappe par l'orifice *h* et l'ajutage *i* pour subir en *j* l'effet d'un courant d'air secondaire ou dérivation prise sur le conduit *f*, et de là se rendre par le raccord souple au four électrique.

Le four électrique (fig. 3) comporte à l'une des extrémités du tube *k* une buse appropriée *l* fixée à l'aide d'une bride *m* et de boulons, ou par tout autre moyen approprié. L'autre extrémité comporte un ajutage *n* fixé par un moyen analogue et qui permet de raccorder le tube *k* au tube souple *o*. Le dispositif reste le même, ou peut être modifié en ce qui concerne le réservoir à poudre métallique, si l'on substitue à l'air comprimé tout autre moyen de pression.

(*Société de Métallisation*, Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 442 995, 3.VII.11.)

Soudage de l'aluminium. — On applique sur la surface à souder un mélange de chlorure stanneux, de chlorure de zinc, d'étain en poudre, puis on chauffe jusqu'à ce que la surface soit recouverte d'une couche d'étain.

Ce procédé peut également s'appliquer au soudage des alliages d'aluminium.

(*B.-C. Avis Jr.*, Clarksburg [États-Unis]. Brev. amér., n° 1 029 522, 11.VI.12.)

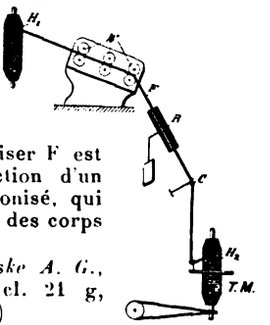
TEXTILE (INDUSTRIE)

Mercerisage. — On purifie les lessives de mercerisage en ajoutant de la chaux, de l'argile, puis de l'acétate de plomb à la lessive chaude.

Il suffit ensuite de séparer le précipité qui s'est formé.

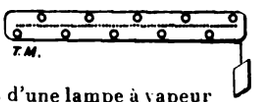
(*Paul Krais*, Tubingen. Brev. amér., n° 1 035 882, 20 VIII.12.)

Neutralisation de l'électricité produite dans le travail des textiles. — Le corps à neutraliser F est soumis en R à l'action d'un milieu (gaz ou air) ionisé, qui conduit l'électricité à des corps mis à la terre.



(*Siemens und Halske A. G.*, Berlin. Brev. all., cl. 21 g, n° 254 384, 17.I.12.)

Neutralisation de l'électricité produite dans les textiles pendant leur préparation. — Le corps à neutraliser est placé près d'une électrode mise à la terre, il est soumis à l'action d'un milieu (air ou gaz) ionisé par les rayons ultra-violets d'une lampe à vapeur de mercure, ou par les rayons Rœntgen, qui conduit les charges électriques du corps à l'électrode.



(*Siemens und Halske A. G.*, Berlin. Brev. all., cl. 71 g, n° 255 353, 17.I.12.)

Tissus ininflammables. — On plonge les tissus dans une solution formée de la manière suivante : 7 parties de phosphate d'ammonium, 7,5 parties de sulfate d'ammonium, 2,5 parties de carbonate d'ammonium, 3 parties d'acide borique, 0,3 parties de dextrine, et 3 parties d'hydroxyde d'aluminium.

(*G. A. Masturino*, Turin. Brev. amér., n° 1 030 909, 2.VII.12.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Ciment hydraulique. — On chauffe du plâtre à une température de 1 100° C environ ; lorsqu'une partie du plâtre est décomposée, on refroidit et on ajoute des substances siliceuses.

(*F. W. Brown*, Florence [États-Unis]. Brev. amér., n° 1 033 984, 30.VII.12.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

La production mondiale des phosphates en 1911 (1).

La production des phosphates dans le monde entier en 1911 est évaluée à 5 606 661 t, se répartissant ainsi :

Afrique.	
Algérie	332 897 t
Tunisie	1 566 351
Amérique.	
Floride (2)	1 779 552
Tennessee	541 861
Caroline	200 000
Autres provenances américaines	25 000
Océanie.	
Iles Océan et Nauru	250 000
— Christmas	153 000
— Angaur	41 000
— Makatea	12 000
Groupements secondaires.	
France (phosphates et craies phosphatées)	380 000
Belgique : phosphates	190 000
— craies	50 000
Russie	45 000
Divers (Egypte, Norvège, guano phosphaté, Canada, etc.)	40 000

La production de l'Algérie et de la Tunisie se répartit ainsi pour 1911 :

Algérie.	
The Constantine Phosphates (Kouif)	214 052 t
Société française (Kissa)	30 759
Tocqueville	29 799
Divers	58 287
Tunisie.	
Gafsa par Sfax	1 026 071
Gafsa par Sousse	95 688
Maknassy	13 389
Kalaa-ès-Senam	119 718
Kalaa-Djerda	235 252
Floridienne	27 965
Bir-el-Afou	27 382
Gouraïa	20 886

L'exportation des phosphates d'Algérie n'était que de 49 693 t en 1894; elle s'est élevée à 278 185 t en 1901 et a atteint le maximum de 362 890 t en 1908, pour baisser à 351 491 t en 1909 et à 319 069 t en 1910 et remonter à 332 897 t en 1911.

Pour la Tunisie, les exportations de phosphates, qui ont débuté en 1899 avec 65 209 t, se sont élevées brusquement à 266 553 t en 1902 et à 1 270 020 t en 1908. Il y eut décroissance en 1909 avec 1 224 822 t, puis la progression a repris en 1910 avec 1 286 262 t et le maximum a été atteint en 1911, avec le total de 1 566 351 t.

En 1911, la France a reçu 33 271 t de phosphates algériens et 581 319 t de phosphates tunisiens.

A citer en *Tunisie*, les nouveaux gisements du *Meheri-Zebbeus*, dont la mise en exploitation est récente. — En *Egypte*, divers gisements, dont quelques-uns ont donné lieu à un commencement d'exploitation. — On a signalé des gisements de phosphate en *Cochinchine*. — Les fameux gisements de *Palestine* sont explorés, mais la Société concessionnaire n'a pas encore commencé l'exploitation. — Les gisements de l'*île Rapa* intéressent uniquement les Japonais. Dans l'ouest des Etats-Unis (*Wyoming, Utah Idaho, Montana*), le Service géologique aurait reconnu des gisement de phosphate dont l'importance en titres riches est estimée à 2 500 000 t. Ces gisements sont retenus par le gouvernement américain.

La consommation mondiale de superphosphate, en 1911, a dépassé 11 millions de t, ce qui correspond à une consommation de 6 millions de phosphate.

Pour 1912, on estime que la production de l'Algerie et de la Tunisie réunies a dû dépasser 2 millions de t, mais elle est susceptible de dépasser le double de cette quantité avant vingt ans.

La production, la consommation et le prix du nickel en 1911.

La production mondiale du nickel, qui n'était que de 8 700 t en 1902, est montée à 20 100 t en 1910 et à 24 500 t en 1911. Le prix moyen annuel a peu varié ; il était de 4 fr le kg en 1902; il a été de 4 fr 0625 en 1911.

En 1911, la production des Etats-Unis et du Canada a été de 12 000 t au lieu de 4 700 t en 1902; celle de l'Angleterre a atteint 4 500 t en 1911, contre 1 300 en 1902; l'Allemagne 5 000, contre 1 600 en 1902; la France, 2 000 t en 1911, contre 1 100 en 1902.

La Nouvelle Caledonie a exporté, en 1911, 120 060 t de minerai de nickel, contre 114 600 t en 1910. L'année 1902 avait donné 129 700 t. Le Canada vient très loin derrière notre colonie avec 15 000 t de minerai en 1911.

La production, la consommation et le prix de l'étain en 1911.

La production de l'étain dans les cinq parties du monde n'atteignait que 96 700 t en 1902. Elle atteignit 113 300 t en 1908, 115 700 t en 1910 et 118 210 t en 1911.

On sait que les Etablissements anglais des Détroits (péninsule malaise) sont les grands producteurs d'étain : leurs envois vers l'Europe et l'Amérique ont été de 56 041 t en 1911, contre 55 453 en 1910. Chaque année, les Détroits envoient vers les Indes anglaises et la Chine de 2 à 3 millions de t d'étain. La production anglaise a été de 4 500 t avec les minerais indigènes, contre 4 462 en 1902, et de 13 850 t avec des minerais étrangers, surtout boliviens, contre 6 050 en 1902. L'Allemagne développe sa production, qui est alimentée en grande partie par des minerais boliviens ; cette production, qui a été de 12 412 t en 1911 contre 11 394 en 1910, n'était que de 3 000 t en 1902. La France produit peu d'étain : 500 t seulement en 1911. Les ventes d'étain Banka, en Hollande, ont été de 15 147 t en 1911 contre 13 631 t en 1910 et 15 240 t en 1902. Les ventes d'étain Billiton, en Hollande et à Java, ont été de 2 240 t, restant stationnaires. La production australienne, qui s'était développée dans la première moitié de la période considérée (4 100 t en 1902 et 7 400 en 1906), a fléchi depuis (5 150 t en 1911). Enfin, les exportations de Chine croissent; elles ont été de 6 000 t en 1911 contre 3 846 t en 1902.

La consommation mondiale de l'étain brut a baissé en 1911 ; elle a été de 117 400 t contre 121 300 en 1910; en 1902, la consommation n'était que de 99 700 t. L'Europe a consommé 60 250 t. La Grande-Bretagne figure pour 18 400 t de consommation contre 21 100 en 1910 et 17 700 en 1902; l'Allemagne, pour 19 300 t contre 18 200 en 1910 et 14 500 en 1902. La France vient avec 7 400 t, chiffre qui depuis longtemps varie peu. Ensuite viennent : l'Autriche-Hongrie avec 1 700 t contre 1 560 en 1910 et 1 200 en 1902 ; la Belgique avec 1 900 t contre 2 000 en 1910 et 1 800 en 1902; l'Italie avec 2 400 t contre 2 600 en 1910 et 1 900 en 1902, etc. Les Etats-Unis ont consommé 48 000 t d'étain en 1911 contre 49 900 en 1910 et 39 300 t en 1902.

M. Ed. Payen, dans l'étude qu'il a publiée dans « l'Economiste français » et que nous résumons ici, rappelle que le prix annuel moyen de la tonne d'étain était de 120 £ 14 sh 5 en 1902; ce prix s'est accru rapidement depuis, pour atteindre 180 £ 12 sh 11 en 1906; après une baisse à 133 £ 2 sh 6 en 1908, les prix sont remontés plus haut encore que précédemment, pour arriver à 192 £ 7 sh 0 3/4 3 847 fr 25 en 1911. La valeur de la production mondiale de l'étain, qui n'était que de 293 500 000 fr en 1902, a atteint 571 500 000 fr en 1911.

La production, la consommation et le prix de l'aluminium en 1911.

L'aluminium n'est produit industriellement que depuis moins de soixante ans, grâce aux découvertes de Henri Sainte-Claire-Deville. En 1885, sa production n'était encore que de 16 380 kg. Elle a progressé depuis dans des proportions énormes, puisqu'elle atteignit 1 240 000 kg en 1894, 6 048 000 kg en 1899, et 7 800 000 kg en 1902.

En 1907, on arriva à 19 800 t; en 1909, à 31 200 t; en 1910, à 43 800 t; et enfin, en 1911, on a atteint 46 700 t.

Le prix moyen annuel du kilogramme d'aluminium, qui était de 1 250 fr au début de la fabrication en 1855, s'est abaissé successivement à 87 fr 50 en 1886, et à 5 fr en 1894. En 1902, l'aluminium valait de 2 fr 81 à 3 fr 125 le kg; il remonta à 5 fr en 1907, puis est retombé de 1 fr 31 à 1 fr 56 en 1911.

Les Etats-Unis figurent dans le chiffre de la production de 1911 pour 18 000 t contre 16 100 en 1910, et 13 200 en 1909. La France vient ensuite avec 10 000 t contre 9 500 en 1910, et 1 400 t en 1902.

Après viennent l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Suisse, qui, à elles trois, ont produit 8 000 t en 1911, contre 2 500 en 1902. La production de l'Angleterre est évaluée à 5 000 t en 1911, contre 600 en 1902, et celle du Canada à 4 000 t.

La consommation de ce métal a progressé dans les grands pays, comme le fait voir le tableau suivant :

Consommation de l'aluminium.

	1902	1910	1911
Etats-Unis	3.500 t	21.650 t	22.000 t
France	700	5.400	5.000
Angleterre	600	2.700	3.000
Allemagne, Autriche, Russie, Italie, etc.	3.000	14.400	17.900
Consommation mondiale	7.800 t	44.150 t	47.900 t

L'usage de l'aluminium s'est étendu tant pour des objets journaliers (objets de cuisine) que pour les aéroplanes, les automobiles et les câbles électriques.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 1 (janvier 1910), p. 61 ; n° 6 (juin 1910), p. 380; n° 9 (septembre 1910), p. 525.

(2) La production de la Floride comprend 450 098 t de hard rock et 1 329 454 t de land pebble (dont 759 510 t ont été exportées).

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

HYDRAULIQUE

UNE USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE D'UNE PUISSANCE DE 300.000 CHEVAUX AUX ÉTATS-UNIS

[Planche V.]

Historique. — L'idée d'utiliser l'énergie hydraulique du fleuve Mississipi fut émise, pour la première fois, en 1848.

Il y a une quarantaine d'années, Robert E. Lee, lieutenant de l'armée américaine et ingénieur de grand talent, ayant étudié la possibilité de développer l'énergie produite par les rapides du Mississipi, présenta un rapport au Ministère de la Guerre du gouvernement de Washington, dans lequel il mettait en évidence la force motrice immense dont on pourrait disposer le jour où l'on aurait réalisé cette œuvre.

Depuis lors, plusieurs projets furent établis; aucun, cependant, n'envisageait un développement supérieur à 10 000 chevaux.

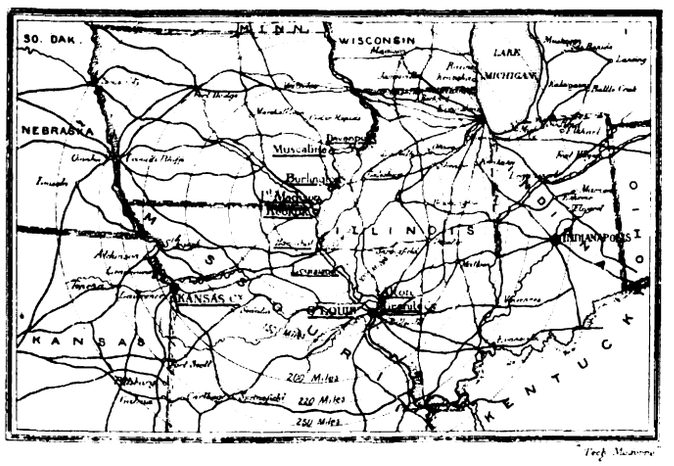


Fig. 1. — Situation géographique de Keokuk, et des villes pouvant être desservies par l'usine.

Vers 1898, la Keokuk et Hamilton Water Power C° fut constituée pour construire un barrage partiel et un canal d'amenée sur la rive Est du fleuve; sur la rive Ouest, en effet, le Gouvernement américain avait déjà fait construire un canal navigable, d'une longueur de 13 km et dont le coût avait atteint la somme de 22 500 000 francs.

Cette Compagnie obtint une concession du Congrès de 1901, sous la réserve expresse que tous les plans relatifs au projet devraient être soumis à l'approbation du Ministère de la Guerre.

La « Keokuk et Hamilton Water Power C° » engagea alors M. Lyman E. Cooley, qui fut chargé de faire des études comparatives.

Cet ingénieur calcula que l'énergie maximum fournie par la construction d'un barrage de déviation et d'un canal d'amenée, ne dépasserait pas 10 000 chevaux. Toutefois, il observa que, moyennant la construction d'un barrage à Nashville (13 km en amont de Keokuk) (fig. 1), on pourrait atteindre 43 000 chevaux. Cette dernière donnée servit de base à M. Cooley pour une étude détaillée.

Le barrage devait avoir une longueur de 1 830 m et l'eau devait être amenée à l'usine par un canal d'assez grandes dimensions.

Les dépenses de premier établissement (exception faite des bâtiments et des machines) figuraient comme suit dans les trois projets étudiés :

ÉNERGIE développée en ch	DÉPENSES de premier établissement en francs	PRIX de revient par ch en francs
10 000	10 730 000	1090
43 000	12 215 000	295
50 000	17 525 000	350

M. Cooley songea également à la construction d'un barrage au pied même des rapides, mais ce travail aurait entraîné l'inondation du canal appartenant au Gouvernement et sa mise hors de service.

En 1905, Hugh L. Cooper reprit l'idée de M. Cooley et proposa la construction d'un barrage au bas des chutes, devant fournir l'énergie énorme de 300 000 chevaux, sous une chute de 10 m environ.

Le Congrès accorda la concession vers la fin de la même année, mais avec l'obligation, pour la Compagnie chargée du travail, de construire une écluse et une cale sèche et de fournir, à perpétuité, la force motrice nécessaire à la manœuvre des écluses, sans que le Gouvernement ait aucunement à contribuer aux frais d'établissement.

Après des démarches très longues, le capital nécessaire fut réuni dans les Etats de l'Est, au Canada, en Angleterre, en France, en Allemagne et en Belgique.

La Compagnie alors constituée et qui, actuellement, exécute les travaux, est la Mississipi River Power C°, dont M. Edwin S. Webster est président et M. Hugh L. Cooper, vice-président et ingénieur en chef.

L'œuvre comprend trois parties essentielles (Pl. V, fig. 1) :

1° Un barrage en maçonnerie construit à travers le Mississipi sur une longueur de 1 305 m;

2° L'usine génératrice qui s'étend parallèlement à la rive sur une distance de 524 m;

Digitized by Google

3° L'écluse et la cale sèche construits gratuitement par la Compagnie pour le Gouvernement.

Aménagement. — La force motrice qu'utilisera l'usine de Keokuk sera fournie par cette partie du Mississipi qui s'étend de Montrose à Keokuk (fig. 1), appelée les Rapides des Moines et qui, sur un parcours de 20 km, atteint une différence de niveau de 7 m. La navigation y est rendue possible par le canal du Gouvernement et par trois écluses.

A l'endroit de l'emplacement de l'usine, la largeur du fleuve est environ de 1 600 m et sa profondeur moyenne de 2m,14.

Le fleuve Mississipi débite 566 m³ par seconde en basses eaux, et 10 500 m³ en temps de crues.

Le barrage, qui permettra la formation d'une chute d'environ 11 m, donnera naissance à un lac de près de 260 km² et d'une longueur de 96 km.

35 °/₀ des terrains submergés se trouvent dans l'Etat d'Illinois; sur la rive opposée et sur une distance de 14 km, 4, la voie du Chicago Burlington and Quincy Railway sera surélevée.

En aval du barrage, et à une distance de 300 m de l'écluse du Gouvernement, se trouve le pont de Keokuk construit de 1866 à 1871 et sur lequel passe la voie ferrée.

La chute moyenne est de 9m,76.

L'usine est située à 352 km à l'Ouest de Chicago, à 288 km à l'Est de Kansas City et à 220 km au Nord de Saint-Louis.

Si l'on envisage un rayon de transmission de 350 km, la population desservie par cette usine atteint le chiffre de 4 570 000 habitants (fig. 1.)

Organisation des travaux. — L'ingénieur en chef Hugh L. Cooper est directeur général des travaux, qui ont été divisés en deux entreprises absolument distinctes, ayant chacune son personnel propre. L'une, travaillant sur le territoire de l'Illinois, est chargée de la construction du barrage. L'autre, qui a son chantier sur le territoire d'Iowa, construit l'usine et l'écluse.

Un ingénieur mécanicien principal unique est chargé des services mécaniques sur les deux chantiers.

Pour donner une idée de l'importance toute particulière de la mise en chantier, il suffira de rappeler qu'il a fallu construire une voie ferrée de 24 km comportant un matériel de 16 locomotives et de 142 wagons de tout genre; 44 chaudières fournissent une énergie de 3755 chevaux pour la force motrice nécessaire pendant la construction; on a posé 80 km de tuyauteries de différents diamètres et établi des pompes centrifuges d'une capacité de 125 000 litres par minute. On compte environ 6 000 outils divers. Les ingénieurs disposent de onze voitures automobiles. Ces travaux d'organisation et de mise en chantier ont absorbé 5 millions de francs.

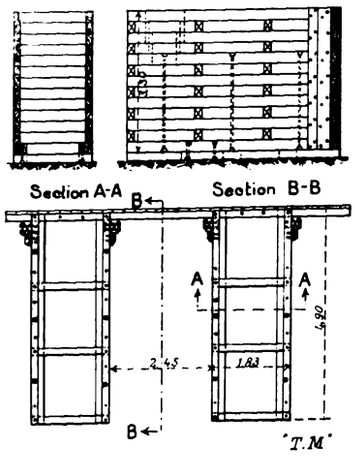


Fig. 2. — Batardeaux pour la construction du barrage.

Barrage. — De même que pour les fondations de l'usine, il a fallu construire des batardeaux afin de laisser libre le fond du fleuve, sur la partie réservée aux fondations du barrage. Une section des batardeaux est indiquée dans la figure 2.

Pour l'établissement du barrage, on a procédé à de nombreux sondages qui ont atteint 10m,70. Deux sondages de 30 m et 244 m ont été spécialement faits pour s'assurer de la non-existence de puits artésiens.

Le barrage construit en ciment (fig. 3) a la forme parabolique des barrages déversoirs (Pl. V, fig. 2).

Afin de pouvoir utiliser une surélévation de niveau, la crête du

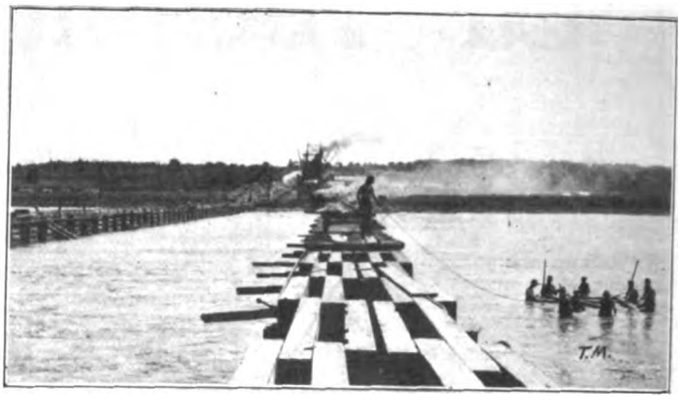


Fig. 3. — Établissement et mise en place des batardeaux pour la construction du barrage.

barrage est surmontée de 119 vannes de décharge qui seront ouvertes en nombre suffisant, en temps de crue. Ces vannes, qui

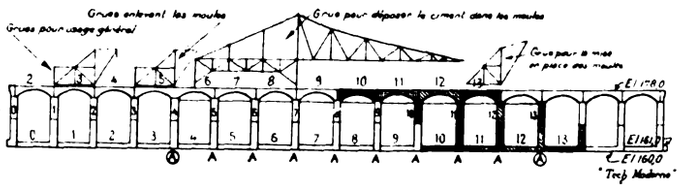


Fig. 4 — Grues pour la construction du barrage.
Les parties désignées par un même numéro ont été construites le même jour.

ont une largeur de 9m,15, sont séparées par des piliers de 1m,83

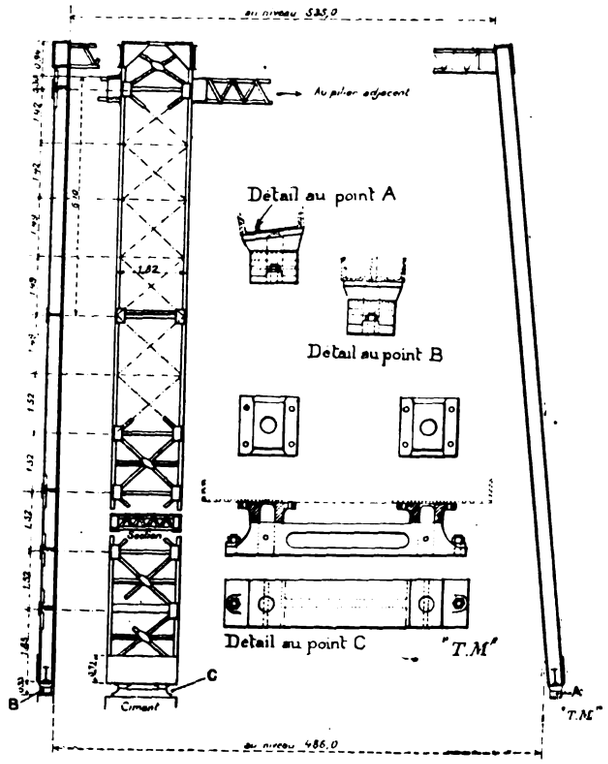


Fig. 5. — Moules pour la construction du barrage.

d'épaisseur supportant un pont de service d'où l'on pourra manœuvrer les vannes.

Une particularité intéressante est que le pont et les piliers sont

Digitized by Google

construits en premier lieu; on utilise, à cet effet, des grues spéciales (fig. 4) et des moules en acier indiqués dans les

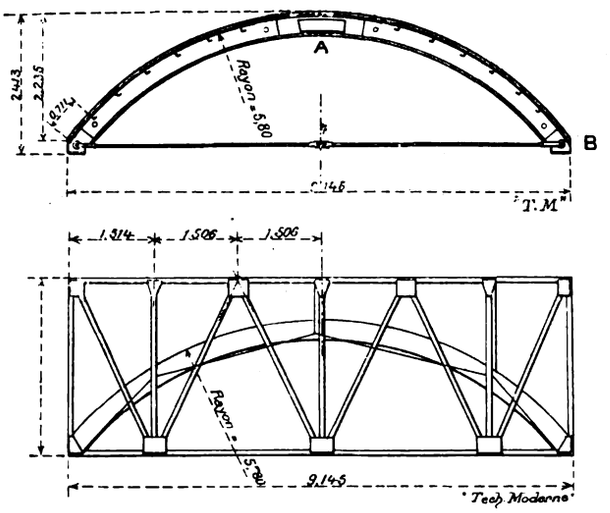


FIG. 6. — Moules pour les arches du pont de service au-dessus du barrage.

figures 5, 6, 7, 8, 9 et 10. Le ciment est coulé à l'aide des grues dans ces moules, que l'on enlève quelques jours après pour les replacer plus loin.

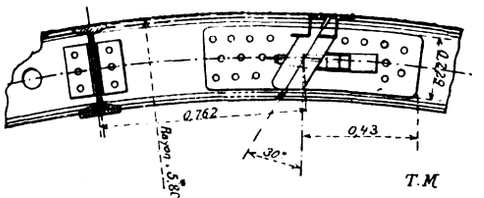


FIG. 7. — Moules pour les arches du pont de service au-dessus du barrage. Détail au point A de la figure 6.

ECLUSE. — Nous avons déjà fait remarquer que le Congrès de 1905 avait imposé à la Compagnie la construction d'une écluse et d'une cale sèche.

Jusqu'ici, la navigation s'effectuait au moyen d'un canal de 13 km de long, sectionné par trois écluses.

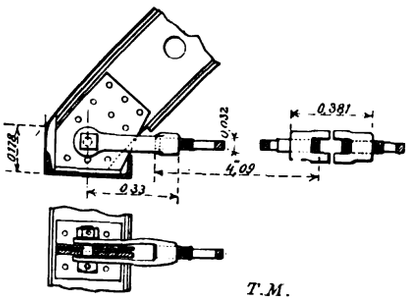


FIG. 8. — Moules pour les arches du pont de service au-dessus du barrage. Détail au point B de la figure 6.

Désormais, une seule écluse sera nécessaire et le canal sera détruit, attendu que l'élévation de l'eau produite par le barrage rendra le lac navigable sur une distance de 96 km.

Cette écluse (Pl. V, fig. 3) mesure 132 m en longueur et 33m,55 en largeur; la différence de niveau rachetée est de 13 m. Les dimensions de la cale sèche sont respectivement, en longueur et en largeur : 141 m et 45m,75. Le terrain situé entre la cale et la rive sera occupé par des ateliers de réparation appartenant au Gouvernement.

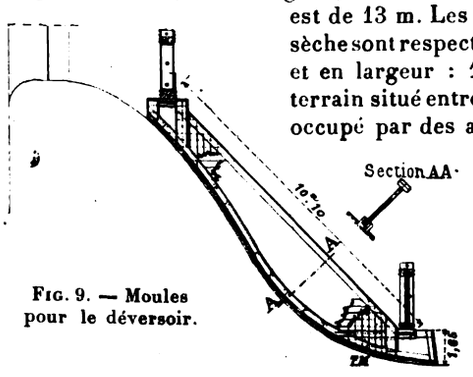


FIG. 9. — Moules pour le déversoir.

USINE GÉNÉRATRICE. — Cet édifice, construit à l'extrémité du barrage et parallèlement au courant du fleuve, couvre un espace de 524 m de longueur et de 37m,50 de largeur.

La salle des machines se trouve à 13m,70 au-dessus du lit rocheux de la rivière.

Le rez-de-chaussée est divisé, dans le sens de sa longueur, en deux parties : l'une, la salle des machines, contiendra trente alternateurs; l'autre sera la salle des transformateurs. L'étage supérieur est destiné aux interrupteurs et à l'appareillage électrique.

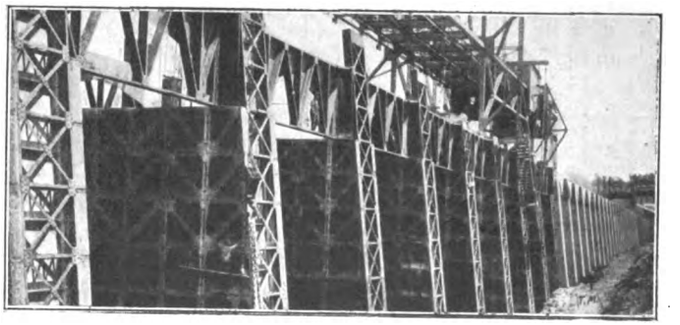


FIG. 10. — Vue des moules d'acier mis en place pour la construction du barrage.

La chambre d'alimentation, qui se trouve également dans le même bâtiment, en occupe toute la longueur. Elle contient les grilles de nettoyage; l'admission de l'eau est réglée par des vannes au nombre de quatre pour chaque turbine.

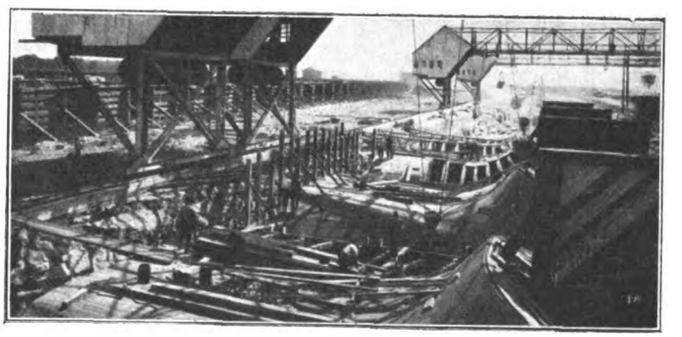


FIG. 11. — Les moules des tubes d'aspiration mis en place.

Au milieu et à l'extrémité de l'édifice qui est proche de l'écluse, existent deux canaux de purge, destinés au libre passage des corps flottants et de la glace; ces canaux sont également munis d'une vanne à leur entrée.

L'usine est reliée à l'écluse par un mur d'une longueur de

FIG. 12. — Vue de l'intérieur d'un tube d'aspiration.

30 m qui porte un système de vannes de purge; l'union de ce mur à celui de l'écluse forme l'emplacement d'un bâtiment qui contiendra l'appareillage nécessaire à la manœuvre de l'écluse.

Pour l'exécution des fondations, on a dû construire des batardeaux.

Un mur ayant l'aspect d'un pont dont les arches seraient

Digitized by Google

noyées, relie le barrage à la rive ; un espace libre d'une largeur de 91m,50 permettra le passage des bateaux.

Turbines. — Elles fonctionneront sous une chute normale de 10 m. C'est la première fois que l'on utilisera une seule couronne mobile pour développer une force aussi élevée (Pl. V, fig. 4).

Le diamètre de la roue mobile est de 4m,75 et l'eau décharge dans un tube d'aspiration de 5m,50 de diamètre. L'axe de la turbine a 635 mm de diamètre et le poids des parties tournantes est de 230 000 kg environ. Ce poids sera équilibré par un pivot Pl. V, fig. 5), combiné fonctionnant soit par pression à huile, soit par des rouleaux. L'action sur les pivots peut être exercée automatiquement par un système ou par l'autre.

Des expériences toutes récentes, faites au Niagara et au Mc Call Ferry, ont démontré que le poids peut être supporté entièrement par le pivot à rouleaux. Aussi, considère-t-on que l'emploi de la pression à huile ne sera qu'occasionnel.

La couronne mobile, fondue d'une seule pièce, pèsera environ 73.000 kg ; sa vitesse sera de 57,7 tours par minute. La vitesse de la couronne mobile sera assurée par vingt aubes directrices, manœuvrées par des cylindres hydrauliques.

La conduite d'amenée de l'eau à la turbine (Pl. V, fig. 6) est pourvue de quatre ouvertures munies chacune d'une vanne. Il est à remarquer qu'une de ces quatre vannes commande un canal spécial, qui recevra un quart du débit d'eau nécessaire et le distribuera sur un quart de la circonférence de la turbine. Cette manière de faire a été suggérée par ce fait que, dans d'autres installations du même genre, on a observé la formation de tourbillons ; un quart du débit, au lieu de se diriger sur la turbine, s'en éloignait, donnant naissance à un déséquilibre d'action sur la turbine avec une usure marquée de l'arbre. Cet inconvénient est donc atténué par la disposition indiquée.

Alternateurs. — La salle des machines comprendra trente alternateurs de 7 500 kw, à induit fixe directement accouplés sur des turbines de 10 000 ch.

Ces alternateurs sont prévus pour un courant alternatif triphasé de 25 périodes et pour une tension de 11 000 volts.

Leur vitesse angulaire n'étant que de 57,7 tours par minute, ces machines sont d'assez grandes dimensions : leur diamètre mesure 9m,60 et leur hauteur au centre, c'est-à-dire à l'arbre, 3m,45.

La tension de 11 000 volts sera utilisée pour la distribution locale, mais on aura recours, pour les longues distances, à une ligne de transmission sous tension de 110 000 volts montée sur pylônes d'acier.

Le courant d'excitation sera fourni par quatre excitatrices (Pl. V, fig. 7 et 8), qui sont, chacune, directement accouplées à une turbine de 2 200 chevaux.

Exploitation. — Le système de distribution alimentera un grand nombre de villes et villages dans les Etats du Middle West.

Un contrat a déjà été passé pour la transmission, à Saint-Louis, de 60 000 ch. Cette ligne aura une longueur de 220 km et la tension sera de 110 000 volts.

Le courant sera fourni aux clients en blocs de 200 kw ou plus sous 13 200 volts et 25 périodes. Le client devra payer ses transformateurs de voltage, s'il en a besoin. Le prix de vente du courant, dans ces conditions, est de 20 dollars (100 fr) par kilowatt an pour les 200 kw ; l'excédent en plus de 200 kw sera payé à raison de 15 dollars (75 fr) le kilowatt-an.

Parmi les autres villes qui se trouvent dans le rayon de distribution et qui prennent déjà leurs mesures pour attirer chez elles des industries nouvelles, il faut citer : dans l'Etat d'Iowa, Keokuk, Fort Madison, Burlington et Montrose ; dans l'Etat d'Illinois, Hamilton, Quincy et Warsaw ; enfin, dans l'Etat de Missouri, la ville d'Hannibal.

Le 1er juillet 1913, une force de 120 000 chevaux sera mise en service.

Richard Muller.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

L'USINE SUD-OUEST DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

La Technique Moderne a déjà décrit les installations de l'Usine Nord de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité, passant successivement en revue l'appareillage électrique (1), les chaufferies (2), les turbines à vapeur (3), la construction des bâtiments (4). Nous allons aujourd'hui décrire les installations de l'Usine Sud-Ouest de la même Compagnie, qui sont d'ailleurs semblables en beaucoup de leurs éléments à celles de l'Usine Nord. Les chaufferies, notamment, comportent les mêmes chaudières Babcock et Willcox qu'à l'Usine Nord ; le tableau de distribution est semblablement disposé. Cependant l'Usine Sud-Ouest est beaucoup plus homogène que la précédente, car tout le matériel turbo-alternateur a été entièrement commandé à la maison Schneider et Cie.

L'Usine Sud-Ouest doit fournir 30 000 kw en marche normale.

L'installation comprendra au début trois groupes turbo-alternateurs, ce nombre pouvant être porté à quatre, puis doublé par la suite en agrandissant les bâtiments.

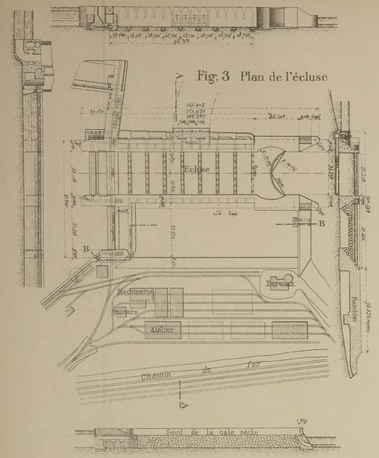
Turbines. — Les turbines à vapeur, du système « Schneider Zoelly », sont construites dans les ateliers du Creusot.

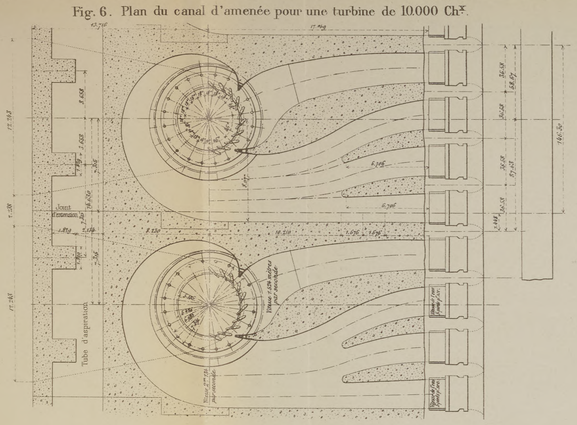
Ces turbines sont à action ; elles sont constituées par 13 roues directrices, dont les aubages ont été fixés dans la masse au moment de la coulée, et par 13 roues mobiles de 2 m de diamètre, où les aubes sont fixées dans une rainure, puis réunies au sommet à l'aide d'une simple bande de tôle qui groupe 10 aubes environ. Ces roues sont clavetées sur un arbre divisé en quatre étages pour faciliter le montage. Le joint entre les roues fixes et l'arbre est constitué par une série de disques en laiton.

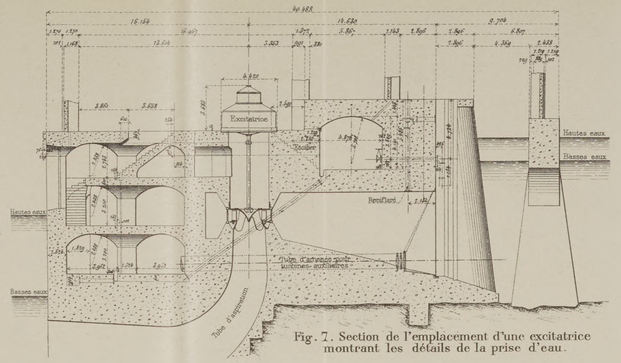
L'enveloppe, qui sert également de support aux roues directrices, est recouverte, sauf du côté condenseur, par un enduit calorifuge. Un régulateur sensible à force centrifuge agit sur un servo-moteur, fonctionnant à l'huile sous pression, qui commande une soupape d'admission et en fin de course une soupape supplé-

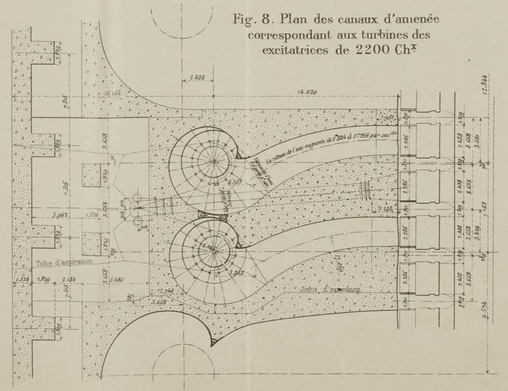
(1) *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 5.
(2) *Ibid.*, t. VI, n° 3 (1er février 1913), p. 95.
(3) *Ibid.*, t. VI, n° 4 (15 février 1913), p. 129.
(4) *Ibid.*, t. VI, n° 2 (15 janvier 1913), p. 59.

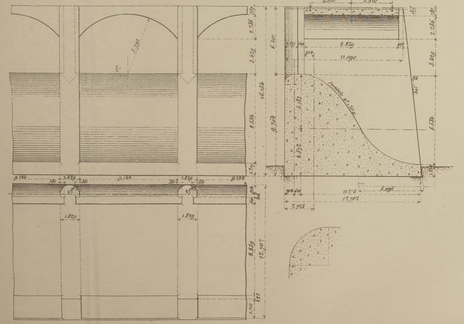
Digitized by Google

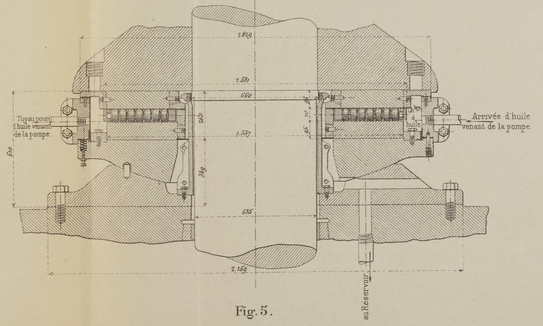


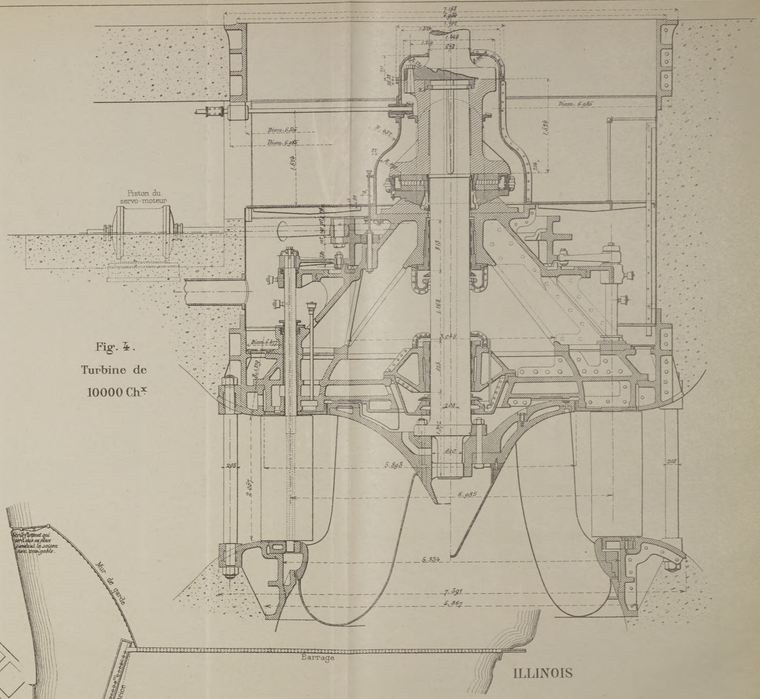


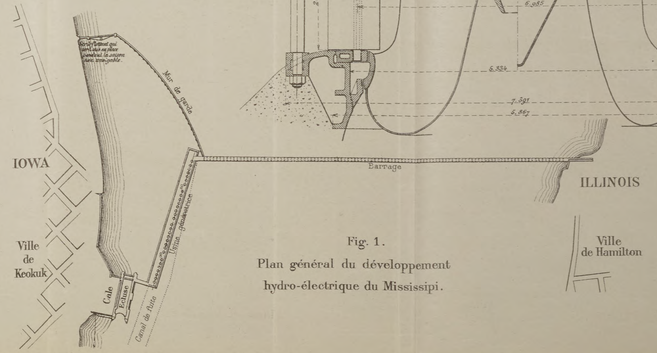












DUNOD & PINAT, Editeurs, 47 et 49, Quai des Grands-Augustins, Paris.

Auto L.Braun. 36 Rue de la Tour d'Auvergne. Paris.

Digitized by Google

Digitized by Google

mentaire, qui amène la vapeur après la quatrième roue mobile.

Le condenseur est placé perpendiculairement sous la turbine, à laquelle il est réuni par une virole en cuivre permettant une libre dilatation et assurant en même temps une étanchéité parfaite.

Pour permettre le nettoyage facile du condenseur, les coquilles formant les extrémités ont chacune quatre portes, qui peuvent être enlevées facilement à l'aide d'un palan posé sur une poutre spéciale fixée au-dessus des condenseurs.

Chaque turbine possède son groupe de pompes; celles-ci sont placées au niveau du condenseur; elles sont verticales. Les moteurs, verticaux également, peuvent être enlevés d'une seule pièce pour permettre la sortie des pompes en cas d'avarie grave; le moteur de la pompe à eau de condensation a une puissance de 270 ch, celui de la pompe à eau condensée et de la pompe à air, système Westinghouse Leblanc, a une puissance de 120 ch environ.

La salle des pompes est desservie par un pont roulant de 10 t qui permettra des réparations et des mises en place rapides.

Matériel électrique. — Le matériel électrique proprement dit: alternateurs, commutatrices, moteurs des pompes et des ponts roulants, etc., et tableaux haute et basse tension, est en achèvement dans les ateliers que MM. Schneider et Cie, ont installés il y a quelques années, à Champagne-sur-Seine, près de Fontainebleau, et nous avons pu voir une partie de ce matériel en essais au cours d'une visite que nous avons faite à ces ateliers.

Les *alternateurs*, d'une puissance unitaire de 10 000 kw, sont prévus pour donner du courant biphasé 13 500 volts à 42 périodes 1/3.

Le rotor est constitué par une pièce massive en acier, forgée puis forée, sur laquelle sont rapportés les deux bouts d'arbre (également forés) emmanchés à chaud et maintenus, en outre, par des boulons.

Les encoches devant recevoir le bobinage ont été faites à la raboteuse (fig. 1) après tournage.

Les bobines inductrices faites sur forme avec du cuivre en ruban enroulé sur champ, sont convenablement isolées, puis posées dans les encoches où elles sont maintenues par des cales en bronze; les extrémités sont maintenues par une frette en acier.

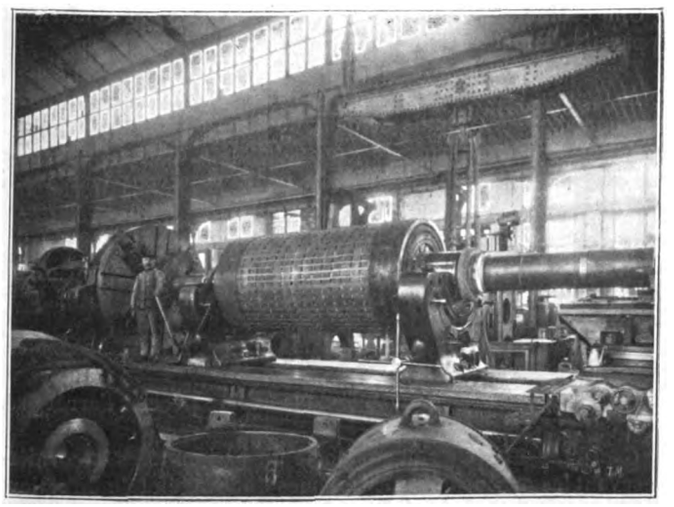


Fig. 1. — Usinage d'un rotor d'alternateur aux ateliers de Champagne-sur-Seine.

Un rotor tout équipé pèse environ 40 t, son diamètre est de $1^m,434$, et sa longueur totale de $5^m,200$ entre extrémités de l'arbre; cette énorme pièce tournera à 1 250 tours par minute (fig. 2), aussi toutes les parties en ont-elles été soigneusement calculées et examinées.

Le stator a été d'une construction moins délicate; l'empilage de tôle (il y a près de 30 000 segments par alternateur) est fortement serré par deux séries de plaques d'acier coulé réunies par des boulons. Les passages pour l'air de la ventilation sont largement prévus.

Les bobines induites sont constituées par des barres de cuivre

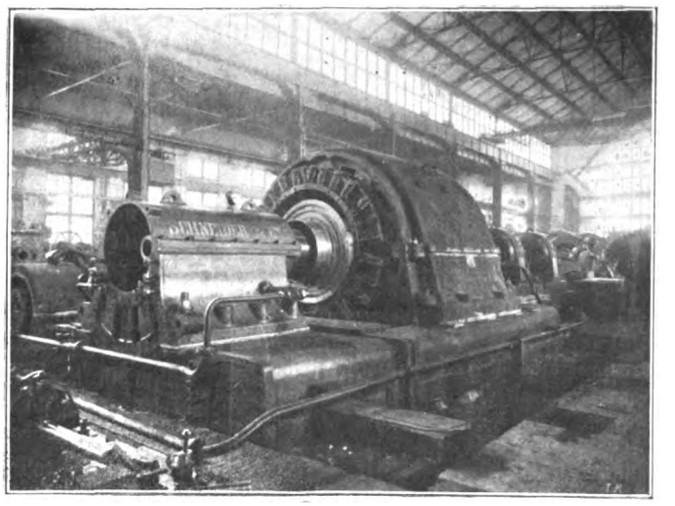


Fig. 2. — Vue d'un alternateur en montage aux ateliers de Champagne-sur-Seine.

de section carrée, enroulées sur un mandrin approprié; les spires sont soigneusement isolées entre elles, et enfin les côtés droits de la bobine sont entourés par un tube de micanite de 3 à 4 mm d'épaisseur, fait directement sur la bobine et donnant un isolement excellent avec la masse, qui a pu résister à un essai de 30 000 volts.

L'ensemble des têtes de bobines est très solidement entretoisé pour éviter toute déformation.

Dans toutes les machines à grande vitesse et à forte puissance massique, une ventilation énergique et rationnelle est absolument nécessaire si l'on veut éviter un échauffement dangereux. La ventilation a été assurée ici par de judicieuses dispositions, tant dans les parties fixes que dans le rotor.

L'air nécessaire, constamment canalisé, est pris à l'extérieur de la salle des machines, puis filtré pour éviter autant que possible l'introduction de poussières; il arrive sous le bâti de l'alternateur, est ramené vers l'arbre de chaque côté de l'induit et, de là, pris par des ventilateurs calés sur le rotor, il est envoyé dans des rainures et dans des gorges libres sous le bobinage et dans la masse du rotor, d'où il s'échappe à travers des rainures circulaires; après avoir refroidi le bobinage inducteur, il passe dans l'induit et est ensuite évacué, à l'aide de gaînes collectrices qui le rejettent hors de la salle des machines.

A l'extrémité de l'alternateur, du côté opposé à la turbine, et entraîné par lui, se trouve un *groupe à courant continu* constitué par l'excitatrice de l'alternateur correspondant, et une génératrice fournissant le courant aux services auxiliaires du groupe turbo-alternateur (pompes de circulation, pompe à air, etc.).

C'est ce groupe qui, fonctionnant comme moteur, a servi à entraîner l'alternateur et a permis de l'équilibrer à sa vitesse de régime, sans nécessiter d'installation coûteuse. On constate la présence d'un groupe d'équilibre, rendu nécessaire par ce fait que le courant dont on dispose à Champagne est de 440 volts et que les génératrices doivent fonctionner à 220 volts.

A une extrémité de la salle des machines, du côté de l'axe futur de la Centrale complétée, seront installées trois *commutatrices* biphasées de 500 kws, avec moteur asynchrone de démarrage. Ces commutatrices fourniront le courant nécessaire au pont

Digitized by Google

roulant, aux moteurs des pompes alimentaires, à la commande électrique des grilles et enfin à l'éclairage.

Tableau de distribution. — Le long de la salle des machines, un bâtiment spécial a été construit pour les appareils de distribution.

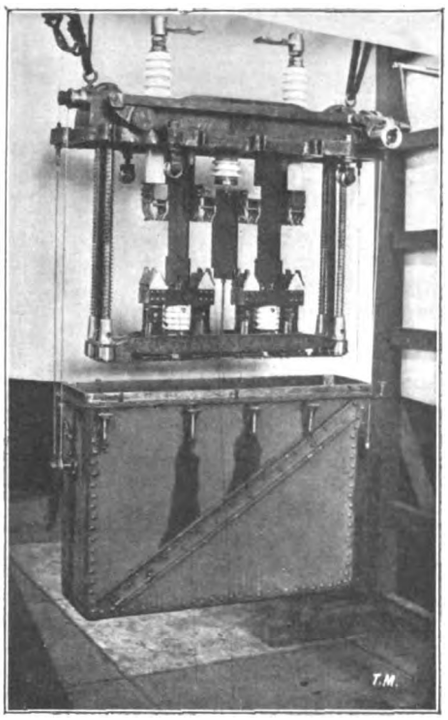


Fig. 3. — Vue d'un interrupteur dans l'huile sorti de sa cuve.

Le tableau de distribution de l'usine Sud-Ouest est analogue à celui de l'usine Nord (1). La seule différence est qu'il ne peut actuellement être divisé en deux parties indépendantes, comme à l'usine Nord.

On y retrouve les ponts de machines et les ponts de départs au nombre de quatre, de chacun desquels partent quatre feeders, le double jeu de barres générales, un jeu de barres d'essais des alternateurs et un jeu de barre de mise sous tension des feeders.

Les organes de protection et de manœuvre des alternateurs et des départs ont les mêmes caractéristiques qu'à l'usine Nord.

Les interrupteurs biphasés dans l'huile, au nombre de trente-six, construits à Champagne-sur-Seine, méritent cependant une mention spéciale à cause de leur robustesse.

Les interrupteurs du type Schneider sont à double coupure

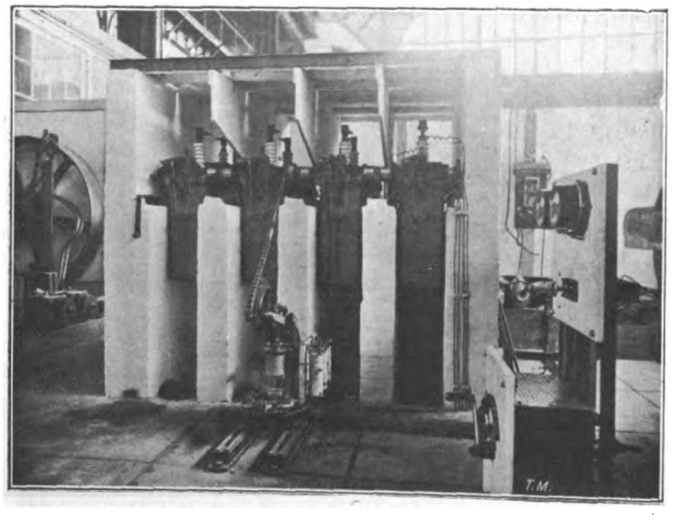


Fig. 4. — Vue de la niche d'essais des interrupteurs dans l'huile aux ateliers de Champagne-sur-Seine.

par pôle et comportent chacun quatre cuves distinctes, par interrupteur biphasé (fig. 3).

L'appareil de commande électrique à distance, que l'on peut voir sur la photographie représentant l'installation d'essais faite à Champagne, est particulièrement bien conçu (cet appareil sera, à Issy, monté au-dessus des niches et non en avant, ce qui gênerait pour la visite des niches).

Ce mécanisme de commande est du type à réenclanchement empêché; il se compose essentiellement d'un électro-aimant, qui produit la fermeture par l'intermédiaire d'une transmission par câble, bielle et manivelle; un second électro-aimant, commandé par les relais de circuit principal, provoque le déclanchement du système de galets et de crochets, qui maintient l'ensemble à la position de fermeture.

Les niches, comportant l'ensemble d'un interrupteur tétrapolaire, sont toutes aménagées de la même façon, pour permettre un montage très rapide du tableau.

La cuve des interrupteurs, dont le couvercle porte des galets, peut être descendue, et on peut visiter facilement les contacts (fig. 4).

Le tableau basse tension est identique à celui de l'usine Nord.

Ponts roulants. — La salle des machines est desservie par un pont-roulant électrique de 50 t, actuellement en service, construit par la maison Farcot et par les ateliers Schneider, de Champagne-sur-Seine.

Les mouvements de levage et de direction de la charge, ainsi que celui de translation du pont, sont commandés séparément par un moteur électrique.

Charpente. — La charpente du pont entièrement construite en acier laminé, se compose de deux poutres maîtresses sur lesquelles sont fixés les rails de roulement du chariot.

Deux passerelles placées de chaque côté du pont et prenant appui, d'une part sur les poutres maîtresses et d'autre part sur des poutrelles latérales, permettent la visite facile de tous les organes de l'appareil.

Les passerelles et les différentes poutres sont contreventées entre elles, de façon à obtenir une action en caisson.

Cette forme a l'avantage de présenter une grande rigidité dans le sens transversal, ce qui annule les vibrations de l'ossature au moment de l'arrêt du pont.

Les sommiers sont construits en tôles et cornières, et sont réunis aux poutres par de larges goussets prévenant toute déformation de l'ensemble.

Une cabine placée sous une extrémité du pont renferme les appareils de manœuvre.

Translation du pont. — Le pont roule sur quatre galets en fonte Griffin. Ces galets, encastrés dans les sommiers et tournant sur leur axe, sont munis de deux douilles en bronze, dont l'intervalle forme réservoir de graissage. Les deux galets, placés du côté de l'axe longitudinal du pont, reçoivent leur mouvement de rotation d'un moteur électrique placé sur la passerelle au milieu de la portée; la transmission se fait au moyen d'engrenages à denture droite taillée.

Tous les organes sont placés sur une passerelle, ce qui en facilite la visite.

Les paliers employés sont munis de bagues en bronze et se graissent automatiquement.

Un frein à pédale commandé de la cabine permet l'arrêt précis du pont.

Chariot. — Le chariot comporte un bâti en tôles et cornières, recevant les organes des mécanismes de levage et de direction de la charge.

Mécanisme de levage. — Ce mécanisme est commandé par un moteur électrique, attaquant le tambour d'enroulement du câble au moyen d'engrenages en acier à denture droite taillée.

Le tambour présente des gorges hélicoïdales, faites au tour, dans lesquelles viennent s'enrouler les câbles formant garants des moufles.

Le crochet est simple; il est monté sur billes et présente une large ouverture permettant l'entrée facile des élingues.

(1) Voir *Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), page 5.

Digitized by Google

FREINS. — L'arrêt de la charge en un point quelconque de la course est obtenu au moyen de deux freins, l'un, électro-magnétique, l'autre, purement mécanique.

Le *frein électro-magnétique*, du type à sabots en bronze, est commandé par un électro-aimant, lequel fonctionne à toute rupture normale ou anormale du circuit.

Le frein mécanique est du système *à vis et à plateaux*, il permet de descendre la charge au moyen d'un contrôleur, et d'obtenir toutes les vitesses désirables. Nous allons décrire en détail ce frein spécial, employé depuis peu par la maison Farcot.

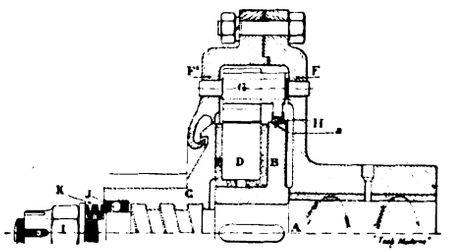


FIG. 5. — Demi-coupe du frein à plateau et à vis (système Farcot et Cie).

Ce frein est entièrement basé sur le frottement (fig. 5).

Il se compose d'un arbre A, fileté à une extrémité qui reçoit un plateau en acier B claveté contre un collet. Sur la partie filetée est placé un second plateau formant pignon denté C; ce plateau est également fileté et fait fonction d'écrou.

Entre les deux plateaux B et C se trouve un rochet en acier D, qui tourne librement entre les deux garnitures en bronze E.

L'ensemble, ainsi formé, est enfermé dans un carter en fonte en deux pièces F et FI, formant palier. Sur la circonférence, sont disposés trois cliquets qui viennent en prise avec le rochet; le nombre de dents du rochet est premier avec le nombre de cliquets, de façon à avoir le même résultat que si le rochet avait trois fois plus de dents.

Pour éviter que les cliquets battent pendant les mouvements de montée, le plateau B porte une rainure (*a*), dans laquelle sont engagés des frotteurs en bronze H, appuyés par des ressorts et qui portent des entailles prenant les têtons dont sont munis les cliquets. Tout déplacement de ces frotteurs relève ou abaisse les cliquets suivant le sens de rotation.

Pour assurer la prise immédiate du frein, les plateaux sont légèrement serrés entre eux au moyen d'un écrou I, avec interposition de rondelles Belleville appuyant sur une butée à billes J.

Le carter F forme réservoir d'huile et est muni d'un déflecteur empêchant toute projection d'huile à l'extérieur.

Fonctionnement. — L'arbre A est commandé par le moteur, et le pignon C est en relation directe avec la charge.

Levage en charge. — Le plateau écrou C est desserré, et le rochet D est libre entre les deux garnitures B. Quand le moteur est mis en marche de façon à faire tourner l'arbre A dans le sens de la flèche « levage », le plateau écrou C se déplace sur l'arbre A, car il est sollicité par la charge qui tend à le faire tourner en sens inverse de celui de l'arbre A. Le sens du filet est tel que ce mouvement relatif fasse serrer le plateau écrou C contre le plateau E (filet à droite dans le sens considéré).

Il en résulte que le rochet D est serré entre les deux plateaux B et C par l'intermédiaire des garnitures E. L'inclinaison de la vis A produit, sur les plateaux, une pression suffisante pour que le moment de la force de frottement des plateaux sur le rochet soit supérieur au moment de la charge par rapport à l'arbre A.

A ce moment, les deux plateaux B et C, le rochet B et les garnitures E ne forment qu'un tout calé sur l'arbre A, par suite du clavetage du plateau B sur ce dernier. Le moteur, continuant à tourner, le pignon formé par le plateau C entraîne la charge comme si elle était calée sur l'arbre A.

Le mouvement de rotation du plateau B entraîne les frotteurs en bronze H, placés dans la rainure (*a*), et, par suite, fait tourner les cliquets C autour de leur axe, dégageant ainsi le rochet, de façon à obtenir une marche silencieuse.

Arrêt en charge. — Au moment où le moteur s'arrête, la charge tend à faire dévier l'ensemble formé par les plateaux, l'arbre et le rochet; il en résulte un mouvement dans le sens de la flèche « descente », qui, par l'intermédiaire des frotteurs H, fait immédiatement entrer les cliquets en prise avec le rochet. La charge, exerçant toujours son action sur les plateaux, les conditions d'équilibre entre la force de frottement et la charge sont conservées, et comme le rochet est rendu immobile par les cliquets, la charge est maintenue au point d'arrêt.

Descente en charge. — Pour le mouvement de descente, l'arbre tourne dans le sens de la flèche « descente », tendant ainsi à desserrer le plateau C, lequel, toujours sollicité par la charge, se met à tourner dès que le couple de la force de frottement des plateaux devient inférieur à celui de la charge.

Il en résulte un mouvement relatif des plateaux par rapport au rochet, qui est toujours immobilisé par le cliquet, et le pignon C tourne à la même vitesse que l'arbre A.

La vitesse du moteur pouvant être réglée par l'appareil de mise en marche, il s'ensuit que la vitesse de descente peut varier dans les mêmes proportions.

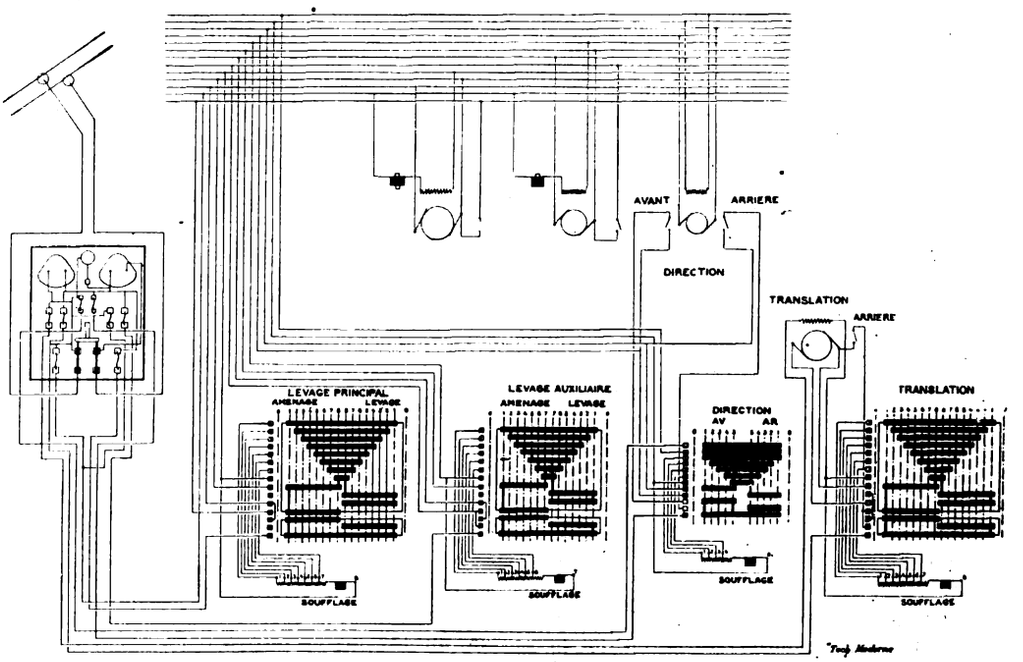


FIG. 6. — Schéma des connexions des ponts roulants électriques de 50 tonnes et de 10 tonnes à courant continu de 220 volts (système Farcot et Cie).

Arrêt pendant la descente. — Dès que l'effort du moteur est supprimé, le moment de la charge devient supérieur au moment de la force de frottement des plateaux, et les deux plateaux B et C, ainsi que le rochet, forment un tout qui est immobilisé par les cliquets.

Afin de préciser les arrêts, l'arbre A est muni d'un frein qui agit dès que le moteur n'est plus en action (frein électro-magnétique pour un treuil électrique). Ce frein absorbe la puissance

Digitized by Google

vive des pièces en mouvement, depuis le moteur jusqu'à l'arbre A, et permet ainsi le blocage instantané des deux plateaux et du rochet.

Fonctionnement à vide. — Quand le crochet du treuil n'est pas chargé, le frein fonctionne dans les mêmes conditions que ci-dessus, car la résistance passive des organes intermédiaires entre le frein et le crochet suffit à retenir le plateau écrou C et à le faire serrer le crochet D.

Mécanisme de direction. — Le chariot est porté par quatre galets en fonte Griffin, encastrés dans les longerons du bâti. Ces galets tournent sur leurs axes.

Deux de ces galets reçoivent un mouvement de rotation d'un moteur électrique.

La transmission se fait au moyen d'engrenages à denture droite taillée.

Appareillage électrique. — Les moteurs sont du type cuirassé. Ils sont établis spécialement pour les appareils de levage et comme tels, peuvent être soumis pendant quelques instants à des surcharges importantes.

Les controllers sont du type tramway ; ils sont de construction robuste et présentent un maniement facile (fig. 6).

Les résistances de démarrage et le câblage sont largement établis pour les intensités qu'ils ont à supporter.

Un tableau, placé dans la cabine à portée du conducteur, reçoit les appareils de sécurité destinés à préserver les moteurs de tout accident pendant la manœuvre.

Prises de courant. — L'alimentation principale se fait à l'aide de roulettes situées à une extrémité du pont. Le courant est amené aux moteurs situés sur le chariot par une série de fils nus tendus le long du pont, et sur lesquels viennent en contact des frotteurs fixés au chariot.

Charges d'essai :	pour 50 t	62 t 5
—	pour 10 t	12 t 5

Cheminées a tirage induit. — Le problème à résoudre pour assurer le bon fonctionnement des chaudières était le suivant : étant donnée une batterie de dix chaudières de 10000 kg, groupées sur la même cheminée, correspondant à une production normale de 100000 kg de vapeur à l'heure, pouvoir pousser cette production à 150000 kg, en brûlant à ce moment jusqu'à 20500 kg de charbon par heure.

Chacune des batteries de dix chaudières fut munie d'un appareil de tirage mécanique système Prat (1) composé de :

1° Un transformateur de pression en tôle ;

2° Deux ventilateurs centrifuges ;

3° Deux moteurs électriques des établissements Schneider et Cie ;

4° Les gaînes de jonction des ventilateurs ;

5° Un dispositif de secours par la vapeur.

Ces différents appareils sont placés sur la plate-forme centrale de la chaufferie, située à 20 m environ au-dessous du sol de chauffe, et le transformateur de pression lui-même est entouré d'une cheminée cylindrique en ciment armé, permettant d'évacuer les gaz de la combustion à 55 m au-dessus du sol de la chaufferie.

Une des caractéristiques de ces ventilateurs, système Prat, est qu'ils comportent sur la face arrière de la turbine un deuxième ventilateur fonctionnant dans l'air ambiant dont l'effet est d'assurer tout le long des paliers, une circulation énergique d'air frais, empêchant tout échauffement de ceux-ci, malgré la température élevée à laquelle est soumise l'autre face de la turbine et l'arbre qui la supporte.

Un des côtés intéressants de ce système de tirage par induction est que l'effet du ventilateur peut s'ajouter, à chaque instant et pour si peu que l'on veuille, à l'action du tirage naturel de la cheminée.

De sorte que, sans aucune autre manœuvre que la simple manipulation du rhéostat du moteur électrique actionnant le ventilateur, on peut faire varier l'aspiration sur les chaudières, depuis le simple tirage naturel de la cheminée jusqu'à une valeur double et triple de celui-ci.

Le tableau ci-après des conditions de marche prévues par la C. P. D. E. (usines Nord et Sud) montre le rendement de tout le système :

Chaudières en service	10	10	10	10
Vaporisation horaire en kg . . .	140 000	120 000	100 000	80 000
Charbon brûlé par heure en kg .	20 500	16 700	12 900	10 000
Tirage au niveau des économiseurs en mm	36	28	20	15
Orifices équivalents sur lesquels fonctionne le transf. de pression en m².	4,71	4,80	6,03	»
Travail sur la poulie de chaque ventilateur en ch.	72	35	7	0
Vitesse des ventilateurs	390	310	185	0
Vitesse des moteurs électriques.	1 150	883	541	0

De sorte que les dépenses d'énergie fournies aux ventilateurs sont respectivement de :

Pour 144 ch.	20 500 kg de charbon.
70 ch.	16 700 —
15 ch.	12 500 —
0 ch	10 000 —

le tirage naturel de la cheminée assurant à lui seul, à ce moment, cette combustion.

Or, si l'on compte sur 5 kg de vapeur par cheval effectif, le nombre de chevaux correspondants aux vaporisations indiquées ci-dessus est respectivement :

$$\frac{140\,000}{5} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{28 000 ch.}$$

$$\frac{120\,000}{5} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{24 000 ch.}$$

$$\frac{100\,000}{5} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{20 000 ch.}$$

Par suite, le pourcentage de la dépense d'énergie des ventilateurs par rapport aux puissances du groupe évaporatoire sont les suivants :

$$\frac{144}{26\,000} \text{ soit } 0{,}00554,$$

$$\frac{70}{24\,000} \text{ soit } 0{,}00291,$$

$$\frac{15}{20\,000} \text{ soit } 0{,}00075.$$

chiffres qui se passent de commentaires, car le plus élevé, pour l'allure de combustion la plus poussée de 132 kg par mètre carré de grille-heure, n'atteint pas 1/2 °/₀ de la puissance des chaudières, et le plus faible, pour l'allure de 81 kg est inférieur à un millième.

Enfin, quel que soit l'orifice sur lequel travaille le transformateur et la vitesse du ventilateur, l'orifice sur lequel fonctionne ce dernier appareil reste toujours constant, ce qui a pour avantage de n'exiger aucun surcroît de travail à lui fournir, lorsque les foyers des chaudières sont en fonctionnement anormal.

S. F.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 687.

Digitized by Google

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA FABRICATION DES DÉRIVÉS NITRÉS

Généralités. — Les dérivés nitrés constituent des produits intermédiaires fort importants de la grande industrie chimique organique. Leur valeur provient de leur transformation facile en amines ou d'autres produits de réduction. Un certain nombre d'entre eux, surtout les dérivés polynitrés, servent aussi comme explosifs. Nous ne nous occuperons que des produits peu nitrés, car la fabrication des explosifs est une industrie spéciale, généralement distincte de celle des produits nitrés servant de matières premières dans l'industrie des colorants organiques.

On obtient les produits nitrés par action de l'acide nitrique sur les composés aromatiques. Ainsi le benzène réagit avec l'acide nitrique concentré d'après l'équation :

$$\underset{\text{benzène}}{C^6H^6} + \underset{\substack{\text{acide}\\\text{nitrique}}}{HAzO^3} = \underset{\substack{\text{nitro-}\\\text{benzène}}}{C^6H^5AzO^2} + \underset{\text{eau}}{H^2O}.$$

Mais l'action ne s'arrête pas au dérivé mononitré et il est possible de préparer, avec une plus grande quantité d'acide nitrique, le dérivé binitré : le binitrobenzène, et même, quoique plus difficilement, le dérivé trisubstitué symétrique : le trinitrobenzène. L'expérience démontre que la nitration s'effectue beaucoup plus facilement en présence d'un déshydratant; le plus économique est l'acide sulfurique à 66° B., de sorte que, dans la plupart des nitrations industrielles, on emploie un mélange d'acides nitrique et sulfurique. Comme l'acide nitrique est un produit coûteux, on limitera sa quantité de façon à l'utiliser aussi complètement que possible lors de la nitration; il sera, en outre, avantageux d'employer un acide très concentré, surtout quand il s'agit de la fabrication de dérivés polynitrés. Dans l'industrie, on se sert d'acides titrant au moins de 70 à 80 % d'$HAzO^3$ et dont les densités sont données par le petit tableau suivant (1) :

°Bé	DENSITÉ	% $HAzO^3$
43°	1,426	70,6
44°	1,440	74,4
45°	1,454	78,4

Si possible, on prendra des acides encore plus concentrés (jusqu'à 98 et 99 %, soit 49°,5 Bé), ce qui est la règle dans les installations possédant des procédés modernes pour la fabrication de l'acide nitrique.

L'acide sulfurique est dosé de telle manière que sa concentration, à la fin de la réaction, corresponde à la composition $H^2SO^4 + 2H^2O$ (ou $SO^3 + 3H^2O$), car, plus dilué, il n'agit plus comme déshydratant. Il est donc très facile de calculer la quantité à employer pour une nitration et il est bien évident qu'il en faudra d'autant plus qu'il sera plus hydraté et que l'acide nitrique sera moins concentré. Pour arriver à une nitration très énergique, telle qu'elle est nécessaire pour les dérivés polynitrés, on prendra donc non seulement un acide nitrique aussi concentré que possible, mais aussi de l'acide sulfurique monohydraté ou même de préférence légèrement fumant (c'est-à-dire contenant de l'SO^3 libre), tout en n'augmentant pas trop la concentration en anhydride, ce qui pourrait donner lieu à des sulfonations.

La température joue également un rôle fort important lors de la nitration; l'expérience a démontré qu'il fallait en général opérer la nitration à température plutôt basse. La réaction entre les carbures et le mélange nitrique (acides nitrique et sulfurique) est très énergique quand on travaille en grand, et il faut abaisser la température par un refroidissement approprié, sans quoi l'on risque un emballement et même des explosions, comme il s'en produisait au début de la fabrication industrielle du nitrobenzène. Il y a du reste des différences très sensibles selon le composé qu'il s'agit de nitrer. Le benzène est un carbure aromatique qui se nitre relativement difficilement; cette nitration peut donc s'effectuer vers 25-30° C. Ses homologues : le toluène, les xylènes, cumènes, etc., s'attaquent bien plus facilement et l'attaque est d'autant plus énergique, plus on s'élève dans la série, de sorte que, pour les dérivés supérieurs, il faut abaisser très sensiblement la température de nitration et même la maintenir dans certains cas à 0° C.

D'autre part, le premier groupe nitro introduit, la nitration devient généralement plus difficile et, pour préparer les dérivés binitrés ou trinitrés, il faut non seulement augmenter la concentration des acides employés, mais surtout aussi élever la température de nitration. Quoiqu'il soit possible de binitrer directement le benzène ou le toluène en employant les proportions voulues, il vaut mieux cependant, dans bien des cas, procéder par étapes, c'est-à-dire préparer d'abord le dérivé mononitré, puis retransformer celui-ci, par une seconde opération, en dérivé binitré. Quoique plus compliquée, cette façon de procéder offre cependant une série d'avantages, ce qui fait qu'elle est souvent employée industriellement.

Mais on peut non seulement nitrer les carbures, mais aussi leurs nombreux dérivés. C'est ainsi que l'on prépare industriellement le dinitrochlorobenzène par nitration du benzène chloré, l'acide nitrobenzoïque par nitration de l'acide benzoïque; d'autre part, on emploie la nitration pour transformer les amines et les phénols en leurs dérivés nitrés. Les amines et les phénols surtout sont très vivement attaqués par l'acide nitrique, et il faut employer certaines précautions pour éviter une attaque trop énergique. Ainsi le phénol par exemple est transformé d'abord, par action de l'acide sulfurique concentré, à 100° C., en acide sulfonique qui est traité ensuite par l'acide nitrique. Celui-ci déplace le groupe sulfo, en prenant sa place, et on obtient alors le trinitrophénol ou acide picrique, qui est préparé industriellement par ce procédé.

Dans d'autres cas, on se servira de l'acide sulfurique concentré comme dissolvant et diluant; c'est ainsi que s'effectue la nitration de la benzine chlorée et surtout la nitration des amines. On prépare industriellement la p. nitraniline en nitrant l'acétanilide en solution sulfurique.

Une fabrique importante aura généralement intérêt, vu la grande quantité d'acide sulfurique consommé, qui est souvent un multiple du corps à nitrer, à le fabriquer d'après les procédés connus. L'acide nitrique est aussi préparé à l'usine même; parmi les nouveaux procédés nous tenons à signaler notamment le procédé Valentiner, qui travaille avec l'emploi du vide et qui donne, maintenant que les difficultés initiales ont été surmontées, d'excellents résultats. L'appareil de condensation est en grès et le vide se fait par une pompe spéciale (constructeur Burghardt, à Bâle), dans laquelle on utilise une faible couche de soude caustique concentrée pour éviter l'attaque du métal.

A mentionner aussi, comme procédé plus récent pour la fabrication de l'acide nitrique, le procédé Uebel, puis les procédés continus, comme celui de la Badische Anilin und Soda-Fabrik

(1) D'après Kolb.

Digitized by Google

(brevet français n° 406969 du 13. 9. 09), qui consiste à faire passer le mélange de salpêtre et d'acide sulfurique dans un appareil distillatoire composé de plusieurs récipients, munis d'agitateurs destinés à remuer le mélange, et dont la température va en croissant du premier au dernier.

Un facteur fort important pour l'économie de la nitration est l'emploi des acides résiduaires. On obtient généralement un acide sulfurique d'une concentration de 55° B. environ qui ne peut plus servir tel quel pour une nouvelle nitration. Ou bien on le concentrera à nouveau, en utilisant par exemple le dispositif Négrier-Hartmann avec des bassines en quartz fondu et en fer silicié, ou bien l'acide résiduaire servira à la fabrication des superphosphates, du sulfate de fer, pour précipiter les acides gras dans les eaux de savon résiduaires ou pour d'autres emplois. Dans tous les cas, il est fort important de lui trouver un emploi, non seulement à cause des grandes quantités produites, mais aussi pour réduire le prix de revient de la nitration.

Les corps qu'il s'agit de nitrer seront employés à l'état aussi pur que possible pour éviter des réactions secondaires.

Nitrobenzène. — Un des dérivés nitrés les plus importants pour la fabrication des matières colorantes est certainement la nitrobenzine, dont nous allons étudier la fabrication en détail parce qu'elle peut servir d'exemple pour la nitration des autres carbures.

La nitrobenzine découverte, en 1834, par Mitscherlich, fut fabriquée industriellement en Angleterre, dès 1847, par Mansfield et, en 1848, aux environs de Paris, par Colas avec l'aide de Pelouze. A cette époque, elle servait surtout, sous le nom d'essence de Mirbane, comme succédané de l'essence d'amandes amères pour parfumer les savons et les pommades. On trouvera dans le *Traité des dérivés de la houille*, par MM. Ch. Girard et G. de Laire (1), des détails sur les appareils primitivement employés. L'appareil Perkin consistait en un cylindre horizontal rotatif; Pelouze et Colas opéraient dans des touries en grès en faisant couler la benzine dans le mélange nitrique. Depuis, on a trouvé plus avantageux de renverser l'opération qui, primitivement, donnait souvent lieu à bien des mécomptes et même à des explosions.

La chaudière à nitration verticale, telle qu'elle sert encore actuellement avec certaines modifications, semble avoir été employée d'abord dans l'usine Nicholson et Maule, en Angleterre. La nitration faite, on séparait la nitrobenzine des acides et l'on opérait le lavage dans la chaudière même. On a trouvé préférable depuis d'effectuer le lavage dans des chaudières ou bâches spéciales.

Presque tous les types de chaudières de nitration actuellement employées dérivent du type Nicholson et Maule; nous nous contenterons d'en décrire deux, un plus ancien, qui sert fréquemment, et un type plus nouveau, qui nous semble être, parmi les appareils actuellement employés, très approprié au but poursuivi. Dans tous ces appareils, les opérations sont discontinues; on fait une charge, puis, l'opération menée à bonne fin, on évacue l'appareil et l'on procède à une nouvelle charge. Il existe bien un procédé continu que nous décrirons plus loin, mais il ne semble être employé jusqu'ici que par une seule usine et présente certaines difficultés d'exécution.

Pour la nitration, on emploiera un benzol 100 °/₀ presque chimiquement pur, qui distille dans l'intervalle de 2/10° de C, ce qui fournit une nitrobenzine et une aniline qui passent aussi entre 2 à 3/10° C (2). Si le benzol ne devait pas être suffisamment pur, on le rectifierait d'abord dans un appareil à colonne (fig. 3). Les queux sont envoyées dans des réservoirs spéciaux avec les résidus de nitration et vendus comme naphte ou comme solvant.

(1) 1 vol., Paris, 1873, p. 251.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 8 (15 avril 1912), p. 297.

On peut imaginer bien des installations pour exécuter la nitration. En principe, on prendra une chaudière verticale en tôle, avec un agitateur à palettes et munie des accessoires nécessaires, notamment d'un dispositif permettant de refroidir au début, où la réaction est particulièrement violente. On n'emploie sans doute plus guère d'appareils en grès que l'on refroidissait en faisant couler de l'eau froide à l'extérieur. Les appareils en fonte sont aussi presque complètement abandonnés, car les acides concentrés déchirent rapidement la fonte; les chaudières en tôle sont préférables. La réfrigération se fait en les entourant d'une enveloppe à circulation d'eau froide et en disposant à l'intérieur des serpentins réfrigérants, également à circulation d'eau froide (fig. 1).

Ces tubes réfrigérants peuvent être disposés de différentes façons, selon le modèle de la chaudière; d'habitude, ils se trouvent en spirales le long de la paroi pour laisser l'espace nécessaire pour l'agitateur. Quand il s'agit de fortes charges — certaines usines travaillent des parties atteignant 2 000 kg — on prendra deux agitateurs mus par deux roues dentées. La réfrigération à l'eau peut alors être insuffisante; il vaut mieux refroidir, en ce cas, par de l'eau salée refroidie dans une machine frigorifique; la dépense en force n'est guère plus considérable et la nitration peut s'effectuer bien plus rapidement.

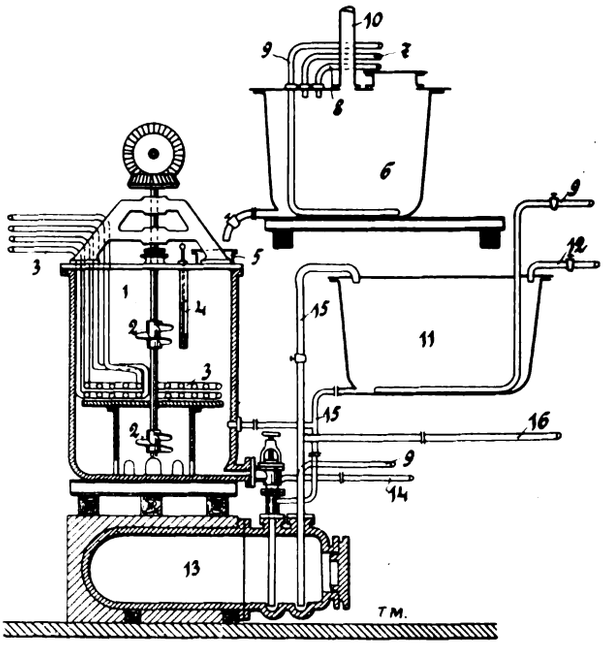


Fig. 1. — Chaudière de nitration (ancien modèle) pour la fabrication de la nitrobenzine. — 1, chaudière de nitration; 2, agitateurs pour opérer le mélange de l'acide et du benzène; 3, serpentins à circulation d'eau froide pour la réfrigération; 4, thermomètre; 5, orifice pour l'arrivée du mélange nitrique; 6, chaudière pour préparer le mélange des acides sulfurique et nitrique; 7, conduite d'amenée de l'acide sulfurique; 8, conduite pour l'acide nitrique; 9, conduite d'air comprimé; 10, cheminée d'évacuation en grès pour les vapeurs formées; 11, bâche pour laver le nitrobenzène; 12, conduite d'eau; 13, monte-jus; 14, conduite d'évacuation des acides usés; 15, conduites pour le nitrobenzène en cours de fabrication; 16, conduite d'évacuation du nitrobenzène lavé.

L'importance de la charge dépend de la grandeur des appareils qui est déterminée par la production journalière. On compte une contenance d'environ 400-500 litres pour la nitration de 100 kg de benzène. Le carbure est mesuré dans un appareil jaugeur, puis amené par une conduite à la chaudière de nitration. On met d'abord le carbure et on y fait couler le mélange nitrant; il est préférable de travailler ainsi qu'inversement, la réaction est plus facile à régler et on évite bien plus sûrement la formation du dérivé binitré. Pour la nitration de 100 kg de benzène, on emploiera par exemple 110 kg d'acide nitrique à 1,44

Digitized by Google

(75 °/₀) et 170 kg d'acide sulfurique à 66° Bé (95 °/₀) (¹). Si l'acide nitrique est plus concentré, il en faudra proportionnellement moins, et il faudra diminuer aussi l'acide sulfurique. Il y a tout intérêt à employer des acides aussi concentrés que possible, surtout aussi au point de vue de la rapidité de la nitration. Comme, lors du mélange des acides, il se produit une notable élévation de température, on préparera le mélange la veille, afin qu'il puisse revenir à la température ordinaire, ou bien l'on emploie un appareil mélangeur à refroidissement dans le genre de celui qui sera décrit plus loin (fig. 5 et 6).

On laisse bien déposer le mélange, puis l'on envoie la quantité nécessaire, mesurée à l'aide d'un appareil jaugeur, généralement constitué par un réservoir en tôle muni d'un niveau, dans un réservoir en grès ou en tôle situé au-dessus de la chaudière de nitration.

Tout étant disposé pour une opération, on fait maintenant couler le mélange nitrant dans le benzol, en agitant convenablement à l'aide de l'agitateur et en contrôlant la température, qui ne doit pas dépasser 30° C, avec un thermomètre plongeant dans le liquide de la chaudière. A l'aide d'un dispositif de réglage, il est facile de régler l'arrivée de l'acide et par conséquent la vitesse de la nitration. Avec une bonne réfrigération, celle-ci est terminée en sept à huit heures et, si l'opération est bien conduite, il ne doit pas se former sensiblement de vapeurs nitreuses. Des conduites en grès mettent les réservoirs à acides et les chaudières de nitration en communication avec l'air libre.

Avec les proportions indiquées, il y a excès de benzène. De cette façon, on utilise autant que possible l'acide nitrique et l'on évite la formation de binitrobenzène. La nitration terminée, on arrête l'agitateur, la séparation s'effectue et la nitrobenzine surnage sur l'acide sulfurique hydraté. On fait écouler l'acide et l'on envoie la nitrobenzine au lavage, qui se fait d'abord avec de l'eau dans une chaudière doublée de plomb et munie d'un agitateur, et ensuite à la soude caustique diluée pour enlever les phénols nitrés. La soude prend une coloration jaune plus ou moins intense selon la teneur en phénols. On termine par un lavage à l'eau, à l'aide d'un tambour laveur qui contient un agitateur muni d'ailettes marchant à grande vitesse. Le corps du laveur en fonte porte des brise-lames, ce qui donne un mélange intime de l'eau de lavage et du nitrobenzène. La séparation de l'eau et du nitrobenzène s'effectue dans des séparateurs ou vases florentins, d'où le nitrobenzène est dirigée sur le réservoir du produit brut.

La figure 2 donne le schéma d'une installation moderne pour la fabrication de la nitrobenzine (²).

L'acide résiduaire, dont la concentration dépend de la concentration des acides employés, a de 55-56° B; il contient un peu de nitrobenzine en solution que l'on pourrait séparer par dilution, d'habitude encore 1 °/₀ d'acide nitrique, on le traite dans certaines usines à nouveau par du benzol dans une chaudière analogue à la chaudière de nitration, puis on ajoute le benzol contenant du nitrobenzol à la partie principale. L'acide sulfurique qui reste maintenant est dirigé sur la citerne à acide, d'où il passe à la concentration, ou on l'envoie aux ateliers en ayant l'emploi.

La nitrobenzine lavée contient encore du benzène en excès qu'il faut lui enlever par distillation à la vapeur d'eau. Cette opération se fait dans un atelier spécial séparé de l'atelier de nitration (fig. 3).

La chaudière à distiller est munie des accessoires nécessaires : thermomètre, manomètre, conduite de vapeur directe, serpentin à eau froide, etc. La vapeur entraîne d'abord la benzine plus volatile; on condense dans un réfrigérant multitubulaire et l'on sépare dans un séparateur le benzène de l'eau. Quand la vapeur d'eau entraîne la nitrobenzine, c'est-à-dire que l'huile condensée est plus dense que l'eau (ce que l'on observe par des lanternes ou par des regards se trouvant sur les conduites de condensation), on arrête la vapeur et l'on recueille le mélange condensé dans des séparateurs spéciaux. On refroidit maintenant la nitrobenzine et on l'évacue dans un grand réservoir. L'eau amenée par la vapeur est séparée dans des vases florentins de la nitrobenzine qui est rajoutée à la partie principale. Quant à la benzine régénérée, elle est redistillée à nouveau; la partie qui passe à la température voulue (80° C) retourne à l'atelier de nitration, les parties plus lourdes sont vendues comme naphte ou comme solvant; les divers résidus de nitrobenzène retournent à la chaudière de distillation pour être travaillés avec une nouvelle partie (¹).

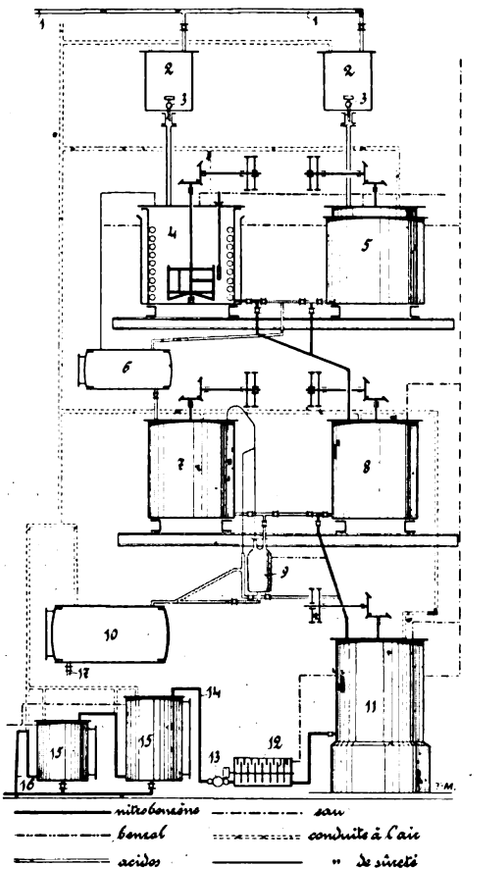


FIG. 2. — Schéma d'une installation pour la nitration du benzène. — 1, conduite amenant le mélange sulfonitrique; 2, réservoirs d'acides avec robinet-regard; 3, 4, 5, chaudières de nitration avec chemise réfrigérante, serpentin, thermomètre, agitateur, etc.; 6, séparateur des acides usés qui sont envoyés dans le dénitreur, 7, alors que la nitrobenzine est dirigée sur le laveur 8; 8, appareil avec revêtement en plomb pour le lavage de la nitrobenzine à l'eau; 9, séparateur des résidus d'acide et de la benzine; 10, réservoir des acides usés; 11, laveur de la nitrobenzine à la soude caustique; 12, tambour laveur pour laver la nitrobenzine à l'eau; 13, pompe pour évacuer le mélange de nitrobenzine et eau par la conduite, 14, vers les vases florentins, 15, où se fait la séparation automatique de l'eau et de la nitrobenzine; 16, conduite vers le réservoir de nitrobenzol brut; 17, évacuation des acides résiduaires.

(1) L'acide sulfurique employé résulte du calcul suivant : Lors de la nitration de 100 kg de benzol, il se forme 23 kg d'eau; 110 kg d'acide nitrique à 75 °/₀ en contiennent 27 kg 5, soit au total de 50 kg 5 d'eau qu'il s'agit d'absorber. Si l'acide sulfurique était à 100 °/₀, il ne faudrait que 140 kg d'acide; mais comme il est supposé être à 95 °/₀, les 5 °/₀ d'eau qu'il contient rendent inactif 13,5 °/₀ d'acide, de sorte qu'il n'agit en somme que comme un acide à 81 °/₀, d'où le chiffre de 170 kg employé réellement.

L'acide sulfurique usé a environ la composition 60 H^2O à 160 H^2SO^4 et se rapproche donc très sensiblement de la limite $H^2SO^4 + 2\ H^2O$ (96 H^2SO^4 : 36 H^2O) donnée plus haut.

(2) Le réservoir 6 peut contenir une charge d'acides résiduaires. Pour le traitement des acides résiduaires en 7, ainsi que le lavage de la nitrobenzine en 8, on réunit les 2 charges des chaudières 1,2. Le lavage à l'eau en 8 se fait avec peu d'eau; on peut alors réunir les eaux de lavage aux acides résiduaires, en 10. Si on lave avec beaucoup d'eau, on évacuera les eaux, mais à travers des séparateurs pour retenir la nitrobenzine entraînée. On prendra les mêmes précautions pour les eaux alcalines du laveur 11.

La figure n'indique que deux séparateurs 15 pour séparer la nitrobenzine de l'eau de lavage; pratiquement il en faudra plutôt 4, ce qui généralement n'est pas avantageux. Comme il retient

(1) La figure 3 donne le schéma d'une installation de ce genre; il est bien entendu que l'atelier peut aussi être disposé autrement. Le

Digitized by Google

Pour la plupart des emplois, la nitrobenzine ainsi obtenue est suffisamment pure, surtout s'il s'agit de la réduire en aniline. Pour l'obtenir tout à fait pure, on peut la distiller, de préférence dans le vide, avec les appareils usuels (fig. 4), qui peuvent aussi servir pour la distillation des autres dérivés nitrés, notamment du nitrotoluène.

L'appareil de nitration que nous venons de décrire et qui est

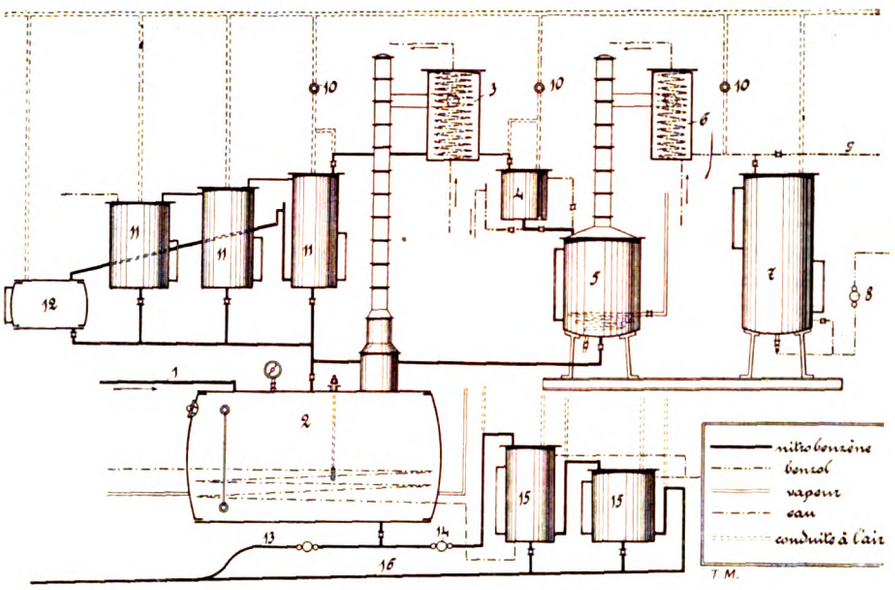


FIG. 3. — Schéma d'une installation pour la distillation de la nitrobenzine à la vapeur d'eau. — 1, arrivée de la nitrobenzine lavée contenant encore du benzol; 2, chaudière de distillation avec conduite de vapeur directe, serpentin de réfrigération, thermomètre, manomètre etc.; 3, réfrigérant; 4, séparateur du benzol et de l'eau; 5, appareil à distiller le benzol régénéré; 6, réfrigérant pour le benzol; 7, réservoir pour le benzol régénéré; 8, pompe et conduite d'évacuation du benzol; 9, conduite de naphte ou solvant allant au réservoir des hydrocarbures; 10, thermomètres d'alarme pour signaler une réfrigération insuffisante; 11, florentins pour séparer la nitrobenzine de l'eau après avoir chassé la benzine et condensé la nitrobenzine entraînée par la vapeur d'eau en 3; 12, réservoir de la nitrobenzine distillée; 13, évacuation de la nitrobenzine débarrassée de benzine vers le réservoir de nitrobenzine; 14, pompe d'évacuation pour le mélange d'eau et de nitrobenzine; 15, florentins.

assez généralement employé, a l'inconvénient que sa surface réfrigérante peut être insuffisante. Si l'on dispose les serpentins pour la réfrigération à l'intérieur, ceux-ci sont assez rapidement attaqués et corrodés, ce qui nécessite des réparations fréquentes; en outre, on risque aussi que la rupture des tubes ait lieu pendant l'opération même, ce qui provoque de gros ennuis et une perte de temps et de matières considérables.

Un appareil breveté tout récemment (brevet allemand 244 267, du 3 mars 1910, constructeur Eisenwerk Kaiserslautern) et que nous avons vu fonctionner dans de grandes usines, constitue un progrès sensible, parce que, tout en refroidissant d'une façon très énergique, il ne présente pas ces inconvénients.

Le principe en est excessivement simple. Il consiste à disposer dans la chaudière de nitration un certain nombre de tubes réfrigérants verticaux fermés à l'extrémité qui plonge dans la matière à nitrer, et dont la section pourra être ronde ou ondulée, pour obtenir une surface réfrigérante aussi considérable que possible. Les tubes peuvent être entrés librement dans le couvercle ou bien être fixés à celui-ci par un dispositif quelconque. Chaque tube est muni d'un tube d'amenée d'eau pour la réfrigération, branché sur une conduite principale circulaire, ainsi que d'une conduite d'évacuation. L'avantage de ce dispositif est le suivant. Si l'un des tubes arrive à être corrodé, il est facile de le constater par la réaction acide de l'eau d'écoulement; il suffit alors d'arrêter l'accès d'eau, de sortir le tube endommagé et de le remplacer par un autre pendant l'opération. Celle-ci n'a donc pas besoin d'être interrompue et, ce qui est plus important encore, elle n'est pas perdue, comme cela arrive trop facilement avec les anciens procédés de réfrigération avec des serpentins. Les mêmes tubes peuvent servir au chauffage en les reliant à une conduite de vapeur, si l'on désire élever la température de nitration (fig. 5 et 6).

La façon d'opérer reste, à part cela, complètement la même, sauf les charges, qui peuvent être considérablement augmentées; il est facile de nitrer 1 000 kg de benzol en dix heures, avec un rendement d'environ 150 parties pour 100 parties de benzol (théoriquement 157).

Au point de vue de l'installation générale, il est bon de faire remarquer que l'on devra disposer d'ateliers spacieux, bien éclairés et bien aérés. Cette dernière condition est essentielle, car la nitrobenzine est très toxique. Comme tous les appareils sont clos et munis de dégagement à l'air libre, il ne doit pas y avoir de vapeurs dans l'atelier; le travail de l'ouvrier est réduit à la manœuvre des robinets des différents appareils. Des regards placés aux endroits appropriés ainsi que des niveaux permettent de suivre les opérations. Enfin, on contrôle par des prises, qui peuvent être examinées au laboratoires par le chimiste, la marche de la fabrication.

Quant au prix de revient du nitrobenzol, il dépend essentiellement du prix de l'acide nitrique, qu'il faut préparer dans l'usine même pour pouvoir fabriquer d'une façon économique.

Il est difficile d'établir un prix de revient absolu, les conditions variant d'une usine à l'autre; voici

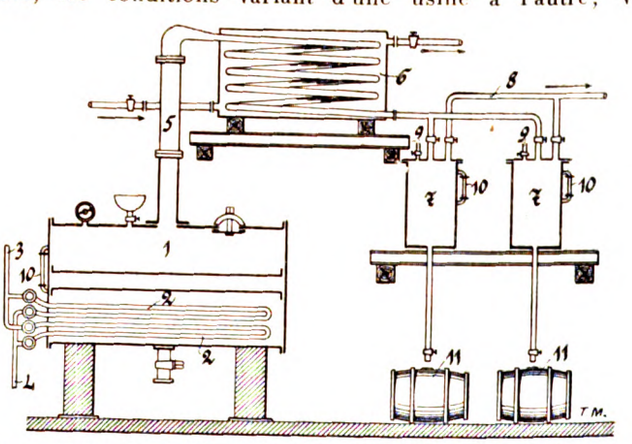


FIG. 4. — Schéma d'un appareil de distillation dans le vide. — 1, chaudière de distillation avec trou d'homme, manomètre et robinet de vidange; 2, serpentins de vapeur d'eau surchauffée pour le chauffage; 3, entrée de la vapeur; 4, évacuation de l'eau de condensation; 5, colonne; 6, réfrigérant; 7, réservoirs pour le produit distillé qui servent alternativement pour ne pas interrompre la distillation; 8, conduite du vide; 9, robinet d'air; 10, tubes à niveau; 11, fûts pour la marchandise distillée.

toutefois, une calculation approximative pour fixer les idées :

1 000 kg de benzol 100 %, à 25 fr les 100 kg.	250 fr
1 100 kg acide nitrique 44°, à 35 fr les 100 kg.	385
1 700 kg acide sulfurique 1,84 (95 %), à 5 fr les 100 kg .	85
	720 fr

transport du liquide peut aussi se faire par l'air comprimé; il faut alors avoir des récipients clos. Dans l'installation figurée, tous les appareils communiquent avec l'air libre par une seule conduite. Des thermomètres alarmes peuvent être disposés pour signaler une réfrigération insuffisante, et l'on peut aussi mettre au bout de la conduite à l'air un réfrigérant de sûreté et un récipient pour éviter toutes les pertes.

Digitized by Google

Rendement : 1 500 kg de nitrobenzine, ce qui met la tonne à environ 480 fr, sans compter les frais de main-d'œuvre, frais généraux, etc., que l'on peut estimer à 50 fr la tonne.

On arrive donc à un prix d'environ 500 à 550 fr la tonne, alors que la nitrobenzine est cotée pour la vente à environ 600-800 fr la tonne, selon l'importance des marchés et sa pureté (1).

Toutefois, il est juste de remarquer que la nitrobenzine même se vend peu et qu'elle est surtout transformée en aniline dans l'usine même.

A l'aide du procédé de nitration exposé, la nitration est discontinue et il faut donc procéder par charges successives. Dans le cas d'une production importante dans les grandes usines de matières colorantes, il y aurait intérêt à transformer la fabrication d'une façon continue. On y arrive par le procédé suivant des Farbwerke vorm. Meister Lucius et Brüning, à Hoechst-sur-Main (brevet allemand n° 201 623 ; brevet français n° 401 679).

Le principe de la nitration continue consiste à disposer, à la suite les unes des autres, de petites chaudières de nitration munies d'agitateurs très rapides, pour obtenir un mélange aussi intime que possible du corps à nitrer et des acides. Le benzol et le mélange nitrique se trouvent dans deux réservoirs appropriés; ils sont amenés à la première chaudière de nitration par deux pompes mues par le même arbre et réglées de façon à fournir des quantités équivalentes des deux liquides. Ceux-ci entrent en réaction dans la première chaudière, puis parcourent successivement les chaudières suivantes, où la nitration se termine. Le débit des deux pompes est calculé pour que la nitration soit complètement terminée quand le mélange quitte la dernière chaudière pour arriver au séparateur. On règle aussi de façon appropriée la température des diverses chaudières. Ainsi tandis que la première sera refroidie pour enlever la chaleur de réaction, on élèvera successivement la température des chaudières suivantes pour terminer la nitration.

Les avantages de la nitration continue sont : des frais d'installation moins considérables et une notable diminution de main-d'œuvre et de force motrice; toutefois, ce procédé très récent ne semble encore avoir été appliqué que dans une seule usine et nous n'avons pu apprendre avec certitude si les résultats industriels étaient favorables.

Fig. 5.

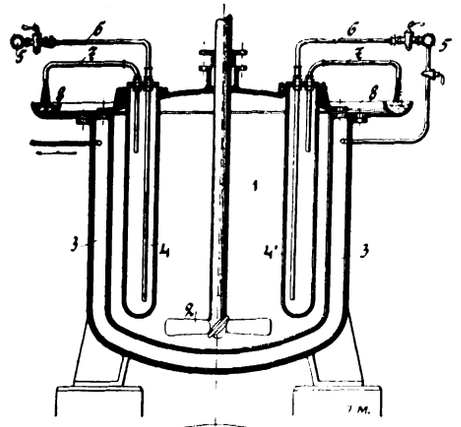


Fig. 6.

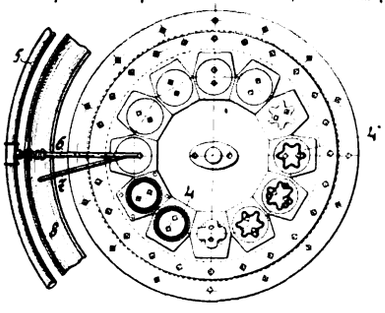


Fig. 5. — Coupe de la chaudière de nitration (système Eisenwerk Kaiserslautern).

Fig. 6. — Vue en plan de la chaudière de nitration. — 1, chaudière de nitration avec agitateur; 2, agitateur; 3, enveloppe à circulation d'eau froide; 4, 4', tubes réfrigérants à section ronde ou ondulée; 5, conduite principale d'eau froide; 6, conduite amenant l'eau froide au fond du tube 4; 7, 8, conduites d'évacuation de l'eau de réfrigération.

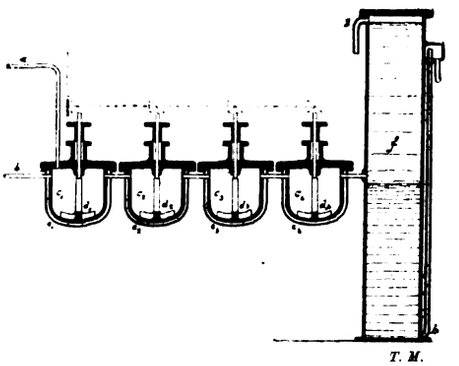
(1) Le prix de 800 fr est coté pour un produit deux fois rectifié tel qu'il sert pour la parfumerie, etc.

Voici donc, rapidement exposée, la technique pour la nitration du benzol. Pour être complet, nous citerons encore quelques projets qui n'ont pas été exécutés pratiquement. Ainsi S. Millor et Patricroft (brevet anglais n° 5604/83) proposent de nitrer directement le benzol contenu dans le gaz d'éclairage ou dans le gaz de fours à coke, en faisant passer le gaz dans une tour remplie de coke et en amenant, au haut de celle-ci, de l'acide nitrique, qui descend à contre-courant du gaz. Le benzol doit être nitré; on sépare le nitrobenzène de l'acide nitrique en excès et l'on régénère celui-ci par transformation en nitrate de chaux, puis par distillation avec l'acide sulfurique.

Un brevet plus récent (brevet allemand n° 207 170 des Chem. Fabriken Grunau, Landshoff und Meyer A. G.) paraît plus intéressant. Il consiste à faire passer les vapeurs de benzol, à 300° C, sur les composés obtenus par action des oxydes de l'azote sur les oxydes de zinc et de calcium. Il y aurait là un procédé de nitration continu du benzol qui pourrait être combiné au four électrique servant à la combustion de l'air. De plus, la nitrobenzine étant obtenue à l'état de vapeur pourrait être réduite par l'hydrogène d'après le procédé Sabattier et Senderens (1), et l'on aurait ainsi une préparation continue de l'aniline. On peut aussi, d'après M. Bergius, nitrer le benzol avec les vapeurs nitreuses résultant de la combustion de l'air avec ou sans oxygène, en faisant passer le mélange des vapeurs dans un espace chauffé à 200° C.

Toutefois, ces procédés ingénieux ne sont pas encore du domaine de la pratique.

Pour terminer, voici les propriétés du nitrobenzène. C'est un liquide légèrement jaunâtre, fortement réfringent, d'une odeur tout à fait caractéristique et possédant une densité de 1,209 à 15° C. Il cristallise à + 3° et bout à 205° C, à pression atmosphérique normale. Le nitrobenzène est insoluble dans l'eau, mais soluble en toute proportion dans l'alcool, l'éther et la benzine. Le nitrobenzène sert de matière première pour la fabrication de l'aniline, de l'azobenzène, de la benzidine, etc., comme oxydant pour la préparation de la fuchsine, de la quinoléine et de ses dérivés; il est souvent utilisé comme solvant, grâce à son point d'ébullition élevé et à sa régénération facile par distillation à la vapeur d'eau; on l'emploie, enfin, en savonnerie et parfumerie.



T. M.

Fig. 7. — Dispositif schématique pour la nitration continue du benzol, système Farbwerke à Hoechst. — a, conduite amenant le benzol; b, conduite des acides nitrique et sulfurique; c_1, c_2, c_3, c_4, chaudières de nitration avec agitateurs d_1 — d_4 et chemises réfrigérantes e_1 — e_4; f, séparateur du nitrobenzène et des acides; g, conduite d'évacuation du nitrobenzène; h, évacuation des acides usés.

Le contrôle industriel se fait par la distillation fractionnée; le produit pur doit passer dans l'intervalle d'un degré et même moins, si l'on est parti du benzol pur.

Nitrotoluènes. — A côté de la fabrication du nitrobenzène, celle des nitrotoluènes offre également une grande importance technique. Comme elle ne diffère pas essentiellement de celle du nitrobenzène, le même procédé et les mêmes appareils peuvent être employés.

Toutefois, la nitration doit être faite à plus basse température pour éviter la formation de crésols nitrés. Voici les proportions

(1) Brevet français n° 312615 et brevets additionnels.

Digitized by Google

employées pour une charge : 100 kg toluène, 100 kg acide nitrique à 44° B et 150 kg acide sulfurique à 66°B. La nitration terminée, on procède à la séparation, au lavage à l'eau et à l'alcali comme pour le nitrobenzène et l'on obtient en moyenne 140 °/₀ d'un produit d'une densité de 1,165 (20°B) (fig. 8).

Ce produit non homogène est constitué par un mélange de 60 °/₀ d'ortho et 40 °/₀ de paranitrotoluène ; il contient en outre environ 1 °/₀ de métanitrotoluène. Dans quelques rares cas, on peut employer le mélange tel quel ; d'habitude, on sépare les dérivés ortho et para qui sont fournis à l'état passablement pur par l'industrie.

Comme l'orthonitrotoluene bout à 218° et le dérivé para à 234°C, on arrive à une séparation assez complète par distillation fractionnée, telle qu'elle fut pratiquée, dès 1887 (1). On opère dans le vide à l'aide d'un appareil en fonte analogue à celui représenté par la figure 4 et surmonté d'une colonne à plateaux en fer. La condensation se fait par un serpentin et les diverses fractions sont recueillies dans des réservoirs fermés. Les têtes de distillation sont de plus en plus riches en o. nitrotoluène, tandis que les talons s'enrichissent en paranitrotoluène que l'on

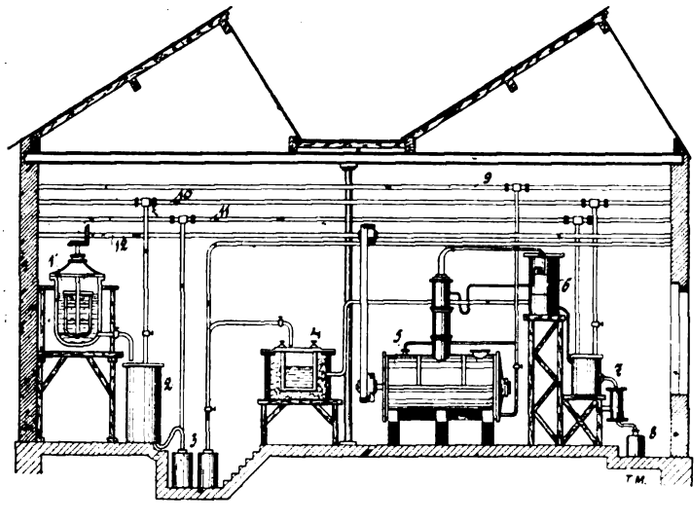


FIG. 8. — Atelier pour la fabrication des nitrotoluènes (d'après MM. Cassella et Cie). — 1, chaudière de nitration ; 2, séparateur et laveur ; 3, récipient pour le nitrotoluène brut ; 4, cylindre de réfrigération pour la séparation de l'ortho et du para nitrotoluène ; 5, chaudière à agitateur pour la distillation de l'orthonitrotoluène à la vapeur d'eau ; 6, réfrigérant ; 7, séparateur ; 8, récipient pour recueillir l'orthonitrotoluène ; 9, conduite de vapeur ; 10, conduite d'eau ; 11, conduite d'évacuation à l'air ; 12, transmission.

peut faire cristalliser ensuite. Actuellement, on se sert plutôt du mode de séparation par cristallisation. L'orthonitrotoluène est liquide au-dessus de 0°, tandis que le dérivé para est cristallisé et fond à 54°C. Si l'on refroidit donc suffisamment le mélange obtenu par nitration, le dérivé para cristallise ; on l'enlève par turbinage et on peut encore le purifier ensuite par une nouvelle distillation.

Quant à l'ortho liquide, il sera soit distillé dans le vide pour le séparer du para qu'il contient encore, ou distillé à la vapeur d'eau, avec laquelle il est plus volatil que le dérivé para (1 kg de vapeur entraîne 30 gr d'ortho contre 20 gr de paranitrotoluène) (2).

AUTRES DÉRIVÉS MONONITRÉS. — Nous n'insisterons pas sur la fabrication des autres dérivés nitrés, qui s'effectue d'une façon analogue.

On prépare aussi industriellement sur une certaine échelle, les nitroxylols que l'on obtient par nitration des xylols. Certaines usines séparent par sulfonation les trois xylènes contenus dans le goudron de houille, puis nitrent séparément le métaxylol et le paraxylol qui fournissent respectivement le métanitroxylol (1, 3, 4) (à côté de 10 °/₀ du dérivé voisin 1, 3, 2 et le paranitroxylol (1, 4, 3). Ces produits sont réduits en xylidines : métaxylidine et paraxylidine, qui trouvent un certain emploi dans l'industrie des matières colorantes.

La nitration de la naphtaline offre cette particularité qu'elle doit s'effectuer à une température plus élevée, ce carbure étant cristallisé à température ordinaire.

On emploiera avantageusement les acides résiduaires d'une opération précédente. Ainsi, on prendra par exemple, pour 250 kg de naphtaline : 600 kg d'acides résiduaires, 200 kg d'acide sulfurique frais à 66° B, et 200 kg d'acide nitrique à 40°B. La nitration s'effectue en l'espace d'un jour à 50° C. On sépare ensuite la nitronaphtaline solide des acides liquides, et on la fond plusieurs fois avec de l'eau pour la débarrasser de l'acide. L'α-nitronaphtaline ainsi obtenue forme des aiguilles jaunes fusibles à 61° et distillant à 304° C.

La nitronaphtaline sert pour quelques explosifs ; la plus grande partie est transformée par réduction en α-naphtylamine, matière première fort importante pour l'industrie des colorants artificiels.

DÉRIVÉS BINITRÉS. — La fabrication des dérivés binitrés s'effectue, en principe, comme celle des dérivés mononitrés, avec la différence toutefois qu'il faut employer une quantité d'acide proportionnelle au degré de nitration qu'il s'agit d'atteindre. Souvent, il est avantageux de procéder en deux fois, c'est-à-dire de produire d'abord le dérivé mononitré qui est ensuite soumis à une nouvelle nitration. Comme on emploie des acides plus concentrés, il faut tenir compte de la solubilité souvent considérable des dérivés polynitrés dans le mélange nitrique en les en séparant par dilution. On peut aussi réemployer pour la nitration les acides résiduaires saturés du dérivé nitré, après les avoir ramenés avec des acides frais à la concentration nécessaire. Voici quelques exemples de nitrations industrielles.

La binitrobenzine s'obtient, par exemple, avec les proportions suivantes : la première nitration s'effectue avec 100 parties d'acide nitrique à 1,44 et 150 parties d'acide sulfurique à 1,84 pour 100 parties de benzol. On sépare les acides usés dès que la transformation en nitrobenzine est opérée, puis on donne une seconde charge d'acides égale à la première. Pour la seconde nitration, il faut élever la température qui doit être poussée jusqu'à 100° C et maintenue jusqu'à ce qu'un échantillon du produit nitré cristallise par refroidissement. On sépare les acides à chaud et l'on lave plusieurs fois le dérivé dinitré obtenu à l'eau chaude pour le débarrasser des dernières traces d'acides.

Le dinitrobenzol ainsi obtenu se présente sous forme de masses cristallines jaunâtres. Il doit être neutre et avoir un point de fusion se rapprochant autant que possible de celui de la dinitrobenzine pure, fusible à 90°. Un point de fusion plus bas indique la présence de dérivé mononitré.

Le contrôle industriel se fait généralement par la détermination du point de fusion et de solidification ; le produit doit être en outre parfaitement soluble dans l'alcool. Le dinitrobenzol sert avant tout à la fabrication de la métaphénylène-diamine ; cette préparation se fait par réduction complète par le fer et l'acide chlorhydrique. En réduisant par le sulfure de sodium, on opère une réduction partielle qui fournit la métanitraniline que l'on prépare industriellement par ce procédé.

On procède d'une façon analogue pour la préparation du dinitrotoluène. Ainsi, on nitrera 200 kg de toluène avec 200 kg

(1) M. G. A. Schoen et Fabriques de produits chimiques de Thann et Mulhouse. *Bull. Soc. Ind. Mulh.*, t. LXVII, p. 392 (1897).

(2) On peut aussi purifier l'orthonitrotoluène et le séparer du para et du méta qu'il contient encore, par une congélation dans des conditions bien déterminées (voir brevet allemand n° 158 219 ; brevet français n° 350 200).

Digitized by Google

d'acide nitrique à 45°B et 300 kg d'acide sulfurique à 66°B; puis, la première nitration effectuée, on donnera une seconde charge d'acides avec les mêmes proportions en élevant la température jusqu'à 100-115°C. Le contrôle se fait par prises d'échantillons; ceux-ci doivent cristalliser par refroidissement et être exempts de produits huileux.

L'opération se fait dans les appareils précédemment décrits. Selon le genre d'installation, la nitration sera plus ou moins rapide. Dans les installations un peu anciennes, il faut compter deux jours pour effectuer les deux phases de la nitration (1). Si l'on dispose des nouveaux appareils à réfrigération intense, on peut procéder beaucoup plus rapidement. Dans le cas d'une fabrication continue, il peut être avantageux de faire resservir les acides usés, qui contiennent de notables proportions du dérivé dinitré en dissolution après les avoir renforcés.

Dans d'autres cas, on laisse refroidir les acides usés; le dérivé nitré se sépare par cristallisation et peut être obtenu ainsi. Toutefois et surtout pour les dérivés trinitrés, il vaut peut-être mieux employer le procédé de la Société de Dynamite, ci-devant Alfred Nobel et Cie, qui consiste à diluer l'acide usé dans l'appareil de nitration même pour séparer le plus de dérivé polynitré possible. Ainsi, lors de la fabrication du trinitrotoluène, qui sert à peu près exclusivement comme explosif (2), on n'obtient par nitration ultérieure de 1 000 kg de dinitrotoluène qu'environ 650 kg de trinitrotoluène liquide surnageant sur l'acide, à chaud, alors que 340 kg restent en dissolution, et ne se séparent que par refroidissement. Si l'on dilue l'acide par addition de 5 à 20 % d'eau, on peut, par contre, obtenir directement de 955 à 980 kg de produit du premier jet, et il ne reste que de 55 à 20 kg de produit en dissolution qui se sépare ensuite par refroidissement. Il y a donc parfois avantage à diluer l'acide usé pour séparer le produit; il faut toutefois renforcer ensuite les acides usés en conséquence pour obtenir la concentration nécessaire s'ils doivent servir à une nouvelle nitration.

Nitrophénols. — Le dinitrophénol est employé dans l'industrie des matières colorantes; on ne le prépare pas par nitration du phénol, mais en traitant le dinitrochlorbenzène par l'alcali carbonaté. Le dinitrochlorbenzène, isolé pour la première fois par M. Jungfleisch, se prépare par nitration de la benzine monochlorée. Cette opération n'offre rien de particulier; elle s'effectuera comme la transformation du benzène en binitrobenzène, mais comme le benzène chloré s'attaque plus difficilement que le dérivé non substitué, on pourra effectuer la nitration d'une façon plus énergique. On contrôle la marche de la nitration par des prises; le dinitrochlorbenzène est solide à température ordinaire; il fond à 50° C.

Pour sa transformation en dinitrophénol, voici les proportions que l'on pourra employer. On fait bouillir, d'une façon prolongée, 100 parties de dinitrochlorbenzène avec 125 parties de sel de soude et 100 parties d'eau jusqu'à ce que le dinitrochlorbenzène, qui surnage primitivement à l'état fondu, soit complètement en solution. Celle-ci contient alors le dinitrophénol comme sel sodique. Il suffit d'acidifier pour séparer le dinitrophénol comme précipité jaune clair; on le filtre à la filtre-presse, on lave à l'eau froide et l'on sèche. A l'état pur, il fond à 114° C.

Le plus grand emploi du 2.4.dinitrophénol est la fabrication du noir au soufre, inventé en 1893 par le chimiste français, M. Vidal. On le prépare, dans la plupart des usines de matières colorantes en quantités considérables, par action du polysulfure de sodium sur le dinitrophénol (1); la production annuelle est estimée à environ 5 000 t (au prix moyen de 1 500 fr la tonne).

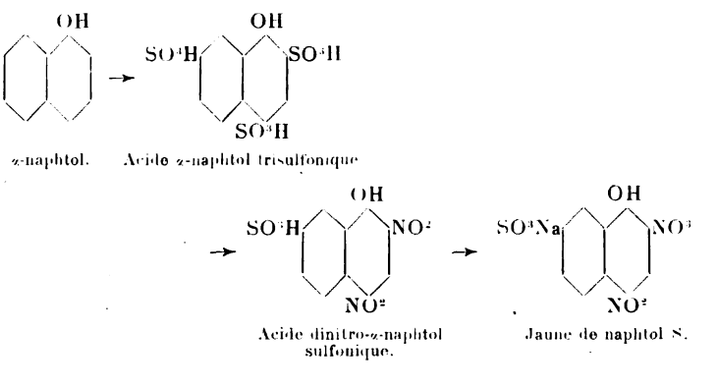
Comme matières colorantes, les dérivés nitrés n'ont plus qu'une importance secondaire après avoir été parmi les premiers colorants artificiels. Seul, le jaune de naphtol S, le sel de soude de l'acide dinitronaphtol-sulfonique, est l'objet d'une fabrication importante.

Voici le procédé employé industriellement :

Vingt-cinq parties d'α-naphtol finement divisés sont dissous dans 100 parties d'acide sulfurique fumant à 25 % d'anhydride. L'opération se fait dans une chaudière à sulfoner munie d'un agitateur. On élève peu à peu la température à 120° C pour former l'acide trisulfonique de l'α-naphtol. Il est fort important que la transformation soit complète, car sans cela, le produit contiendrait du dinitronaphtol. On contrôle très facilement la marche de la réaction par des prises successives que l'on dilue avec de l'eau et que l'on chauffe avec de l'acide nitrique; il ne doit pas se former de précipité jaune de dinitronaphtol.

Ce point atteint, on refroidit et l'on coule sur 250 parties de glace, puis, à la solution de l'acide trisulfonique obtenu, on ajoute 60 parties d'acide nitrique à 42° B ($d = 1,4$) et l'on élève la température à 50° C pour effectuer la nitration, en maintenant un certain temps à cette température. On refroidit ensuite, puis l'on filtre l'acide dinitronaphtolsulfonique séparé sur un filtre de sable; on le lave avec de l'eau salée, puis on le redissout dans l'eau, on neutralise avec du carbonate de soude et de la solution obtenue on précipite le sel sodique par du sel marin. Il ne reste plus qu'à filtrer et à sécher le précipité obtenu.

Voici les différentes phases de la transformation :



α-naphtol. Acide α-naphtol trisulfonique

Acide dinitro-α-naphtol sulfonique. Jaune de naphtol S.

Nous n'insisterons pas sur la fabrication des dérivés polynitrés, qui servent à peu près exclusivement en pyrotechnie. Le plus important est l'acide picrique ou trinitrophénol, dont la fabrication se fait sur une très grande échelle et qui sert, à l'état fondu, comme mélinite, lyddite, shimose, etc., dans la plupart des armées. Pour la fabrication de l'acide picrique on traite dans des appareils en grès, munis d'une enveloppe chauffée à la vapeur et d'un agitateur, le phénol par la quantité équimoléculaire d'acide sulfurique pour le transformer en acide paraphénolsulfonique. On dilue ensuite avec deux parties d'eau et l'on nitre, à chaud, par l'acide nitrique. L'acide picrique brut cristallise; il est purifié par recristallisation dans l'eau.

La fabrication n'est pas absolument sans danger, ainsi que le prouve une explosion qui s'est produite à Griesheim-Elektron, il y a une dizaine d'années, en causant de graves dommages et la mort de plusieurs personnes.

En prenant du crésol à la place du phénol, on obtient le crésylite et l'écrasite; ce dernier explosif sert en Autriche.

Amines nitrées. — La nitration des amines offre aussi un grand intérêt technique; il y a notamment la fabrication de

(1) Voir Kayser : *Zeitschr. für Farbenchemie*, 1903, p. 16.

(2) Le Trotyl de la Sprengstoff A. G. Carbonit est constitué par du trinitrotoluène à peu près pur; le plastrotyl est un composé plastique dérivé du trinitrotoluène.

(1) Voir pour de plus amples détails : *Die Schwefelfarbstoffe, ihre Herstellung und Verwendung*, Dr Otto Lange (édition Spamer), 1912.

Digitized by Google

la paranitraniline qui est devenue excessivement importante depuis que l'emploi du rouge para s'est généralisé de plus en plus dans l'industrie textile. On estime que, pour la teinturerie seule, on en emploie annuellement au moins 1 000 t. Le prix du produit est, il est vrai, si bas que la fabrication est à peine rémunératrice, si l'on considère les nombreuses opérations nécessaires pour arriver au produit final. Les transformations successives qu'il faut faire subir au benzène sont les suivantes : benzène → nitrobenzène → aniline → acétanilide → paranitroacétanilide → paranitraniline. Le prix du benzène pur étant d'environ 250 fr la tonne et celui de la paranitraniline étant tombé à environ 2 000 fr la tonne, on voit que le faible écart entre ces deux prix rend la fabrication excessivement peu avantageuse.

Voici, rapidement esquissé, le mode opératoire : il faut d'abord transformer l'aniline par acétylation en acétanilide. Celle-ci est nitrée en solution sulfurique concentrée, à froid, avec un mélange d'acides nitrique et sulfurique contenant la quantité voulue d'acide nitrique. Dans ces conditions, il se forme, vers 0°, à peu près uniquement de la paranitroacétanilide, tandis qu'à température plus élevée on obtient une quantité sensible du dérivé ortho-nitré. La nitration effectuée, on verse sur de la glace : la paranitroacétanilide insoluble se sépare ; elle est filtrée, puis saponifiée par la soude à chaud. On peut prendre pour la nitration les proportions suivantes :

80 kg d'acétanilide sont dissous dans 320 kg d'acide sulfurique concentré à 66° B en évitant que la température ne dépasse 30° C, afin qu'il ne se produise pas de saponification. On nitre à 3° avec 150 kg de mélange nitrant composé de 68 kg d'acide nitrique à 40° et 42 kg d'acide sulfurique à 66° B. La nitration s'effectue dans les appareils précédemment décrits ; on verse ensuite sur 1 500 kg de glace, de façon à séparer le dérivé nitré tout en diluant l'acide le moins possible. Le précipité de paranitroacétanilide formé est filtré sur des tamis en grès inattaquables par les acides, puis lavé pour être débarrassé de l'excès d'acide. On le saponifie ensuite au bain-marie avec environ 175 kg d'une soude caustique à 15 %; le produit acétylé jaune clair devient jaune intense en se transformant en paranitraniline ; on le filtre au filtre-presse, on lave et on sèche. Cette dernière opération demande quelques précautions ; la paranitraniline est toxique et provoque facilement l'anilisme chez les ouvriers, notamment lors de la manutention de la poudre sèche.

Ainsi que nous le disions plus haut, les prix pour ce produit sont tellement bas que la fabrication n'est possible qu'en régénérant les acides usés et surtout l'acide acétique, qui peut être préparé avec l'acétate de soude formé lors de la saponification à la soude et qui rentre dans la fabrication. On emploie aussi plus récemment la formylaniline, obtenue en traitant l'aniline par l'acide formique à 98 %.

Nous croyons intéressant de signaler pour la préparation de l'acétanilide l'emploi d'appareils en aluminium. Ce métal résiste bien à l'action prolongée de l'acide acétique glacial, et a remplacé avantageusement les appareils émaillés ou en grès autrefois en usage. Pour le serpentin destiné à condenser les vapeurs d'acide acétique, on prendra soit du grès, soit du verre de quartz.

Vu les bas prix actuels, il semble préférable de fabriquer la paranitraniline par un autre procédé : l'action de l'ammoniaque sous pression sur le paranitrochlorbenzène :

$$C^6H^4\begin{matrix}Cl\\AzO^2\end{matrix} + 2AzH^3 = C^6H^4\begin{matrix}AzH^2\\AzO^2\end{matrix} + AzH^4Cl.$$

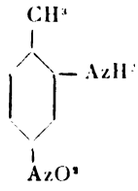
On part du benzol, qui est transformé par chloruration en benzène monochloré. Par nitration, on obtient un mélange d'environ 70 % de dérivé para avec 30 % d'ortho, que l'on sépare par distillation fractionnée dans le vide (procédé Griesheim-Elektron) (1). On chauffe ensuite le dérivé para avec de l'ammoniaque à 20 % dans l'autoclave à 180-200° C. La réaction est facilitée par l'addition de cuivre métallique (voir brevet allemand 204 951 de l'Actiengesellschaft für Anilinfabrikation, à Berlin). Il suffit de filtrer le contenu de l'autoclave pour séparer la paranitraniline du liquide aqueux contenant du chlorhydrate d'ammoniaque, qui est renvoyé à la distillation pour régénérer l'ammoniaque.

L'orthonitraniline peut se préparer par nitration de l'acide parasulfonique de l'acétanilide ou de l'oxanilide ; on saponifie ensuite le dérivé nitré formé, puis on hydrolyse pour enlever le groupe sulfo. Ces deux opérations peuvent, du reste, être faites ensemble.

On obtient aussi de notables proportions d'orthonitraniline si la nitration de l'acétanilide en solution sulfurique, décrite précédemment, se fait sans que l'on refroidisse. La proportion formée dépend sensiblement de la température, elle est d'autant plus considérable que la température est plus élevée. Il faut toutefois séparer le dérivé ortho du dérivé para par une opération appropriée. Il vaudra donc mieux, en général, donner la préférence au premier procédé. Cette base nitrée n'a, toutefois, jusqu'ici que peu d'emplois industriels.

La métanitraniline ne se prépare pas par nitration directe de l'aniline ; on l'obtient par réduction partielle de la m. dinitrobenzine, généralement avec du sulfure de sodium.

On obtient, par contre, la m. nitro-o-toluidine p. f. 107° :



par nitration directe de l'orthotoluidine en solution dans l'acide sulfurique concentré. Le groupe nitro entre, dans ces conditions, en méta du groupe aminogène, et l'on obtient ainsi une métanitraniline homologue qui sert comme point de départ pour la préparation de l'azoxytoluidine, employée pour la confection de rouges directs pour coton (rouge de Saint-Denis).

Par nitration de l'orthoanisidine, on obtient un mélange du dérivé paranitré avec le dérivé méta. Il y a surtout le dérivé para, qui trouve un emploi fort important dans l'industrie textile, où il sert à côté de la paranitraniline à générer sur tissu préparé en β-naphtol des rouges vifs et des roses.

Enfin, l'industrie prépare encore une série d'autres bases nitrées, par exemple la nitrophénétidine, la nitro-m. phénylènediamine, la nitrobenzidine, etc., qui toutes ont trouvé un emploi plus ou moins considérable dans l'industrie des matières colorantes artificielles.

Dans cette étude, nous venons d'étudier le mode de fabrication des dérivés nitrés, dont l'importance est devenue fort considérable depuis l'introduction des matières colorantes artificielles. Vu le grand nombre de produits ainsi fabriqués, il nous a été impossible de donner le détail de tous les modes de préparation industriels et nous avons été obligé de nous limiter à quelques exemples typiques.

Nous avons étudié, avant tout, avec détails, la fabrication du nitrobenzène. En s'inspirant des appareils décrits et du mode d'opérer employé pour l'obtention de ce produit, on arrivera à appliquer la nitration aux nombreux composés aromatiques employés industriellement et que, faute de place, nous n'avons pu étudier ici.

Eug. GRANDMOUGIN,
Professeur à l'École supérieure de chimie de Mulhouse.

(1) Le dérivé ortho sert à la fabrication de l'orthonitroanisol, qui sert de matière première pour préparer la dianisidine, pour le gaïacol et quelques autres produits.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

Véhicules automobiles à transmission électrique, système Balachowsky et Caire.

Ces véhicules présentent cette particularité de ne comporter ni chaîne, ni engrenage, ni embrayage, ni différentiel (fig. 1).

L'énergie se transmet par le simple jeu des phénomènes électro-magnétiques, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'une génératrice volant auto-régulatrice à excitation très rapide et d'électro-moteurs, constituant les moyeux mêmes des roues du véhicule, soit à l'avant, soit à l'arrière.

Le nombre des vitesses n'est donc pas limité; à chaque position de la manette d'admission des gaz correspond un régime qui concorde avec la bonne utilisation de l'énergie fournie par le moteur thermique.

Ceci n'a pas lieu avec les moyens mécaniques de transmission

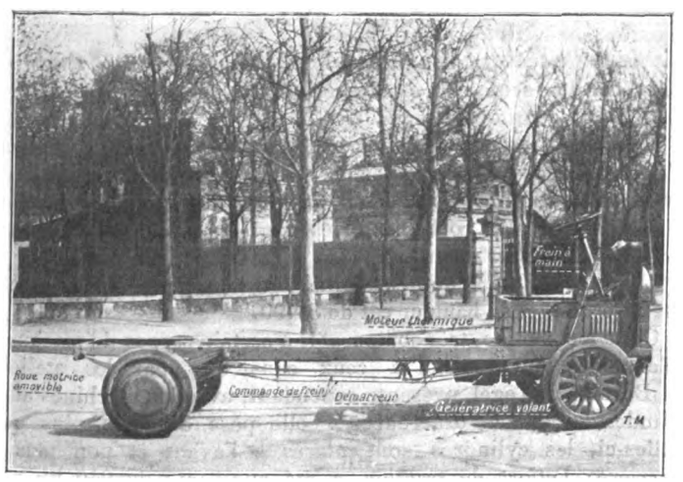


Fig. 1. — Vue d'ensemble du véhicule automobile à transmission électrique, système Balachowski et Caire.

employés habituellement et qui ne donnent que trois ou quatre vitesses.

Les roues-moteurs. — Les roues-moteurs sont absolument hermétiques et peuvent se détacher de l'essieu très rapidement, par simple déboîtage, le moyeu étant maintenu par un maître écrou se vissant à l'extrémité de la fusée.

L'induit *a* est à l'extérieur et constitue l'organe (fig. 2 et 3); le fer même de cet induit est emboîté dans une couronne en métal *r*. Une des flasques maintenant les tôles d'induit sert à sa partie extérieure de couronne de frein.

Le plateau-support à nervures *c* est muni d'une couronne intérieure destinée également à un deuxième frein.

La culasse de l'inducteur *b* se prolonge de chaque côté, de façon à former un manchon sur lequel viennent se reposer à droite et à gauche les cuvettes intérieures des deux roulements à billes. Les cuvettes extérieures s'emboîtent respectivement dans le plateau *c* et le plateau support de collecteur *d*.

Ces roulements à billes sont maintenus par des bagues-écrous se vissant aux prolongements latéraux de la culasse formant moyeu; l'un de ces écrous du côté collecteur sert de support aux colliers de porte-balais.

On remarquera que le moyeu est alésé de façon à pouvoir emboîter une fusée d'essieu *m* munie de clavettes; entre cette fusée et les cuvettes intérieures, sont percés les trous nécessaires aux passages des câbles de connexion.

Le collecteur, d'une construction particulière, s'appuie directement sur le plateau *d*.

Les parties frottantes des lames forment une couronne inté-

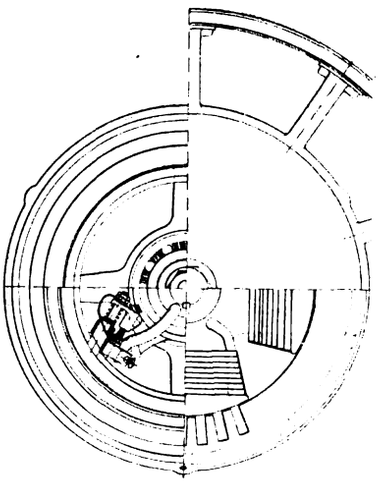


Fig. 2. — Élévation et coupe de la roue perpendiculairement à l'axe.

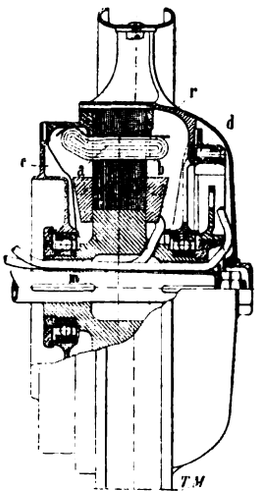


Fig. 3. — Coupe de la roue parallèlement à l'axe.

Fig. 2 et 3. — Vue d'une roue-moteur.

rieure, le serrage des lames s'obtient par la pression des deux couronnes en coins; le profil des lames est ramené à un simple rectangle dont les angles ont été coupés, de façon à ce que le glissement occasionné par la pression des plateaux augmente la pression des lames entre elles.

Le collecteur et les porte-balais se trouvent complètement abrités par un carter métallique.

Génératrice. — Le moteur thermique actionne directement la génératrice, dont l'induit constitue le volant même du moteur. Les grandes difficultés de l'emploi de cette génératrice résidaient surtout dans *l'auto-régulation* et *l'auto-excitation*.

L'auto-régulation est obtenue par la création, au sein même de l'induit, d'une zone dans laquelle circulent des courants compensateurs qui assurent la diminution du flux au moment où l'ampérage augmente, et inversement, de façon que la puissance absorbée par la génératrice reste constante, la vitesse du moteur étant constante : mais cette régulation est si exacte qu'elle s'applique à tous les régimes de vitesse, même au plus faible. On n'a pas à enregistrer une chute brusque de la force électromotrice lorsqu'on ralentit le moteur thermique, l'énergie de ce dernier est constamment utilisée à son maximum de rendement.

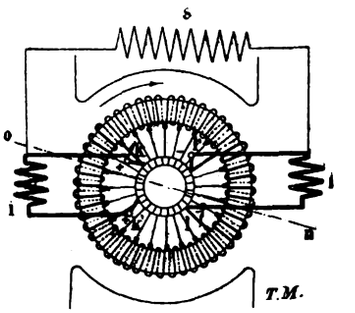


Fig. 4. — Schéma de l'auto excitation de la génératrice dans le véhicule à transmission électrique, système Balachowski et Caire.

L'auto-excitation s'obtient au moyen d'un dispositif sans l'emploi d'accumulateurs ou d'excitatrice (fig. 4).

Il est adjoint aux deux balais principaux *k* et *l*, montés sur un même collier mobile, deux autres balais auxiliaires *k'* et *l'*, montés

Digitized by Google

également sur un autre collier mobile. Les deux jeux de balais peuvent prendre entre eux, ou par rapport à l'axe géométrique, toutes positions convenables au réglage. La machine étant établie de telle façon que le flux de l'induit se rapproche ou domine celui de l'inducteur, il en résulte un déplacement de la ligne neutre *on*, avec la charge, lequel déplacement se fait entre les deux balais de même nom. Ces balais sont reliés entre eux par un enroulement inducteur gros fil *i*, de résistance appropriée; le déplacement de la ligne neutre fait alors varier la différence de potentiel entre les balais de même nom; celle-ci est la résultante des forces électro-motrices de sens contraire siégeant dans les spires embrassées par les balais, celles-ci étant dans des champs différents, suivant la position de la ligne neutre, c'est-à-dire suivant la charge. Donc la position des balais est déterminée de telle façon que, lorsque la différence de potentiel fournie par la génératrice est maximum, les enroulements inducteurs *i*, *i* soient alimentés par un courant résultant magnétisant, c'est-à-dire concourant à l'excitation de la machine; au fur et à mesure que l'intensité débitée par la génératrice augmente, la ligne neutre, en se déplaçant, diminue la force électromotrice résultante entre les balais de même nom, alimentant les enroulements *i*, c'est-à-dire diminue le flux total de la machine.

Cette force électromotrice passe par zéro, pour changer de sens lorsque la ligne neutre continuera à se déplacer sous l'influence de l'augmentation de l'intensité du courant débité, et l'affaiblissement du flux total continuera à se manifester jusqu'à la limite, les enroulements *i*, *i* devenant, à ce moment-là, démagnétisant.

Bien entendu, cette partie de l'excitation n'intervient que pour la régulation. Un enroulement ordinaire assure l'excitation de la génératrice.

Ainsi, dans ce véhicule automobile, pas de levier, pas de changement de vitesse, pas de combinateur; seule l'admission des gaz donne toute la gamme des vitesses.

Un connecteur, qui ne se manœuvre jamais en cours de route, n'intervient que pour fixer les positions de marche avant ou arrière.

Si l'on gravit une côte, par exemple, aucune manœuvre n'est à exécuter; l'effort résistant règle automatiquement l'allure du véhicule lorsque le moteur thermique est à pleine charge; naturellement, il est loisible au conducteur de réduire cette allure en agissant sur l'admission des gaz.

Dans ce véhicule à transmission électrique, l'allure est indépendante de la vitesse du moteur thermique, la puissance absorbée par la propulsion du véhicule détermine seule cette vitesse, alors que la liaison mécanique du moteur thermique et des roues dans un véhicule ordinaire, rend l'allure de ce dernier directement proportionnelle à la vitesse du moteur thermique et ceci, indépendamment de la charge transportée.

L. G. L.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Locomotive sans foyer.

Les locomotives sans foyer, fréquemment employées dans les industries où les incendies sont à craindre : exploitations forestières, poudreries, raffineries de pétrole, etc., n'ont, pour ainsi dire, pas encore fait leur apparition aux Etats-Unis.

Cependant, les avantages de ce mode de traction ont récemment déterminé la National Cash Register Company, à faire construire, par la Lima Locomotive and Machine Company (Ohio), une locomotive sans foyer d'un nouveau type (fig. 1 et 2).

La chaudière, d'une capacité de 15 m³, a 2m,34 de diamètre et 4m,88 de longueur; l'alimentation en vapeur est faite sous une pression de 10 kg 90; un détendeur ramène à 4 kg 22 la pression de la vapeur au moment de l'admission aux cylindres.

La chaudière est d'abord remplie d'eau jusqu'à environ la moitié de sa capacité, puis elle est mise en communication avec un générateur fixe; la charge est arrêtée quand il y a équilibre entre les pressions des deux chaudières; à ce moment, une grande partie de la vapeur s'est condensée, et l'eau atteint à peu près la pression et la température de la vapeur dans la chaudière fixe.

La pression s'abaisse naturellement au fur et à mesure de la consommation, et une partie de l'eau se vaporise. Il n'est pas nécessaire, dans les conditions normales d'utilisation, de recharger fréquemment la chaudière; une charge suffit pour une marche de 2 à 10 heures, suivant le service à faire, de sorte qu'il suffit généralement de recharger la chaudière deux ou trois fois par jour.

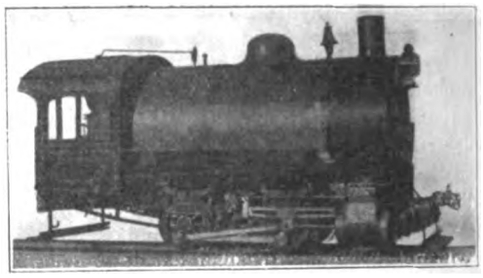


Fig. 1. — Vue de la locomotive sans foyer.

Les dimensions des cylindres sont les suivantes : diamètre, 0m,457; course des pistons, 0m,457.

Le diamètre des roues motrices est de 0m,914, et l'effort de traction, de 4 410 kg.

Par suite des grandes dimensions des cylindres, la machine, pour marcher seule, n'a pas besoin d'une pression supérieure à 0 kg 25 par centimètre carré.

Le poids total, en ordre de marche, est de 35 t, et le coefficient d'adhérence, de 7,94; ce coefficient descend à 5,6 au fur et à mesure de la diminution du poids total par suite de la consommation.

Les centres des roues motrices sont en fonte, leur diamètre est de 0m,762; les fusées ont 0,152 × 0,178.

La longueur totale de la machine, entre les traverses extrêmes, est de 6m,87, et sa hauteur est de 3m,90.

Cette locomotive, très comparable à certains types de machines allemandes, notamment à ceux construits par les ateliers A. Borsig, de Tegel, présente cependant, avec les machines allemandes, certaines différences : elle pèse 3 t 2 de plus que celles-ci, les cylindres sont placés à l'avant et non plus à l'arrière; l'effort de traction a été augmenté de 950 kg par rapport aux machines allemandes les plus puissantes, bien que la

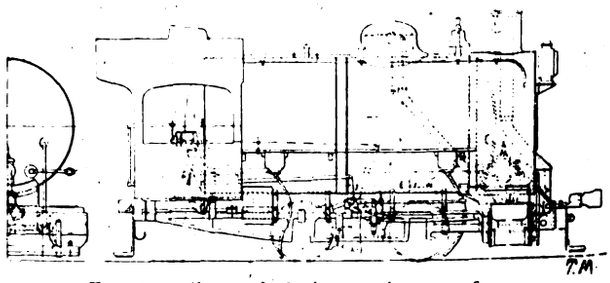


Fig. 2. — Coupe de la locomotive sans foyer.

pression de la vapeur soit de 1 kg 75 plus élevée dans les machines allemandes que dans les locomotives américaines.

Les avantages essentiels des locomotives sans foyer peuvent se résumer ainsi :

Disparition du danger d'incendie;

Simplicité de construction;

Economie d'établissement sur les locomotives à accumulateurs ou à air comprimé;

Economie d'entretien de la chaudière, par suite de la suppression des lavages et des effets des très hautes températures;

Economie d'exploitation provenant de la conduite par un seul agent.

A. S.

Digitized by Google

Wagons spéciaux pour le transport de certaines marchandises périssables.

Le transport de certaines marchandises périssables, dans les régions septentrionales des Etats-Unis et au Canada, a rendu nécessaire la construction de véhicules spécialement aménagés pour éviter les pertes et les détériorations consécutives à la gelée.

Ces véhicules comportent deux chambres placées sous le plancher, de chacun des côtés du wagon, et renfermant deux

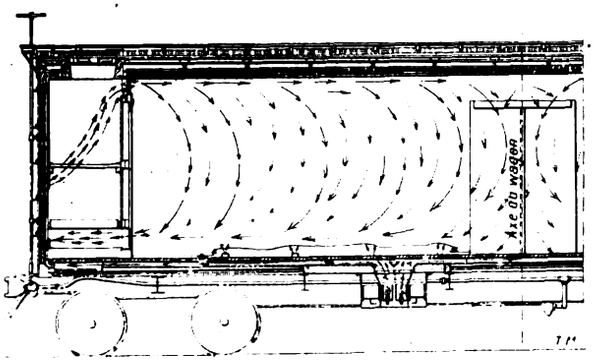


FIG. 1. — Coupe longitudinale du wagon calorifique.

réservoirs d'alcool et deux brûleurs; entre les chambres de chauffe et le dessous du plancher du wagon sont disposées quatre conduites horizontales : deux pour l'air chaud et deux pour le retour d'air refroidi.

Dans les parois extrêmes des véhicules sont établies des conduites verticales, communiquant avec les conduites horizontales situées sous le wagon, et par lesquelles l'air chaud entre dans une chambre à glace en un point situé à 1m,067 au-dessus du plancher.

L'air s'échappe rapidement, vers l'intérieur du wagon, par une ouverture grillagée située au niveau supérieur d'un compartiment à glace formant cheminée, circule entre les colis constituant le chargement, puis revient vers la glacière par une ouverture grillagée située au-dessous de celle-ci, et gagne les conduites de retour à la chambre de chauffe (figures 1 et 2).

Il s'établit ainsi, dans le wagon, une circulation énergique d'air chaud.

Dans les cas où, par suite de la saison, du climat des régions traversées ou de la nature des marchandises, il est nécessaire de refroidir la température intérieure du wagon, il suffit de fermer les conduites au moyen de registres spéciaux dont elles sont pourvues, et de remplir la glacière intérieure qui assure alors le refroidissement.

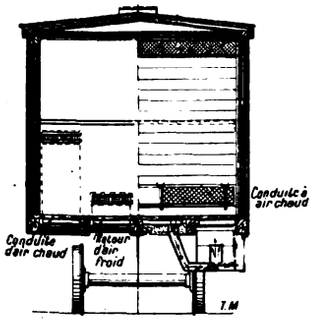


FIG. 2. — Coupe transversale du wagon calorifique.

Les conduites, en tôle galvanisée de 0,064 d'épaisseur et 0,508 de diamètre, sont protégées par une enveloppe calorifuge de carton et amiante.

Les brûleurs, munis de soupapes d'alimentation, ne demandent aucun entretien; pendant le fonctionnement, ils s'ouvrent automatiquement et laissent arriver au brûleur un jet d'alcool vaporisé donnant une flamme claire, sans fumée, de 0,125 de hauteur environ.

L'extinction du brûleur ferme automatiquement la soupape, ce qui rend inutile l'emploi de robinets manœuvrés à la main. Pour mettre l'appareil en activité, il suffit de verser un peu d'alcool dans la cuvette placée dans le brûleur et d'en approcher une allumette; la soupape automatique assure la continuité du fonctionnement.

Les réservoirs de chaque véhicule ont une capacité de 90 l, permettant un fonctionnement continu pendant huit jours entiers sans aucune intervention du personnel, de sorte qu'il n'est jamais nécessaire de recharger les appareils au cours d'un transport.

Plusieurs centaines de véhicules sont actuellement aménagés suivant ce dispositif.

Après un assez grand nombre d'expériences, l'alcool a été adopté comme combustible parce qu'il présentait, sur les autres produits envisagés, des avantages très appréciables d'économie, de sécurité, de propreté et de bon fonctionnement.

La consommation de l'alcool est de 0 l 47 par heure et par brûleur, soit 0 fr 11. A. S.

Truck transporteur de voitures.

Dans le but de réduire les transbordements des marchandises, les tramways de Brunswick ont mis en service, depuis plusieurs années déjà, des trucks pour le transport des véhicules à traction animale (fig. 1).

Sur la ligne de Brunswick à Wolfenbüttel, longue de 11 km, les camions sont conduits chargés aux gares de chemin de fer, et ramenés vides aux expéditeurs; il en résulte une amélioration

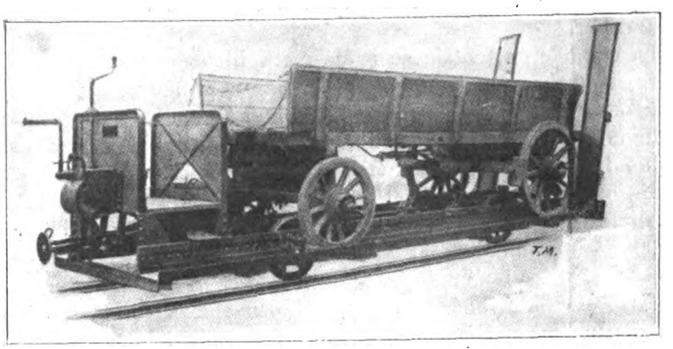


FIG. 1. — Truck transporteur de véhicules routiers.

de la conduite des marchandises et une réduction des causes d'avarie au transbordement.

Le chargement du véhicule sur le truck s'effectue en vingt minutes environ; il se fait sur des rallonges mobiles, disposées à l'arrière du transporteur, qu'il suffit d'abaisser jusqu'au niveau du sol; le véhicule est amené au moyen d'un treuil établi à l'avant du truck, et qu'un seul homme suffit à manœuvrer.

L'arrimage se fait au moyen de cales et de cordes.

Les trucks sont munis d'appareils ordinaires de tamponnement et de traction, ainsi que d'un frein à main; le jeu des essieux permet l'inscription dans les courbes de 15 m de rayon; le poids d'un truck-transporteur est de 4 t.

L'emploi de ces transporteurs peut être intéressant pour les petites exploitations de tramways, en leur permettant de s'assurer un trafic qui leur échapperait complètement, au cas où les expéditeurs n'auraient pas d'autre moyen que d'utiliser leurs attelages pour conduire leurs marchandises aux gares de chemins de fer les plus proches.

Sur les tramways de Brunswick, le prix de transport d'un véhicule (aller et retour), est fixé à 12 fr 50, quelle que soit la distance de la gare où doit se faire l'expédition. A. S.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Capsules et électrodes de tantale.

Depuis une dizaine d'années, le prix du platine s'accroissant d'une façon continue, on s'est efforcé de trouver des succédanés de ce métal. C'est ainsi que la maison Siemens et Halske a

Digitized by Google

mis tout récemment dans le commerce des capsules et des électrodes en tantale, dont il nous a paru intéressant de signaler aux chimistes, les avantages et les inconvénients.

Tout d'abord, l'emploi du tantale permet de réaliser sur celui du platine une économie considérable, tant à cause de la différence propre de prix entre les deux métaux (les objets en tantale se vendent : 3 fr le gramme) qu'en raison de leur différence de densité (pour le platine : 21,48; pour le tantale : 16,6).

L'oxydabilité des capsules de tantale aux températures élevées s'oppose à la généralisation de leur emploi. Au-dessous de 200° C, le tantale n'est attaqué ni par l'oxygène de l'air, ni par les lessives alcalines, ni par les acides (l'acide fluorhydrique concentré excepté), pas même par l'eau régale. Mais, chauffé à l'air, il commence à s'oxyder dès le rouge sombre, puis il brûle en se transformant en oxyde de tantale blanc.

Les électrodes de tantale peuvent remplacer en toute circonstance les appareils de platine. Leur mise en œuvre ne nécessite qu'une précaution préalable, à savoir : recouvrir l'anode avec un dépôt électrolytique (quelques centigrammes) de platine, ou se procurer des anodes en fils de tantale recouvertes d'un mince placage de platine, suivant un procédé breveté de la maison Siemens et Halske. L'anode de tantale pur se recouvre, en effet, au cours de l'électrolyse des solutions salines, d'une couche d'oxyde bleu très adhérente et très mauvaise conductrice du courant.

La cathode en tantale se prête merveilleusement au dépôt de l'argent, du cuivre, du plomb, du cadmium en solution acide, du zinc en solution alcaline, du nickel et du cobalt en solution ammoniacale de sulfate, de l'étain et de l'antimoine en solution sulfo-alcaline; les dépôts métalliques qui s'y forment, se laissent redissoudre très facilement par les acides. Elle présente même quelques avantages sur la cathode de platine. C'est ainsi que le zinc et le cadmium n'ont aucune tendance à former un alliage superficiel avec le tantale, si bien que le cuivrage ou l'argenture préalable de la cathode, qui est indispensable avec les appareils en platine, n'est ici d'aucune utilité. De plus, le tantale étant inattaquable par l'eau régale, on peut redissoudre facilement les dépôts électrolytiques de platine et d'or. Le tantale étant, en outre, bien plus résistant que le platine, ces nouvelles électrodes ont moins de tendance à se déformer que les appareils de platine. M. B.

Analyse de l'Oléum.

Il est intéressant de pouvoir analyser d'une manière précise l'Oléum qui joue un rôle si important, surtout dans les fabriques de matières colorantes et d'explosifs, et qui tire sa valeur de sa richesse en anhydride libre. La méthode volumétrique d'analyse, qu'on lui applique généralement, n'est pas sans présenter quelques difficultés et il faut une certaine habitude pour la mener à bien. Joseph Knorr (1) recommande un procédé gravimétrique un peu plus long, mais qui fournit des résultats certains.

L'acide fumant est pesé, comme à l'ordinaire, dans une petite boule de verre à parois très minces, à col étiré, qu'on a desséchée avant remplissage pendant deux heures à 110° C et dont on connaît le poids.

Dans une fiole d'Erlenmeyer, on chauffe à l'ébullition de l'eau distillée acidifiée à l'acide chlorhydrique et contenant, par rapport à la quantité d'acide à titrer, un excès de chlorure de baryum. La petite boule de verre est introduite avec précaution dans le liquide bouillant, puis on bouche la fiole avec un bon bouchon de caoutchouc. En agitant fortement, la boule se brise et l'acide sulfurique se précipite sous forme de sulfate de baryum. On ouvre alors la fiole d'Erlenmeyer, on rince le bouchon et on fait bouillir pendant dix minutes. On laisse reposer un quart d'heure, on décante la liqueur sur un filtre sans cendres, on lave quatre fois à l'eau bouillante et on termine en faisant passer sur filtre le précipité et les débris de la boule de verre. On lave jusqu'à élimination totale de l'acide chlorhydrique et, après dessiccation, on chauffe au rouge sombre dans un creuset en porcelaine. Du poids trouvé, on déduit le poids de la boule de verre. On effectue les calculs comme à l'ordinaire.

Sur une prise d'essai à part, on détermine iodométriquement la teneur en anhydride sulfureux. M. B.

(1) *Chemiker Zeitung*, 29 octobre 1912.

Composition de couleurs à l'huile pour enduits de ciment.

Lorsque les enduits de ciment ne sont pas complètement secs et lorsque leur prise n'est pas terminée, les compositions de couleurs à l'huile, dont on les revêt, tiennent très mal. La Société dite « Arota » propose donc (*Revue des Produits Chimiques*, 10 décembre 1912) d'employer dans ce but des compositions obtenues en mélangeant l'huile ou le vernis à du ciment et à de la scorie d'argent très finement pulvérisée (produit provenant de la sole des fours d'affinage de l'argent plombifère et contenant, à côté de silicates d'aluminium et de magnésium, des silicates de plomb, de zinc et de cuivre), et de se servir de ce mélange, avec ou sans addition de matière colorante, comme couleur pour la peinture.

Voici dans quelles proportions on peut préparer cette mixture :

Parties en poids de poudre de scories d'argent	125
— — de ciment	62,5
— — d'ocres	25

et pour 100 parties de ce mélange : 45 parties d'un vernis à l'huile de lin.

Ces compositions tiennent bien et durent longtemps, même sur des enduits tout fraîchement appliqués. M. B.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Emploi de condensateurs avec les lampes à filament métallique.

Les lampes à filament métallique, établies pour une tension de 20 à 30 volts, sont moins fragiles que celles à 110 volts, et leur filament assez gros, permet de les pousser plus facilement. Pour utiliser ces lampes, on a employé des transformateurs réducteurs de tension. M. A. W. Ashton propose, dans l'*Electrician*, une autre solution qui consiste en l'emploi de condensateurs, montés en série avec les lampes.

Si, sur une canalisation alternative dont la tension est V, et la pulsation ω, on monte une lampe dont la résistance est R, et un condensateur de capacité C, et si l'on suppose l'inductance négligeable, on a :

$$I^2 = \frac{U^2}{R^2 - \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

d'où l'on tire en désignant par u la tension normale de la lampe :

$$C = \frac{I}{\omega\sqrt{U^2 - R^2 I^2}} = \frac{AI}{\omega\sqrt{U^2 - u^2}}.$$

Si l'on exprime la capacité en microfarads, on a :

$$C = \frac{10^6 I}{\omega\sqrt{U^2 - u^2}}.$$

MM. Ashton et Helsby ont établi des condensateurs cylindriques, isolés au papier, dont le diamètre est de 50 mm, et la longueur, de 150 mm; ces condensateurs peuvent être logés dans le socle des appareils ou près de l'interrupteur.

Digitized by Google

On remarquera que l'emploi de ces capacités serait avantageux pour le réseau, car le courant déphasé en avant, corrigerait le facteur de puissance général, contrairement à ce qui se produit avec les transformateurs dont le courant magnétisant est une gêne pour l'exploitant.

Si l'on monte en série plusieurs lampes avec un condensateur, on constate, en traçant la courbe d'intensité en fonction du nombre de lampes allumées, que l'on obtient une courbe, qui, au début, est presque horizontale : on peut donc allumer ou éteindre plusieurs lampes sans que l'intensité varie. A la condition que la somme des tensions des lampes, fonctionnant ensemble, n'excède pas 40 % de la tension d'alimentation, le courant reste constant à 3 % près, quel que soit le nombre des lampes allumées.

Par exemple, si l'on monte cinq lampes de 16 volts en série avec un condensateur, prévu pour donner le courant normal à trois lampes seulement, l'ensemble étant alimenté par du courant alternatif à 220 volts et 50 périodes, on obtient les chiffres suivants :

Nombre de lampes allumées . .	1	2	3	4	5
Tensions aux bornes du condensateur	219,4	217,4	214,7	210,3	205
Pourcentage de l'intensité . . .	101	100,8	100	98,4	97

Dans le cas de la fourniture de courant à forfait, le condensateur joue le rôle de limiteur automatique : si l'on allume plus de lampes qu'il n'en a été prévu, ou si l'on substitue aux lampes posées d'autres lampes plus puissantes, la tension aux bornes diminue immédiatement, et l'éclairage faiblit. L. B.

Importance de la consommation des compteurs pour les stations centrales électriques.

Un bon compteur, pour courant alternatif, consomme un minimum de 1 watt sous 110 volts, et de 1 w 5 sous 220 volts. Pour une année de trois-cent-soixante-cinq jours, cela correspond à une dissipation d'énergie de 8 kwh 76 dans le premier cas, et de 13 kwh 14 dans le second cas. Un compteur triphasé, pour phases inégalement chargées, dépense 3 watts sous 220 volts, et 4 w 5 sous 440 volts ; ce qui fait annuellement 26,28 et 39 kwh 27.

Considérons, en particulier, le réseau triphasé de Herrenberger, qui avait, à la fin de 1911, 2 652 abonnés pour la lumière, 2 067 pour la force motrice : si l'on fait usage de compteurs séparés pour l'éclairage et la force motrice, le bilan de leur consommation propre se chiffre par $2\,652 \times 13\,14 = 35\,000$ kwh, d'une part, et $2\,067 \times 26{,}2 = 55\,000$ kwh, d'autre part, soit au total, 90 000 kwh. 116 000 kwh ont été vendus en 1911 ; en tenant compte de la consommation des compteurs, les kilowatts-heures transportés se sont élevés à 1 256 000. Les pertes dans les compteurs atteignent 7 % de la production totale, dont 4,5 % sont attribuables aux compteurs de force motrice. A 0 f 07 le kilowatt-heure, cela fait une perte annuelle de 6 300 fr, soit 3 850 fr pour le compte des moteurs. Cette installation dessert 74 830 habitants, et il y a un moteur par 36 habitants. La perte totale annuelle par tête est donc de 1 kwh 21, soit 0 kwh 735 pour la force motrice seule (1).

On peut appliquer le même calcul à l'usine régionale de Heidenheimer, qui dessert une population de 9 643 habitants avec 700 moteurs agricoles (1 par 14 habitants), et l'on trouve pour ceux-ci une perte de $700 \times 26\,28 = 18\,396$ kwh par an. On obtient ainsi une moyenne de 1 kwh 9 par tête pour les compteurs de force motrice.

Il semble donc économique d'éviter le plus possible l'emploi des compteurs dans les installations agricoles, et d'adopter, dans ces cas, des tarifs à forfait convenables. L. B.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 28 novembre 1912.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Un nouveau graisseur.

Le graisseur automatique à débit visible et réglable à volonté, représenté figure 1, est l'un des plus employés dans les constructions mécaniques ; il se compose d'un vase de verre fermé contenant l'huile, et dont l'orifice d'écoulement, entouré d'un tube de verre logé dans un pied métallique évidé, se règle au moyen d'une tige conique manœuvrée par le bouton supérieur qui sert également pour arrêter le débit.

Mais cet appareil, malgré divers perfectionnements, présente encore certains inconvénients : 1° le débit de l'huile diminue proportionnellement au fur et à mesure que son niveau descend dans le vase de verre, à tel point que, lorsque le graisseur est rempli, l'huile s'écoule deux fois plus vite que lorsque la contenance n'est plus que d'un quart. Si, par exemple, 10 gr d'huile sont nécessaires pour empêcher l échauffement d'un coussinet, le débit varie de 15 à 10 gr 6 ou à 7 gr 5 selon que le graisseur est plein, à moitié ou aux trois quarts vide. L'écoulement d'huile est donc d'abord trop abondant, d'où dépense inutile, pour finalement devenir insuffisant, d'où risque de chauffer ou gripper ; 2° les impuretés que l'on trouve souvent dans l'huile tombent au fond du vase de verre et s'écoulent par le compte-gouttes jusque dans les coussinets, risquant d'obstruer les conduits de graissage et d'amoindrir encore le débit ; 3° la cuvette de remplissage et le haut de la tige de réglage se couvrent de poussières, qui peuvent être entraînées par l'huile lorsque l'on remplit le graisseur.

Fig. 1. — Graisseur compte-gouttes à débit visible et réglable, de type courant.

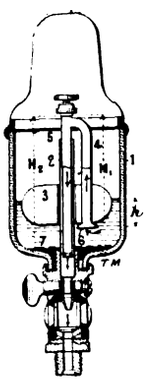


Fig. 2. — Coupe verticale du graisseur-flotteur « Ossag ».

On a cherché, dans le graisseur-flotteur système Ossag (fig. 2), à éviter ces inconvénients : 1° le débit de l'huile est absolument régulier et totalement indépendant de la hauteur du lubrifiant dans le vase de verre 1, parce que le pouvoir aspirant du siphon 4 dépend uniquement de la différence entre la hauteur H_1 du tube d'aspiration 4 et celle H_2 du tube de décharge 5, et que la hauteur de chute indispensable au débit de l'huile, c'est-à-dire $H_1 - H_2 + h$ (hauteur d'immersion du flotteur 3 qui supporte le siphon en coulissant sur le tube 2) est toujours constante et donne, en conséquence, un débit forcément constant : 2° toutes les impuretés lourdes de l'huile se déposent au fond du vase et celles légères flottent sur l'huile ; la branche aspirante du siphon, munie, par surcroît de précautions, d'un large tamis 6 à sa base, ne se remplit donc que d'huile très propre n'entraînant aucune poussière dans l'orifice d'écoulement, le compte-gouttes du débit visible ou les coussinets ; 3° l'absence d'une cuvette de remplissage ou de toute autre partie pouvant entraîner des poussières dans l'huile introduite, de même que la fermeture hermétique du vase de verre, ajoutent encore à cette condition essentielle de la propreté rigoureuse du lubrifiant débité.

L'arrêt de l'écoulement se fait au moyen du robinet qui surmonte le compte-gouttes.

Le désamorçage du siphon par sa vidange complète ne peut avoir lieu, car lorsque le niveau de l'huile s'est abaissé jusqu'à ce que la branche d'aspiration du siphon repose par son tamis 6 sur le fond horizontal 7, l'aspiration se trouve suffisamment fermée par l'huile qui reste sur le fond du vase, pour que le siphon ne se vide pas par une introduction d'air au bas de la branche H.

Un seul réglage se fait sur un orifice plus ou moins étranglé

Digitized by Google

par la manœuvre du bouton moleté qui surmonte le siphon, quand l'on pose ce graisseur.

La construction très simple de l'appareil permet, sans démontage de pièces vissées, le nettoyage intérieur du vase de verre.

Ce graisseur à débit constant se construit aussi pour le graissage central, avec plusieurs siphons dans un réservoir unique de grand volume, et autant de départs à compte-gouttes prolongés par des tubes qui conduisent l'huile aux différents points à graisser. E. GAY.

Outillage pour le démontage des chemises intérieures de cylindres.

La figure 1 représente la coupe transversale d'un cylindre à air, garni intérieurement d'une chemise d'acier, que l'on doit démonter et remplacer chaque fois qu'elle est usée. Etant donné sa faible épaisseur, elle n'est pas assez forte pour qu'on essaie d'agir sur elle par les lumières A. D'autre part, si on essayait d'introduire un petit burin entre le cylindre et sa chemise pour décoller cette dernière, on risquerait de détériorer la paroi intérieure du cylindre, et on éprouverait des difficultés lors de l'introduction de la nouvelle chemise.

Il est préférable d'employer l'outil que représente la figure 2. Le corps A est percé de trois trous transversaux, qui reçoivent les trois axes B aplatis sur leur face inférieure, et que maintiennent des vis C.

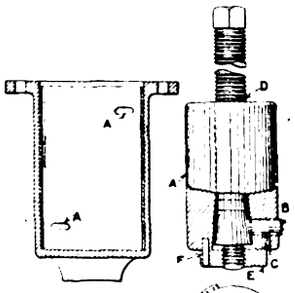


FIG. 1.

FIG. 1. — Coupe transversale d'un cylindre dont on veut démonter la chemise intérieure d'acier.

FIG. 2.

FIG. 2. — Outil pour le démontage d'une chemise intérieure de cylindre.

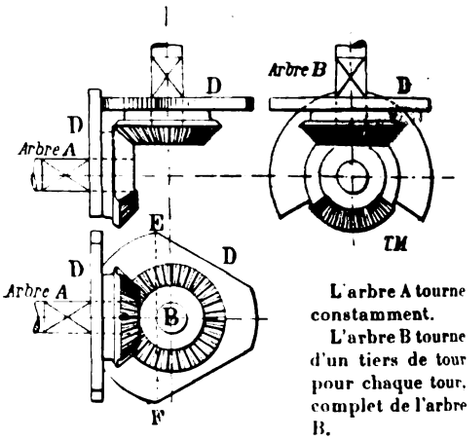
Le corps A est percé, et l'extrémité du trou présente une partie conique sur laquelle portent les axes B. La vis D est ajustée dans le corps A, et la rondelle E est vissée à son extrémité inférieure qui est filetée à cet effet.

Une goupille F empêche la rondelle E de tourner en même temps que la vis D.

Quand on désire démonter la chemise intérieure d'un cylindre, on emploie cet outil comme suit : on ajuste les axes B de manière à permettre à l'outil de pénétrer dans le cylindre, et il existe un petit intervalle entre la rondelle E et le corps A. On desserre les vis C pour que les axes B puissent glisser sans tourner. On place, sur l'entrée du cylindre, un morceau de tuyau assez large pour laisser passer la chemise à démonter. En faisant tourner la vis D au moyen d'un écrou et d'une clé, les axes B sortant de leurs logements sous l'influence du cône, serrent la chemise et la rondelle C, pousse le corps A hors du cylindre avec la chemise qu'il entraîne. Si le serrage des axes B sur la chemise ne suffisait pas, on n'aurait qu'à tourner la vis D en sens inverse du taraudage de l'écrou. La rondelle E s'éloigne alors du corps A, et on recommence la première manœuvre de serrage pour faire pénétrer les axes B plus profondément dans la chemise ; ces axes sont en acier cémenté et trempé ; la partie conique de la vis D est cémentée. C. L.

Moyen de réaliser un mouvement intermittent par roues dentées en évitant les chocs.

Supposons que l'arbre A (fig. 1) tourne d'une manière continue, et qu'on veuille faire tourner l'arbre B d'un tiers de tour pour chaque tour complet de l'arbre A. La figure 1 représente le dispositif très simple adopté, qui consiste à caler sur l'arbre B une roue d'angle dont le nombre de dents est le tiers du nombre de dents de la roue A. Tel que nous le décrivons brièvement, le dispositif présente un grave inconvénient, car lorsque les dents de la roue B cessent d'être en prise avec celles de la roue A, la vitesse de cette dernière roue s'accélère et l'entrée en prise suivante se fait avec choc, dans des conditions d'autant plus désavantageuses, que la première dent de la roue B se présentera d'une manière quelconque à l'action de la roue motrice A. Pour éviter cet inconvénient, il faudrait que les deux roues fussent constamment solidaires l'une de l'autre. On peut réaliser facilement cette condition en calant un disque plat D sur chaque arbre, en arrière de la roue d'angle correspondante. Le disque plat monté sur l'arbre B a la forme représentée sur le plan, les parties droites correspondant aux côtés d'un triangle équilatéral dont le côté est égal à EF.



L'arbre A tourne constamment.
L'arbre B tourne d'un tiers de tour pour chaque tour complet de l'arbre B.

FIG. 1. — Dispositif de régularisation d'un mouvement de rotation intermittent.

Le mécanisme fonctionne exactement comme auparavant, sauf que lorsque l'arbre B est immobile, il est maintenu en place par la coïncidence des surfaces portantes des deux plateaux.

L'arbre B continue à tourner d'une fraction de tour correspondant au tiers de la période de rotation de l'arbre A, mais l'entrée en prise des dents d'engrenage se fait avec douceur et avec régularité. C. L.

MÉTALLURGIE

Épuration des gaz de hauts fourneaux.

L'emploi rationnel des gaz de hauts fourneaux a pris, depuis dix ans, un grand développement pour la production de la vapeur, pour le chauffage du vent dans les appareils Cowper, et pour l'alimentation des moteurs à gaz de grande puissance. L'épuration de ces gaz joue un rôle important dans les prix de revient et d'exploitation des usines ; elle permet seule une application rationnelle des gaz et en augmente la proportion disponible pour la production de force motrice.

L'épuration des gaz de hauts fourneaux peut être divisée en trois phases, savoir (1) :

a) *Épuration préliminaire à sec*, retenant les poussières lourdes pour faciliter le travail des épurateurs proprement dits ;

b) *Épuration au premier degré*, permettant de réduire la teneur maximum en poussière, à environ 0 g 5 par mètre cube de gaz ; elle fournit des gaz utilisables sous les chaudières à vapeur ou dans les appareils Cowper ;

c) *Épuration au second degré*, donnant un gaz épuré contenant, au maximum, 0 g 025 de poussière par mètre cube, susceptible d'alimenter directement les moteurs à gaz.

Le premier et le second degré peuvent, du reste, constituer une seule phase si on épure, au second degré, la totalité des gaz disponibles ; cette condition, qui se trouve facilement remplie au moyen de la nouvelle méthode d'épuration par voie sèche, système Halberg-Beth, serait, par contre, très coûteuse par voie humide.

ÉPURATION PRÉLIMINAIRE A SEC. — Cette épuration élimine naturellement, par l'effet de la pesanteur, les poussières lourdes des gaz, en ralentissant leur vitesse à la sortie du gueulard au moyen de larges tuyauteries combinées avec de vastes réservoirs

(1) Voir *La Revue de Métallurgie*, 10 octobre 1912, p. 771.

Digitized by Google

où le gaz, soumis à une sorte de stagnation, abandonne ses poussières lourdes.

Ces appareils consistent en *tambours* de grand diamètre à l'exclusion des colonnes verticales successives, de diamètres sensiblement égaux, dans lesquelles le gaz descend et remonte alternativement sans laisser aux poussières le temps de s'en séparer.

Le gaz se détend d'abord, séjourne dans une zone de dépôt, pendant un certain temps avant de s'échapper vers le collecteur de gaz bruts; les poussières lourdes sont vidangées par un clapet inférieur *c*.

L'épuration à sec se poursuit dans le *tuyau collecteur* de gaz brut, avec un effet utile inversement proportionnel à la vitesse du gaz dans ce tuyau, c'est-à-dire proportionnel à son diamètre. Les usines de Droujkowka possèdent une conduite de 2m,500 à section ovale (longueur 170 m), munie d'orifices de nettoyage, avec tubulures inclinées et clapets aboutissant à un wagonnet à fond mobile. A Outreau fonctionne une conduite ovale avec tuyauterie de 2 m de diamètre.

Les ajutages de vidange des poussières ont un écartement d'axe en axe égal au diamètre du tuyau; cette disposition permet de ne jamais arrêter les hauts fourneaux pour nettoyer la tuyauterie de gaz, qui ne comporte pas de sections horizontales sans vidange; les branchements, à partir du gueulard, sont tous inclinés d'au moins 45°.

Les ajutages (300 mm de diamètre) sont munis de clapets avec levier et contrepoids, ou de registres horizontaux en forte tôle avec poignées, glissant librement dans un cadre en acier coulé. Les poussières sont recueillies dans un canal en tôle, fixé entre les supports du tuyau ovale et servant de passerelle; un wagonnet à fond mobile se déplace sur une voie en dessous du tuyau et déverse les poussières sèches à leur sortie des ajutages de vidange, dans des entonnoirs aboutissant à des bacs et à des wagons placés sur une voie longeant les hauts fourneaux; une tuyauterie servant de collecteur à trois hauts fourneaux produisant ensemble environ 80 000 m³ de gaz par heure, est facilement maintenue propre par deux ouvriers ne travaillant que le jour.

Dans certaines usines, on a remplacé les ajutages de vidange par un collecteur ovale comportant plusieurs sections de hauteurs variables, réunies par des tuyauteries verticales avec bains de pied; le fond du tuyau ovale est nettoyé de façon continue par une hélice amenant les poussières aux tuyaux verticaux. On peut aussi recourir aux anciennes tuyauteries obliques, de Gutehoffungshütte (1).

L'épuration préliminaire à sec est un élément indispensable de l'épuration proprement dite, et fonctionne sans arrêt de nettoyage, si la tuyauterie est pratiquement disposée.

On peut supprimer les tambours de dépôt à grand volume, et réduire la vitesse du gaz dans le collecteur ovale, en lui donnant un diamètre convenable, et en le vidangeant régulièrement.

ÉPURATION AU PREMIER DEGRÉ PAR VOIE HUMIDE. — Cette première phase de l'épuration (gaz contenant, au maximum, 0 g 5 de poussières par mètre cube utilisable sous les chaudières et dans les appareils Cowper) comporte une opération préalable de *refroidissement du gaz*, dont la température ne doit pas dépasser 35° à 40° à son entrée dans les appareils épurateurs proprement dits; une température plus élevée produit, en effet, des incrustations difficiles à enlever, même au burin, qui arrêtent rapidement le fonctionnement des appareils.

Dans les tambours et dans le collecteur de gaz bruts a lieu un premier refroidissement, dont l'intensité est proportionnelle à la différence de température entre les gaz et l'air ambiant, et à la distance qui sépare les hauts fourneaux de l'atelier d'épuration. On procède à un refroidissement supplémentaire, par injection d'eau dans des scrubbers (types *Bian* ou *Zschokke*, avec claies en bois).

Au lieu des claies, plaques perforées, etc., qui s'encrassent très rapidement si l'on n'y injecte pas de très grandes quantités d'eau froide, on emploie de simples *colonnes refroidisseuses* dans lesquelles le gaz, arrivant à la partie inférieure, rencontre l'eau finement pulvérisée injectée au sommet; les gouttelettes d'eau sphériques présentent au gaz un maximum de surface utile, ce qui accélère la transmission de chaleur entre le gaz et l'eau.

Les éléments de l'installation ont les caractéristiques suivantes :

Diamètre de la colonne	2m500
Hauteur de la colonne	15 m
Vitesse ascensionnelle du gaz par seconde.	0m560
Volume des gaz passant dans la colonne par heure	10 000 m³
Section de la colonne par mètre cube de gaz par seconde	1m²78

Le volume d'eau à injecter s'établit, par contre, au moyen d'un coefficient. Supposons que l'eau d'injection gagne 0,3 calories pour chaque degré d'abaissement de la température de 1 m³ de gaz passant dans les colonnes. La température du gaz étant de 200° à l'arrivée, et de 40° à la sortie au sommet, la différence de température est de 160° correspondant à $160 \times 0{,}3 = 48$ calories par mètre cube de gaz; l'eau étant injectée à 20° et devant s'écouler à 50° au maximum, la consommation d'eau est de $\frac{48}{50-20} = \frac{48}{30} = 1\,l\,6$, ou en chiffres ronds de 2 l par mètre cube de gaz, pour tenir compte des variations de température du gaz et de l'eau elle-même, suivant l'allure des hauts fourneaux et suivant les saisons.

Dans le cas des pulvérisateurs Kœrting, pour une colonne où passent 10 000 m³ de gaz par heure, il faut compter 16 000 l d'eau par heure, débités par quatre becs de 4 000 l chacun.

Les eaux, chargées de poussières, sont entraînées dans les colonnes qui produisent une épuration préalable, en même temps que le refroidissement, et tombent sur un radier incliné en ciment; elles s'écoulent ensuite par une tubulure de 300 mm dans le chenal collecteur de boues, puis de là vers les bassins de décantation placés aussi près que possible des colonnes; quelquefois, les eaux boueuses sont simplement absorbées et filtrées dans les crassiers de l'usine.

Les gaz refroidis à 35°-40° et débarrassés des poussières lourdes, sont ramenés aux *appareils épurateurs du premier degré*, proprement dits, par des tuyauteries verticales ou inclinées, qu'on lave par une injection d'eau pulvérisée pour éviter toute obstruction.

Des *ventilateurs Schiele*, *Zschokke*, *Dinnendahl*, etc., servent d'épurateurs au premier degré; on y injecte de l'eau par deux becs disposés sur chaque face au-dessus de l'arbre portant les ailes : le choc des ailes sur le jet d'eau pulvérisé consomme une quantité d'énergie importante, que l'on réduit au moyen de becs pulvérisateurs, tels que les ailes ramènent simplement les gouttelettes d'eau, les unes sur les autres, au lieu de briser un jet d'eau compact sous pression; les poussières en suspension dans les gaz sont englobées du même coup; les eaux boueuses s'écoulent du côté du refoulement dans un séparateur d'eau placé devant chaque ventilateur et sont ramenées au chenal collecteur de boues des colonnes refroidisseuses. Une vanne de réglage *v* permet de réduire le débit de chaque ventilateur.

Chaque haut fourneau comporte un ventilateur tel que son débit maximum de gaz ne soit jamais atteint, et présentant, par exemple, les caractéristiques suivantes :

Capacité de production du haut fourneau	100 t
Eau d'injection par mètre cube de gaz.	2 l
Volume de gaz débité par minute (maximum).	470 m³
— — heure —	28 000 m³
Différence de pression produite en colonne d'eau.	125 à 130 mm
Force nécessaire au moteur	80 à 85 ch.
Volume de gaz produit par le haut fourneau (par heure)	18 750 m³

(1) W. Lürmann, *Stahl und Eisen*, n° 9, mai 1901.

Digitized by Google

Ces appareils provoquent la coagulation et la précipitation des poussières fines, sans nouveau refroidissement du gaz; l'injection d'eau est donc de 1 l par mètre cube de gaz effectif (haut fourneau de 100 t : 20 000 l par heure); les bacs pulvérisateurs sont installés en vue d'une injection double, le débit étant réglé par robinets.

Des épurateurs au premier degré, système Theisen, peuvent être placés à la suite des refroidisseurs (teneur en poussières, au maximum, de 0 g. 5 par mètre cube) :

VOLUME DE GAZ par heure	VOLUME DE GAZ par minute	NOMBRE de tours par minute	PUISSANCE nécessaire du moteur
14 à 18 000 m³	230 à 300 m³	450	50 à 60 ch
19 à 23 500	316 à 400	380	75 à 90
24 à 30 000	400 à 500	365	100 à 130

La consommation d'eau est de 1 à 1 l 5 par mètre cube de gaz.

Il paraît préférable d'employer pour l'épuration au premier degré des ventilateurs à injection d'eau.

La maison Schwarz emploie aujourd'hui une sorte de désintégrateur analogue à celui de *Hartmann* et identique aux désintégrateurs appliqués autrefois par M. Leucauchez père.

La teneur en eau du gaz épuré au premier degré (30 à 65 g par mètre cube) a été considérée comme nuisible à son emploi dans les appareils Cowper; or, il y a lieu de distinguer :

a) L'eau entraînée mécaniquement en gouttelettes fines, qui se déposent grâce à un ralentissement de la vitesse du gaz dans les conduites, ou à une coagulation de plusieurs gouttes permettant à cette eau de s'écouler, si elle n'est pas entraînée à nouveau par le courant gazeux; on peut installer, à cet effet, des séparateurs d'eau spéciaux.

b) L'eau de saturation, dont la teneur diminue au fur et à mesure que le gaz se refroidit et qui se dépose dans le collecteur de gaz épuré, en raison même du refroidissement du gaz sur son parcours; il y aura donc d'autant moins d'eau dans le gaz que l'on sera plus éloigné de la station d'épuration. Des mesures précises ont permis de constater la concordance entre la teneur en eau du gaz et sa température; les excédents par rapport aux teneurs théoriques proviennent évidemment d'un entraînement d'eau mécanique; les différences en moins très faibles sont dues à des erreurs de mesures.

Les teneurs en eau de saturation du gaz atteignent :

à 60°	129.1 g par m³
à 80°	290.1 —
à 90°	418.0 —

Une épuration par voie humide, sans refroidissement suffisant du gaz, donne donc des résultats désastreux si l'on veut brûler ces gaz chauds et saturés dans des appareils Cowper ou sous des chaudières; l'épuration par voie humide donne des résultats d'autant plus parfaits que le gaz est plus refroidi, la limite inférieure de la température étant déterminée par celle de l'eau.

Suppression des arrêts pour nettoyage des tuyauteries. — Une épuration bien comprise doit permettre un fonctionnement indéfini des appareils, sans arrêt de la marche des hauts fourneaux, pour son nettoyage. A cet effet, on adoptera le collecteur ovale pour l'extraction des poussières en marche; on disposera les conduites et les refroidisseurs, de façon à éviter leur obstruction avec des injections d'eau convenablement espacées, et enfin on installera un *élément de rechange* en plus des appareils en service normal. On devra donc réunir en un seul groupe tous les appareils d'épuration; avec une installation d'épurateurs spéciale à chaque fourneau, le contrôle est plus difficile, et la marche continue, basée sur l'emploi d'un épurateur de rechange, devient, par ce fait, impossible ou trop coûteuse.

On peut ainsi mettre facilement en marche l'épurateur de réserve et arrêter, aussitôt après, l'épurateur à nettoyer.

Des cloches à contrepoids, avec poulies de renvoi, sont disposées, l'une sur le tuyau d'aspiration du ventilateur, l'autre sur le tuyau de refoulement, au-dessus du séparateur d'eau; les colonnes refroidisseuses, toujours remplies de gaz, peuvent ainsi rester en communication avec le collecteur; des trous d'homme permettent l'évacuation de l'air avant la mise en communication de chaque appareil avec la conduite générale.

Une épuration au premier degré pour *trois* hauts fourneaux de 100 t de coke par vingt-quatre heures, comprendrait donc :

a) Tambours et collecteur ovale de gaz bruts jusqu'à la station d'épuration;

b) *Quatre groupes* de *deux colonnes* refroidisseuses, dont trois en service, correspondant deux par deux à un tuyau de descente et à un ventilateur au premier degré. Chaque groupe de deux colonnes devra donc refroidir la totalité des gaz d'un haut fourneau, soit 20 000 m³ en chiffres ronds. Si l'on faisait aboutir les huit colonnes refroidisseuses à une seule conduite de gaz horizontale sur laquelle seraient ménagées les prises des ventilateurs, il faudrait injecter de grandes quantités d'eau dans la conduite horizontale et dans les ajutages pour en empêcher l'obstruction trop rapide par les boues durcies;

c) *Quatre ventilateurs épurateurs* au premier degré, munis chacun d'un séparateur d'eau de refoulement (un de rechange), en vue d'assurer leur nettoyage périodique;

d) *Collecteur de gaz épuré* au premier degré amenant ce gaz soit aux appareils Cowper, soit aux chaudières, après passage dans un *séparateur d'eau* de grand volume ($3 \times 20\,000 = 60\,000$ m³ de gaz par heure), et indispensable si les caisses de refoulement des ventilateurs ne sont pas de dimensions suffisantes;

e) Une *prise de gaz* sur ce collecteur, en un point quelconque avant le séparateur d'eau commun, alimentera l'épuration au second degré si l'on installe des moteurs à gaz.

Réglage et contrôle du fonctionnement de l'épuration au premier degré. — Les gueulards des hauts fourneaux devront être munis d'appareils de chargement *à double fermeture*, pour éviter les pertes de gaz lors des chargements, et la production de mélanges détonants dus à des rentrées d'air : toutefois, la pression des gaz au gueulard, produite par le soufflage (200 mm d'eau dans les grands hauts fourneaux), suffit à empêcher toute aspiration d'air dans les conduites de gaz. Dans le cas de marche à deux fourneaux, l'application d'appareils de *bouchage mécanique* aux trous de coulée, réduit à quinze minutes (au lieu de une heure à une heure et demie), les arrêts de soufflage pour réfection des trous de coulée.

Le *débit des ventilateurs-épurateurs*, actionnés par moteurs électriques à vitesse constante, peut être réglé par des *papillons*, placés sur le refoulement, ou par une conduite de retour « by-pass », permettant à une partie du gaz refoulé de repasser dans le collecteur ovale, lorsque la différence des pressions de l'aspiration et du refoulement devient négative; dans ces conditions, un *gazomètre* pour emmagasiner le gaz des hauts fourneaux paraît inutile.

Il faut assurer le *réglage d'admission* du gaz épuré aux appareils Cowper et aux chaudières. Le réglage du tirage à la cheminée s'impose lorsque l'on travaille avec du gaz épuré froid; mais le gaz froid occupant un volume beaucoup moindre à quantités égales de calories que le gaz chaud employé précédemment, et se trouvant de plus sous une pression plus élevée, produite par les ventilateurs, l'influence de la section d'admission aux brûleurs est très grande, et le réglage du volume de gaz, admis dans chaque appareil, très délicat. Il faut installer, aux appareils Cowper et aux chaudières, des registres facilement manœuvrables, placés sur chaque carneau de fumée et des *vannes d'admission* de gaz, graduées et actionnées par vis, permettant de faire varier la section d'admission dans des limites déterminées; on peut ainsi retirer de l'épuration des gaz de hauts fournaux tous les avantages pratiques qu'elle comporte.

Des *soupapes régulatrices de pression*, construites en vue de leur application au gaz d'éclairage, ont été modifiées en vue des

Digitized by Google

gaz de hauts fourneaux pour des conduites atteignant 1 500 mm de diamètre (Apparate Vertriebs Gesellschaft, de Berlin).

Ces appareils régulateurs, placés sur les conduites alimentant les appareils Cowper et les chaudières, permettent d'avoir pour chacune d'elles des pressions déterminées et différentes à volonté; ils paraissent sujets à encrassement en cas de gaz bruts ou épurés au premier degré seulement, mais sont tout indiqués pour l'alimentation des moteurs à gaz, en l'absence de gazomètres.

Le *contrôle* de la marche de l'épuration doit être assuré à chaque instant par des *manomètres* et par des thermomètres enregistreurs, placés dans la salle des ventilateurs, sous les yeux du mécanicien qui relève leurs indications deux fois par jour; ils indiquent les pressions et les températures aux gueulards, dans le collecteur ovale précédant les colonnes refroidisseuses, et au refoulement de chaque ventilateur. Chaque colonne refroidisseuse est munie, à sa partie supérieure, d'un *thermomètre* fixe; ces thermomètres, dont les températures sont relevées et inscrites deux fois par jour, permettent de constater immédiatement toute obstruction de la tuyauterie ou des injecteurs d'eau des colonnes.

Il est utile de *mesurer* les teneurs en *poussières* des gaz épurés, et les *volumes* de gaz consommés par les divers appareils : Cowper, chaudières et moteurs.

La mesure des poussières est effectuée au moyen d'appareils Martius ou autres, montés sur la tuyauterie de refoulement du premier degré, et dans la salle des moteurs à gaz; le premier permet le contrôle de l'épuration au premier degré; le second est en service continu, à raison de un filtre par jour, et fait connaître la teneur moyenne en poussières du gaz livré aux machines.

Les oscillations de pression, notamment à l'aspiration des moteurs, rendent difficile le contrôle des quantités de gaz consommées par les divers services de l'usine (Cowper, chaudières et moteurs); on le facilite par l'emploi de soupapes régulatrices; on a le choix pour mesurer le volume des gaz entre un certain nombre d'appareils basés sur le principe du tube de Pitot ou de l'anémomètre.

Enlèvement des boues de l'épuration par voie humide. — Les eaux, chargées de boues provenant de la poussière précipitée dans les refroidisseurs et dans les ventilateurs-épurateurs, s'écoulent par le chenal collecteur; elles peuvent aussi être envoyées au crassier de l'usine où elles sont filtrées naturellement; on peut aussi les clarifier dans les bassins de décantation. On est parvenu à accélérer la précipitation des boues en versant, dans le chenal collecteur, une certaine quantité de lait de chaux; on obtient ainsi, malgré un très faible volume des bassins de décantation, des eaux claires ou légèrement opalines; cette méthode, qui nécessite des proportions de lait de chaux variables suivant la nature des poussières en suspension dans l'eau, ne réussit pas toujours.

L'enlèvement de ces boues donne lieu, surtout dans les pays froids, à de grandes difficultés; le liquide boueux à 60-90 % d'eau nécessite beaucoup de main-d'œuvre, des pompes ou des norias, et enfin des wagons appropriés.

Certaines boues très denses sont enlevées par des chaînes à godets; d'autres sont aspirées par des pompes à piston; il est difficile de trouver un appareil susceptible d'enlever, des puisards des bassins et du chenal collecteur, la totalité des boues déposées. La *drague-mammouth Borsig* donne de bons résultats; elle est basée sur une aspiration et sur un refoulement successifs dans une conduite de longueur quelconque aboutissant au crassier et supprimant l'emploi onéreux de wagons réservoirs ou de wagons-citernes; une drague-mammouth peut élever 10 m³ de boues par heure à une hauteur de 10 m et les refouler à une distance de 500 m avec une consommation moyenne de force du compresseur de 6 kw. Les frais d'enlèvement peuvent être évalués à 0 fr 03 par tonne de boues liquides; dans une grande usine de Westphalie, on a appliqué ce système pour transporter à une distance de 800 m, 30 m³ de boues décantées par heure, avec une différence de niveau de 20 m; la puissance dépensée n'est que de 27 ch.

On peut avoir intérêt à *récupérer les boues* d'épuration et les poussières sèches, provenant de hauts fourneaux à ferromanganèse, en vue de fabriquer des briquettes ou agglomérés en permettant le réemploi aux fourneaux; on réduit alors la teneur en eau à une valeur variable suivant la nature des boues, par un essorage approprié; les boues essorées ont un aspect terreux et peuvent être facilement transportées, notamment en hiver et dans les pays froids. C. L.

TEXTILE (INDUSTRIE)

Procédé pour prévenir les doubles fils.

Le procédé pour prévenir les doubles fils, représenté dans les figures 1 à 3, est une invention, dont le brevet a été pris récemment en Belgique.

L'inventeur établit que, dans les divers systèmes proposés jusqu'alors pour prévenir les doubles fils et leur entrelacement dans les métiers à filer et les machines à enrouler, les plus efficaces sont ceux dans lesquels des plaques métalliques ou rateaux sont disposés entre les fils. Ces systèmes sont compliqués, prennent trop de place, et gênent le travail de l'ouvrier. L'objet de la présente invention est d'assurer les avantages obtenus par l'interposition entre les fils de quelque corps à travers lequel ils ne peuvent passer et en même temps, de faire disparaître les objections dues à la rigidité des corps interposés.

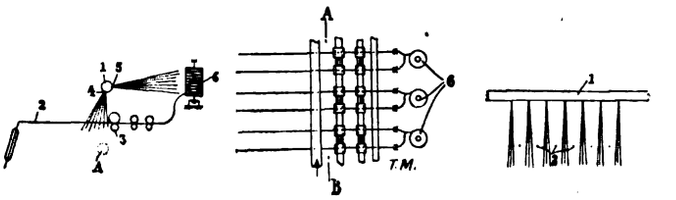


Fig. 1. — Elévation Fig. 2. — Plan. Fig. 3. — Coupe suivant AB.

Le résultat est obtenu en remplaçant les corps métalliques par des jets ou courants de gaz : l'effet subsiste aussi complet qu'auparavant, puisqu'un fil qui tend à se coller au voisin ne peut traverser un tel jet de gaz; dès lors tout doublement ou entrelacement est évité.

D'autre part, la présence de ces jets de gaz ne gêne en aucune manière les ouvriers dans leur travail. Dans la filature, il est même avantageux d'utiliser de l'air chaud et humide pour ces jets de gaz.

La figure 1 est une élévation de côté d'un métier pourvu du système, la figure 2 est le plan de l'installation et la figure 3 est une coupe suivant AB. C.

Nouvelles pinces automatiques de prise de lisières.

Par un nouveau dispositif simple et ingénieux, le tissu est engagé automatiquement d'une façon parfaite. Cette nouvelle pince se compose d'une partie fixe A et d'un volet B, mobile autour d'un axe *o*. La région plane P de A sur laquelle s'engage la lisière est entaillée suivant les deux traits *t* et *t'*.

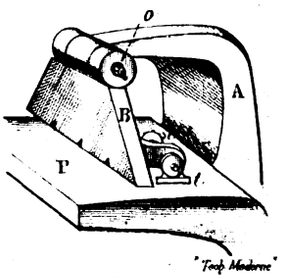


Fig. 1.

Au volet B terminé en biseau pouvant s'arc-bouter sur P, est fixé un bras très court, muni de deux roulettes étroites.

La lisière, en s'engageant dans la pince, soulève les deux roulettes, et par conséquent le volet B. Dans le mouvement contraire, la lisière, glissant sur P, démasque les traits *t* et *t'* où s'engagent les roulettes, ce qui amène le biseau de B à se baisser et à presser le tissu contre P, et d'autant plus que la traction est plus grande, d'où fixage parfait. C.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Nouvelle méthode de conduite des aéroplanes par leur moteur. — Lorsqu'on examine la statistique des deux cents et quelques accidents mortels qui se sont produits dans ces dernières années, on constate que les accidents par perte de vitesse atteignent à peine un dixième, tandis que ceux par *apiquage* ou *capotage* des appareils s'élèvent à plus des deux tiers du total. Il convient donc de rechercher la cause de ce dernier genre d'accident et d'examiner s'il est possible de la supprimer. C'est le but de la présente note.

Tout d'abord, on mettra en évidence ce fait que l'*apiquage* d'un aéroplane est dû à l'annulation brusque de l'angle d'incidence ou d'attaque de ses surfaces portantes, et que cette annulation est elle-même la conséquence d'une manœuvre exagérée ou à contresens du gouvernail de profondeur produite par l'aviateur.

Lorsqu'une surface Oo, comme celle représentée en projection en haut de la figure, est frappée obliquement par un flux d'air, la résultante F, normale à la trajectoire TT, des réactions développées sur celle-ci subit, en fonction de l'incidence *i* du flux d'air et par rapport au bord d'attaque, une loi de déplacement qui est toujours la même pour chaque valeur donnée à l'angle d'*empennage e*, formé par le gouvernail de profondeur T avec la corde sous-tendant la surface portante. Pour toutes les valeurs égales ou supérieures à 2°, on obtient les courbes (2° — 4° — 6° — 8° — 10°) de déplacement (dans la *profondeur* OL de la surface) de la *ligne de force résultante* des réactions de l'air exercées perpendiculairement à la trajectoire TT et pour $e = 0°$ on obtient la courbe d'allure complètement différente 0° — 0°. Par un abaissement angulaire de 2° seulement du gouvernail de profondeur, on passe donc brusquement de la courbe 2° à la coube 0°. C'est dans cette transformation rapide et profonde de la courbe de déplacement de la ligne de poussée de l'air que réside la cause de l'apiquage des aéroplanes.

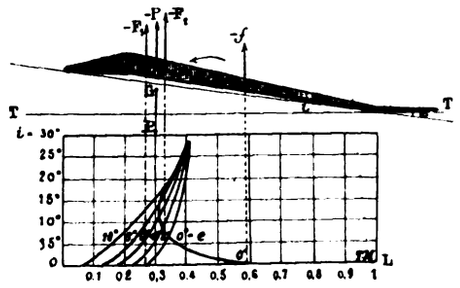


FIG. 1.

En effet, lorsqu'un aéroplane de poids P et de centre de gravité G progresse horizontalement, par exemple, à travers l'atmosphère, ses surfaces portantes prennent, par rapport à la trajectoire TT, une position angulaire *i*, telle que la résultante des réactions de l'air exercées perpendiculairement à cette trajectoire soit égale et directement opposée à P. Pour que cette égalité subsiste, il faut non seulement que les surfaces restent en *équilibre angulaire* sur leur trajectoire, mais de plus que cet équilibre soit *stable*, c'est-à-dire que, si l'angle *i* vient à varier pour une cause quelconque, il se produise un couple (P — F), ramenant ou tendant à ramener les surfaces portantes à leur position angulaire primitive. En d'autres termes, il faut que la réaction de l'air se porte *en avant* de la verticale passant par le centre de gravité si l'incidence *i diminue*, *en arrière* si cette incidence *augmente*. Or, les courbes de la figure montrent que cette stabilité ne pourra être conservée par l'aviateur que s'il manœuvre son gouvernail de profondeur, de façon que l'angle d'*empennage e* ne puisse jamais être inférieur à une certaine valeur critique qui est ici de 2°, sinon l'équilibre angulaire de son appareil passera brusquement de la courbe de *stabilité* 2° à la courbe *d'instabilité* 0° et la catastrophe par *apiquage* se produira infailliblement.

Dès lors, il est bien évident que, pour s'opposer à cette manœuvre dangereuse du gouvernail de profondeur, il n'y a qu'un moyen, c'est de munir celui-ci d'une butée *inférieure* s'opposant seulement à son abaissement au-dessous d'une certaine position critique.

Mais alors la conséquence de l'emploi de cette butée inférieure est la suivante : Si, comme l'indique la figure, le centre de gravité de l'aéroplane est placé à une distance du bord d'attaque des surfaces égale à 0,3 de leur profondeur, l'angle d'incidence *i* ne pourra jamais descendre au-dessous de 6° environ pour un angle d'empennage de 4°, et si cette incidence correspond à l'ascension franche de l'appareil sous l'action propulsive maximum de son moteur-hélice, il faudra, pour l'empêcher de monter ou pour le faire descendre, agir sur l'autre facteur variable de sa sustentation, le facteur vitesse de translation par rapport à l'air ambiant.

On sait en effet que la force de sustentation d'un aéroplane est régie par l'équation :

$$F = KS.V^2 f(i),$$

dans laquelle K et S sont deux facteurs constants caractéristiques de la forme et de la grandeur de ses surfaces portantes, V^2 et $f(i)$ deux fonctions de la vitesse relative de translation et de l'angle d'incidence ou d'attaque. Cette dernière fonction est assez complexe, mais dans les limites de la pratique elle est toujours croissante et décroissante avec *i*. De la variation de ces deux derniers facteurs découlent deux méthodes de conduite des aéroplanes.

L'une, la méthode actuelle, consiste à assurer la constance de V par la constance de la puissance propulsive et à agir sur le gouvernail de profondeur, de façon à compenser, par des variations *inverses* de l'angle d'attaque, les variations de V dues soit aux remous de l'atmosphère, soit aux variations de puissance propulsive du moteur-hélice.

L'autre est la méthode préconisée ici et qui consiste à caler le gouvernail de profondeur par une butée *inférieure*, ce qui a pour conséquence de rendre *constant l'angle d'attaque minimum* de l'aéroplane, puis à compenser, par des variations inverses de la puissance propulsive, les variations de V dues soit aux défaillances ou suractivités momentanées du moteur, soit aux remous de l'atmosphère.

Immédiatement applicable à tous les appareils actuels moyennant des modifications insignifiantes (1), la nouvelle méthode aura pour avantage, en rendant leur capotage absolument impossible, de réduire dans la proportion de 3 à 1 les accidents mortels d'aéroplanes.

(Note de M. *R. Arnoux*, présentée par M. L. Lecornu, Académie des Sciences, 30 décembre 1912.)

Sur la sécurité en aéroplane. — L'homme ne sera vraiment le maître de l'air que le jour où il pourra, comme l'oiseau, voler sans témérité par tous les temps. De trop nombreux accidents montrent que nous sommes encore loin du but : le martyrologe s'allonge chaque mois, et l'on voit des pilotes d'une habileté éprouvée, portés par d'excellents appareils, faire, même en temps calme, des chutes inexplicables.

Il reste donc à assurer, d'une manière complète, la stabilité de l'aéroplane; l'exemple de l'oiseau indique que la chose est possible. Sans doute, celui-ci a sur nous l'avantage de ses réflexes naturels; mais rien ne nous interdit l'espoir de suppléer à ces réflexes par des moyens mécaniques. Les formes d'appareils, les procédés de conduite doivent être perfectionnés jusqu'à ce que les traîtrises du vent ne prennent jamais l'aviateur au dépourvu, et aussi jusqu'à ce que le contact avec la terre puisse, quelle que soit la vitesse du vol, être repris sans danger.

En vue d'aiguiller les savants, les inventeurs, les constructeurs vers l'étude de ce grand problème, s'est constituée, il y a quelques mois, l'*Union pour la sécurité en aéroplane*. Cette Union, que préside M. Lecornu, groupe, dans une pensée commune, diverses associations adonnées ou intéressées à l'Aéronautique. Dès ses débuts, elle a recueilli des fonds importants provenant en partie du budget national, en partie de souscriptions particulières. Il lui a semblé que le meilleur emploi à faire, présentement, de ces fonds, consiste à créer un concours dont le règlement va être publié, concours qui sera doté d'un grand prix de 400 000 fr et de primes d'au moins 20 000 fr. Aucun programme n'est tracé aux concurrents; mais il est dit que le jury n'examinera ni plans, ni mémoires, ni modèles réduits : seuls, des appareils en état de fonctionnement seront admis à la lutte. Une option sera réservée au gouvernement français pour l'achat des inventions ayant obtenu une récompense d'au moins 50 000 fr.

(1) Il existe actuellement des carburateurs permettant, par variation de l'admission des gaz au moteur, de faire varier de 10 km à 150 km la vitesse à l'heure d'une voiture de course.

Digitized by Google

Il est permis d'espérer qu'un pareil stimulant ne restera pas sans effet, et que la science si française de l'aviation ne tardera pas à enregistrer ainsi un progrès décisif.

(Note de M. *Lecornu*, Académie des Sciences, 3 février 1913.)

CHIMIE

Action des rayons ultra-violets moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique. — Quand on soumet l'aldéhyde éthylique à l'irradiation de l'ultra-violet moyen et extrême, on observe, outre la décomposition en oxyde de carbone et méthane, qui a déjà lieu dans l'ultra-violet initial, diverses autres altérations : acidification, polymérisation, résinification.

(Note de MM. *Daniel Berthelot* et *Henry Gaudechon*, présentée par M. E. Jungfleisch, Académie des Sciences, 20 janvier 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Nouveau type de wattmètre pour mesures sur la haute tension, avec insertion sur la basse tension. — L'appareil qui forme l'objet de la communication et qui consiste en un wattmètre simple ou double convenablement modifié, est destiné à obtenir la mesure de la puissance en un point différent de celui dans lequel il est inséré. Par exemple, on peut l'appliquer sur la basse tension dans un système de distribution à courant alternatif, afin d'obtenir la puissance sur la haute tension, en tenant compte des pertes dans les transformateurs. D'une façon semblable, on peut tenir compte de la chute de tension ou bien des pertes dans une ligne aérienne ou souterraine de transmission, dans une double transformation électrique et dans les cas semblables où la partie qui doit être additionnée ou déduite dépend de l'intensité ou de la tension suivant une loi à laquelle l'appareil puisse se prêter.

Dans le cas où il s'agit d'une mesure sur la basse tension d'un système triphasé à charge non équilibrée, on peut observer que la perte d'énergie dans les transformateurs peut se diviser en deux parties : pertes *dans le fer* et pertes *dans le cuivre*. Les pertes dans le fer peuvent être considérées avec une approximation suffisante comme proportionnelles au carré de la tension, entre les limites de variation de celle-ci ; on peut donc les représenter par $k_1 V^2$. Les pertes dans le cuivre peuvent être considérées comme proportionnelles au carré de l'intensité, et l'on peut les représenter par $k_2 I^2$.

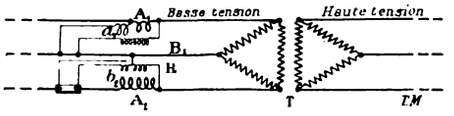


FIG. 1.

En représentant respectivement par W_A et W_B la puissance sur la haute et sur la base tension, on obtient alors :

$$W_A = W_B + k_1 V^2 + k_2 I^2.$$

Afin d'obtenir au moyen de l'appareil la somme de ces trois quantités et en considérant comme exemple un type électrodynamique double, on ajoute aux quatre enroulements ordinaires de l'instrument (deux bobines fixes de courant A_1 A_2 et deux bobines mobiles de tension B_1 B_2) deux enroulements supplémentaires, c'est-à-dire d'un côté une bobine fixe de tension b_2, de l'autre côté une bobine mobile de courant a_1 actionnée soit par un shunt, soit par un petit transformateur ou autrement.

De cette façon, l'appareil comprend, en plus d'un wattmètre double, un voltmètre et un ampèremètre, dont l'action vient s'ajouter à celle du wattmètre ou s'en déduire en certains cas. Dans l'exemple considéré ces instruments sont tous les trois des électrodynamomètres.

Le wattmètre double donne exactement la mesure de la puissance sur la basse tension avec une charge non équilibrée, c'est-à-dire qu'il donne W_B. L'électrodynamomètre de tension, constitué par une bobine mobile du wattmètre et par l'enroulement supplémentaire fixe de tension, donne une action proportionnelle au carré de la tension, c'est-à-dire qu'il donne $k_1 V^2$. L'électrodynamomètre de courant, constitué par une bobine fixe du wattmètre et par l'enroulement supplémentaire mobile de courant, donne une action proportionnelle au carré du courant, c'est-à-dire qu'il donne $k_2 I^2$.

L'instrument tout entier, complètement inséré sur la basse tension, donne par conséquent la mesure de la puissance W_A sur la haute tension.

(Communication de M. *Gino Campos*, Associazione Elettrotecnica Italiana, Gênes, 21 octobre 1912.)

Appareils pour l'envoi automatique des signaux horaires. — La récente conférence internationale de l'heure a émis le vœu qu'à partir du 1er juillet 1913 les signaux horaires comportent, signaux d'avertissement mis à part, des points et des traits dont les durées exactes seront respectivement vingt-cinq minutes et une seconde avec des intervalles rigoureusement déterminés aussi.

Cette précision exige que les signaux soient donnés, non à la main, mais d'une manière automatique ; et c'est ce que permet de faire l'appareil, facile à réaliser, dont on va indiquer le principe.

Un cylindre métallique d'un grand diamètre tourne autour de son axe d'un mouvement uniforme. Sa surface convexe est travaillée de manière à former une vis à large pas et à filet carré.

Dans ce filet, le métal a été remplacé, par places, par une matière isolante, et les longueurs respectives des parties isolantes et des parties conductrices sont respectivement proportionnelles aux durées des silences et des signaux à obtenir.

D'autre part, un *contact*, qui appuie constamment sur la saillie du filet, se déplace dans le sens convenable et d'un mouvement sensiblement uniforme, parallèlement à une génératrice du cylindre, avec une vitesse qui lui fait parcourir un pas de l'hélice dans le temps que met le cylindre à faire un tour entier.

Avec cette disposition, et les connexions électriques convenables, il est évident qu'un courant électrique pourra traverser l'appareil chaque fois que le contact portera sur une partie conductrice : il produira donc exactement les signaux demandés.

Dans la pratique, le cylindre pourra avoir de $0^m,10$ à $0^m,20$ de rayon. Acceptons ce dernier chiffre, et supposons que le cylindre fasse un tour par minute : la durée de une seconde correspondra ainsi à 21 mm. Le contact, en forme de couteau orienté suivant la génératrice, peut avoir une arête réduite à moins de $0^{mm},2$; il donnera donc les durées demandées, des signaux et des silences, à moins du centième de seconde ; on pourrait obtenir plus de précision encore, s'il était nécessaire, en augmentant, par exemple, le diamètre du cylindre.

On voit qu'on pourra aussi faire donner à l'appareil les signaux d'avertissement, puisqu'en allongeant le cylindre on pourra multiplier les signaux indéfiniment.

L'uniformité de la rotation du cylindre s'obtiendra en la faisant régler par une horloge, par exemple, comme dans nombre d'autres appareils. Si d'ailleurs on possède déjà un mouvement ainsi réglé, comme dans certains chronographes, on pourra lui faire entraîner également le cylindre.

Celui-ci sera fixé sur son axe par l'intermédiaire d'un rappel qui permettra les réglages, de manière à annuler sa *correction*. Pour faire ce réglage, on ajoutera quelques spires supplémentaires, disposées de manière à battre la seconde, que l'on mettra en accord avec le battement de la pendule. Et si celle-ci a une correction, avec le rappel et une division tracée sur une des têtes du cylindre, on pourra encore annuler la correction de l'appareil.

Enfin, au lieu de déplacer le contact, comme il a été dit ci-dessus, on pourrait déplacer le cylindre lui-même, parallèlement à ses génératrices, ainsi que cela est réalisé dans divers enregistreurs photographiques ou autres ; mais la première disposition paraît préférable.

(Note de M. *Bigourdan*, Académie des Sciences, 13 janvier 1913.)

Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante. — Quand on polarise une électrode au moyen d'une force électromotrice suffisante pour produire l'électrolyse, on peut se demander s'il y a simultanéité entre ce dernier phénomène et l'application de la force électromotrice, ou bien si le dégagement gazeux ne commence qu'un temps fini t après la mise en circuit. Si celle-ci, dans la seconde hypothèse, n'a lieu que pendant un temps très court, inférieur à t, on doit s'attendre à n'apercevoir encore aucune bulle pour une force électromotrice qui, appliquée en permanence, produira une électrolyse continuelle. C'est ce que l'expérience a confirmé en montrant que l'électrolyse présente un retard appréciable sur l'application de la force électromotrice polarisante.

(Note de M. *A. Grumbach*, présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 17 février 1913.)

Digitized by Google

MACHINES THERMIQUES

Causes et effets des allumages prématurés dans les moteurs à explosion et à combustion. — Les moteurs à gaz se perfectionnent tous les jours, mais ils présentent encore quelques défauts dont il est intéressant de rechercher les causes pour les combattre.

Parmi ceux-ci, le plus redouté et le plus gênant est certainement l'allumage prématuré, heureusement beaucoup plus rare qu'autrefois, mais dont aucun constructeur n'oserait encore garantir la disparition absolue.

Les allumages prématurés peuvent, dans les moteurs à explosion à quatre temps, se produire aussi bien pendant l'aspiration que pendant la compression.

Dans les moteurs à deux temps, à chasse d'air, cet allumage ne peut survenir que pendant la compression. Dans les moteurs d'automobiles à deux temps, dans lesquels les gaz brûlés sont expulsés par un refoulement de gaz frais sous légère pression, l'inflammation peut aussi survenir pendant la période de charge qui précède la compression.

Enfin, dans les moteurs à combustion du genre Diesel, qu'ils soient à quatre temps ou à deux temps, avec une bonne construction et un bon réglage, l'allumage prématuré ne se produit pas; mais si le constructeur n'a pas su prendre toutes les précautions voulues pour assurer le fonctionnement normal des organes de distribution de ce genre de moteur, des fuites, notamment aux aiguilles d'injection, peuvent être la cause d'allumages intempestifs, analogues à ceux que l'on constate dans les moteurs à explosion.

Lorsque, dans un moteur à quatre temps, le mélange tonnant s'enflamme pendant l'aspiration, on entend une violente détonation dans la tuyauterie d'amenée d'air au cylindre.

Ces bruits effraient toujours le personnel dans les premiers temps où ils se produisent, mais leur apparition n'a rien de dangereux, ni pour la conservation de la machine, ni pour le conducteur. Si le moteur n'est pas fortement chargé, il pourra même n'en résulter aucun trouble, ni dans la marche ni dans la régularité.

Les causes les plus ordinaires de retour de flammes à l'admission sont un mélange trop appauvri ou trop riche, ou non homogène, dont une partie brûle si lentement que la combustion n'est pas achevée même après l'échappement terminé.

Un allumage qui n'intéresse d'abord qu'un trop faible volume de mélange produit aussi des effets analogues.

Dans ces conditions, l'allumage prématuré s'explique tout seul, puisque les gaz tonnants frais rencontrent alors en entrant dans le cylindre une flamme qui les allume.

Une conséquence de ces longs feux et des combustions incomplètes, c'est que des gaz non brûlés s'enflamment souvent dans le pot d'échappement et produisent ainsi des détonations à l'extérieur qui provoquent quelquefois des réclamations du voisinage.

Un réglage convenable, un allumage puissant ou multiple, une forme de chambre de combustion ne présentant pas de recoins, mettent à l'abri de ces inconvénients.

L'allumage prématuré pendant la compression, lui, n'est pas bruyant : il passe souvent inaperçu et il faut une oreille bien exercée pour en prévoir l'apparition. Par contre, on ne tarde pas à en constater les effets, qui sont autrement graves que les allumages en pleine admission.

L'examen des diagrammes relevés pendant que ces allumages intempestifs se produisent, montre que la pression des gaz commence à monter au milieu de la course, en augmentant à ce moment d'une façon anormale le couple de torsion de l'arbre, pour atteindre en fin de compression des valeurs tout à fait excessives. De plus, le régime de répartition des températures des parois étant alors rompu, l'absorption brusque de chaleur crée une aire négative qui annule souvent presque complètement le travail positif.

Le moindre des inconvénients qui survient alors, c'est l'arrêt du moteur, souvent précédé d'échauffements de coussinets causés par l'expulsion de l'huile des surfaces de frottement en contact, sous l'effet de pressions exagérées.

Obligés de tenir compte de cette éventualité, les constructeurs ont renforcé les arbres des machines pour éviter les casses qui survenaient très souvent autrefois.

Ces allumages prématurés peuvent avoir les mêmes causes que les allumages à l'admission, dans le cas où les machines marchent avec des mélanges trop riches, ou contenant une trop forte proportion d'hydrogène; mais ils peuvent aussi provenir d'un refroidissement insuffisant du cylindre, d'un défaut d'isolement des distributeurs à haute tension, s'il en existe, d'un excès d'huiles de graissage, de l'emploi d'une huile qui laisse des résidus charbonneux, de la présence de purgeurs mal installés, et enfin de l'encrassement des cylindres, dû à des entraînements de goudrons ou de poussières contenus dans les gaz.

Le meilleur moyen de rester à l'abri de ces allumages redoutés, c'est, en dehors des précautions déjà signalées plus haut, de ne marcher qu'avec des gaz très propres, peu hydrogénés et de composition constante, sans excès d'huile de graissage et sans vouloir pousser les machines à leur limite de puissance.

Certains constructeurs limitent leurs pressions moyennes de diagrammes à 4,5 kg; d'autres, plus audacieux, vont jusqu'à 5 kg ou 5,5 kg, mais il serait imprudent de vouloir maintenir dans les cylindres des pressions moyennes de 6,5 kg, telles qu'on peut les relever momentanément.

Dans les moteurs à combustion, quand, par suite d'un mauvais réglage, l'allumage prématuré se produit, les effets sont évidemment d'autant plus néfastes que la compression dans ces machines est plus élevée.

M. Letombe ajoute qu'un examen attentif permet toujours de déceler les causes des allumages prématurés.

Les causes étant trouvées, on peut alors déterminer les conditions de marche du moteur ou les modifications à apporter aux installations pour éviter le retour des troubles dus aux allumages prématurés.

En résumé, les précautions à prendre n'ont d'autre inconvénient pour l'instant que de limiter, au moins pour les moteurs à explosion, la valeur des compressions et la puissance disponible des moteurs.

M. Letombe recherche depuis longtemps un moyen propre à supprimer le trop grand échauffement des moteurs et les allumages prématurés et espère arriver bientôt à une solution radicale.

(Communication de M. *L. Letombe*, Soc. des Ing. civils, 7 février 1913.)

MÉCANIQUE

Turbines, compresseurs et dynamos à très grandes vitesses. — La métallurgie est parvenue à produire des aciers au nickel, dont la limite d'élasticité est supérieure à 160 kg par millimètre carré, auxquels on peut imposer, en toute sécurité, une contrainte de 40 kg par millimètre carré. Ils ne sont pas cassants et se prêtent bien à la construction de pièces de machines. Il conviendrait de les utiliser pour augmenter les vitesses tangentielles de nos machines rotatives, en observant, toutefois, qu'ils ne devraient jamais atteindre une température supérieure à 200° C. sans quoi ils risqueraient de perdre leur trempe.

On recherchera d'abord les moyens d'obtenir de grandes vitesses angulaires sans inconvénient, au point de vue mécanique. On examinera ensuite les autres difficultés présentées par la réalisation de machines tournant à grande vitesse, telles que turbines à vapeur, turbines à combustion interne, compresseurs rotatifs et dynamos à collecteur.

Vitesses angulaires. — On peut communiquer à un rotor quelconque, sans le déformer, une vitesse angulaire égale aux deux tiers de sa première vitesse critique *propre*. Lorsqu'il repose sur des points d'appuis élastiques, cette vitesse angulaire est suffisamment élevée pour tous les besoins de la pratique.

Si on considère plusieurs rotors géométriquement semblables, leurs vitesses critiques sont inversement proportionnelles à leurs dimensions linéaires. On peut donc leur communiquer, avec la même sécurité, les mêmes vitesses tangentielles.

Lorsqu'on pourra associer sur un même arbre deux rotors, l'un moteur, l'autre mû, on n'aura à transmettre aucun couple au rotor résultant. Il suffira alors de lui donner deux portées dimensionnées pour pouvoir supporter un poids environ double du sien. Elles reposeront dans des coussinets aussi légers que possible et soutenus par des ressorts très souples et également très légers. Ceux-ci tendront à amener l'axe de figure du rotor résultant en coïncidence avec celui du stator de la machine, qui sera l'axe normal de rotation.

Dans ces conditions, le rotor résultant pourra être considéré comme

Digitized by Google

libre et tournera, sinon autour de celui de ses axes naturels de rotation qui sera le plus voisin de son axe de figure, du moins autour d'un axe qui en sera extrêmement voisin et que les ressorts feront coïncider avec l'axe normal de rotation.

L'axe de figure décrira un hyberboloïde de révolution autour de l'axe réel de rotation, et les coussinets et les points d'attache des ressorts devront le suivre dans son mouvement. D'où des mouvements vibratoires, dont on réduira l'amplitude, autant qu'on le voudra, en disposant un *équilibreur automatique* à chaque extrémité du rotor résultant.

Mais la masse du rotor reposant sur des ressorts, le système aura une vitesse critique ω indépendante de la vitesse critique *propre* du rotor résultant et beaucoup plus petite. Des phénomènes de résonance, capables de produire des vibrations dangereuses, seront à craindre, lorsque la vitesse de rotation Ω deviendra égale à ω, au moment de la mise en route ou de l'arrêt. On les évitera en maintenant calés les coussinets, tant que la vitesse Ω sera comprise entre 0 et 2 ω. La vitesse ω sera assez petite pour que les portées puissent supporter les réactions du rotor dues à son défaut d'équilibrage, tant que les coussinets seront calés.

Lorsqu'il faudra transmettre un couple au rotor et que celui-ci sera développé autour d'un arbre rigide reposant sur des coussinets fixes, il faudra relier cet arbre à celui du rotor par un arbre flexible, dont la première vitesse critique *propre* devra aussi être supérieure à la vitesse que devra acquérir le rotor. Le rotor sera toujours muni d'équilibreurs automatiques et reposera sur des coussinets à ressorts.

Le système ainsi constitué aura encore une vitesse critique ω beaucoup plus petite que les vitesses critiques propres du rotor et de l'arbre flexible. On la passera, comme tout à l'heure, en calant les coussinets, tant que la vitesse de rotation sera comprise entre 0 et 2 ω.

Le rotor tend à s'écarter de l'axe normal de rotation, comme s'il était actionné par une fronde, tant que la vitesse du rotor est inférieure à la vitesse critique ω. Son axe naturel de rotation tend, au contraire, à se rapprocher de l'axe normal, lorsque la vitesse de rotation devient supérieure à la vitesse ω, et cela d'autant plus qu'elle devient plus grande. Ce phénomène s'explique de la manière suivante.

L'arbre flexible peut tourner autour de son axe neutre déformé, et cet axe neutre peut tourner, en même temps, autour de l'axe normal de rotation OO'. Dans ces conditions, si on lui communique un mouvement de rotation de vitesse Ω, autour de l'axe OO', le rotor supposé parfaitement équilibré peut tourner avec une vitesse $(\Omega - \alpha)$ autour de son axe naturel de rotation xy, qui fait un angle A avec le premier, tandis que cet axe xy est lui-même animé d'un mouvement de précession de vitesse α, autour de l'axe OO'.

L'arbre flexible ne peut fléchir sans que le centre de figure du rotor prenne une flèche ρ. Ce centre doit alors se frayer un chemin, à travers le milieu ambiant, avec la vitesse $\alpha\rho$, en surmontant sa viscosité. Si nous désignons par q un coefficient d'amortissement constant, le centre de gravité doit fournir un travail égal à $q\alpha^2\rho^2$. Un couple égal à $q\alpha^2\rho^3$ s'opposera donc à la production du mouvement de précession.

L'arbre flexible ne peut tourner autour de son axe neutre déformé sans fournir un certain travail d'hystérésis proportionnel à la vitesse $(\Omega - \alpha)$ et à une certaine fonction $\varphi(\rho)$ de la flèche ρ. Il y a donc production d'un couple égal à $\varphi(\rho)$, qui tend à s'opposer à la production du mouvement de rotation de vitesse $(\Omega - \alpha)$ et à rendre la vitesse α égale à la vitesse Ω. Tant que l'on a $q\Omega^2\rho^3 < \varphi(\rho)$, les forces qui tendent à s'opposer au glissement des molécules de l'arbre, les unes par rapport aux autres, sont indéterminées et produisent un couple égal et de signe contraire au couple $q\Omega^2\rho^3$. Il n'y a pas de glissement et il n'y a qu'une vitesse de précession égale à Ω. Mais, dès que la flèche ρ ou la vitesse Ω deviennent assez grandes, pour que l'on ait $q\Omega^2\rho^3 \geqslant \varphi(\rho)$, les molécules de l'arbre glissent les unes par rapport aux autres, le couple opposé à ce glissement ayant une limite $\varphi(\rho)$. Alors, il y a décomposition de la vitesse Ω en une vitesse de rotation $(\Omega - \alpha)$ et une vitesse de précession α.

Cette décomposition se produit pour une valeur de la flèche ρ d'autant plus petite que la vitesse Ω est plus grande, la fonction $\varphi(\rho)$ croissant moins vite que $q\rho^3$ avec la flèche ρ. On démontre qu'elle ne se produit, toutefois, que si l'on a $\Omega \geqslant \omega$, lorsque le rotor est parfaitement équilibré. Elle se produit pour une valeur de la vitesse Ω inférieure à ω, mais très peu différente, lorsque le rotor est mal équilibré.

On désigne par l la distance du centre de gravité du rotor à l'origine de l'arbre flexible, par $\mathfrak{M}$ la masse du rotor, par J son moment d'inertie, par rapport à son axe naturel de rotation xy, et par $\alpha\rho$ le couple de rappel développé par l'arbre flexible, lorsque le centre de gravité est fléchi d'une quantité ρ.

La décomposition de la vitesse Ω détermine la production d'un couple gyroscopique égal à $J\alpha(\Omega - \alpha)\frac{\rho}{l}$, qui tend à ramener l'axe xy vers l'axe OO'. La condition d'équilibre dynamique est alors :

$$\mathfrak{M}\alpha^2\rho - J\alpha(\Omega - \alpha)\frac{\rho}{l^2} = \alpha\rho,$$

et l'on a toujours :

$$q\alpha^2\rho^3 = \varphi(\rho),$$

équations qui déterminent la vitesse α et la flèche ρ. L'équilibre est stable parce que $\varphi(\rho)$ est une fonction naturelle qui croît moins vite que $q\rho^3$ avec ρ. On trouve que la flèche ρ tend vers zéro, lorsque la vitesse Ω croît de plus en plus.

Si le rotor est mal équilibré, son axe de figure et son axe naturel de rotation prennent un mouvement de rotation de vitesse $(\Omega - \alpha)$ autour d'un axe nouveau, passant entre les deux précédents, qui lui-même a un mouvement de précession de vitesse α et de flèche ρ, données par les équations précédentes, autour de l'axe OO'. On démontre encore que ce régime est stable et que l'amplitude du mouvement de nutation de l'axe naturel de rotation, comme la flèche ρ, diminuent de plus en plus, lorsque la vitesse Ω augmente.

Vitesses tangentielles. — On peut faire, avec les aciers modernes, des rotors de turbines dont la circonférence moyenne de la couronne d'aubes ait une vitesse tangentielle de 460 m et des ailes de ventilateur, symétriques par rapport à un plan diamétral, dont l'extrémité puisse acquérir une vitesse de 500 m.

Quant aux rotors de dynamos à collecteur, on est obligé de recuire leurs tôles et cela abaisse à 45 kg environ la limite d'élasticité des plus résistantes. Il est probable qu'on ne pourra pas donner une vitesse tangentielle supérieure à 150 m à ces rotors. Leurs collecteurs, faits en lames de cuivre isolées par de la micanite, pourront acquérir une vitesse de 80 m, à condition que leur longueur ne soit pas supérieure à leur diamètre.

Turbines à vapeur. — La dernière roue d'une turbine à vapeur, c'est-à-dire celle qui débouche dans le condenseur, doit toujours fonctionner à injection totale, pour réduire au minimum l'influence des frottements des roues contre le milieu ambiant.

Si l'on se donne la puissance P et la vitesse angulaire Ω de la turbine, le rayon R de cette roue se trouve déterminé. On a, en effet, en désignant par K une constante :

$$P = KR^2\Omega.$$

Si toutes les roues ont le même diamètre, le nombre de roues à associer en série est proportionnel à :

$$\frac{1}{\Omega^2R^2} = \left[\frac{K}{P\Omega^2}\right]^{\frac{2}{3}}.$$

On a donc tout intérêt à augmenter la vitesse Ω, c'est-à-dire à faire des récepteurs qui, pour une puissance donnée, aient une vitesse angulaire aussi grande que possible.

Lorsque la vitesse tangentielle deviendra égale à 460 m environ, il suffira de donner une seule roue à la turbine, qui acquerra ainsi son maximum de simplicité. Le rotor d'une pareille turbine aura une puissance spécifique très considérable et il sera peu probable que des récepteurs, tournant à la même vitesse, en aient une plus grande. Si le cas se présentait, il conviendrait de faire une turbine à roues associées, non plus en série, mais en parallèle.

En résumé, il n'y a aucune difficulté à donner à une turbine à vapeur de très grandes vitesses angulaire et tangentielle. C'est la nature du récepteur qui imposera la vitesse angulaire à donner à une turbine de puissance voulue. Sa vitesse tangentielle et le nombre des roues seront alors déterminés.

Turbines à combustion interne. — Dans une semblable turbine, il ne faudrait pas faire d'explosions, mais réaliser le cycle du moteur Diesel.

Digitized by Google

Cela n'est pratiquement pas possible, si l'on se sert de l'air atmosphérique comme comburant, mais le devient, si on lui substitue de l'oxygène ou du moins de l'air enrichi d'oxygène. M. Claude est parvenu à produire ce gaz à assez bas prix pour qu'on ait pu s'en servir dans des hauts fourneaux. Il n'est donc pas absurde de songer à s'en servir aussi dans un moteur à combustion interne. De cette manière, toutes les difficultés relatives à la compression des fluides comburant et combustible seraient supprimées et on pourrait rendre égaux à 500 les rapports de compression et de détente, ce qui serait nécessaire, pour n'envoyer dans la turbine que des gaz suffisamment refroidis.

On réaliserait de pareils rapports de compression en maintenant, par exemple, une pression de 25 kg cm² dans la chambre de combustion de la turbine et en faisant déboucher celle-ci dans un condenseur refroidi à l'eau, où l'on maintiendrait une pression de 1 20 kg cm².

Mais si l'on voulait maintenir une température très élevée, telle que 2 000° C dans la chambre de combustion, afin d'obtenir un grand rendement, les fluides afflueraient dans la turbine avec une vitesse de 2 400 m environ. Pour tirer parti de cette vitesse, il faudrait que la turbine pût acquérir une vitesse tangentielle de 800 m, ce qui ne serait pas possible avec les aciers actuels.

La turbine ayant sa vitesse tangentielle réduite à 460 m, il ne conviendrait pas de porter la température dans la chambre de combustion au-dessus de 750° C, en y injectant de l'eau. Dans ces conditions, elle serait encore économique et pourrait rendre des services, si le prix de la tonne d'oxygène ne dépassait pas le quart de celui de la tonne du combustible employé.

Compresseurs rotatifs. — Le travail utile fourni par un compresseur est proportionnel à la vitesse tangentielle que possède le fluide comprimé, à la sortie de la roue. Il faut alors, pour que le rendement soit bon, que cette force vive correspondante soit, à son tour, transformée en travail de compression dans un diffuseur.

On tirerait le meilleur parti possible d'une roue de compresseur en ne lui faisant communiquer que de la force vive au fluide et opérant toute la compression dans le diffuseur. Malheureusement, la turbine est mal réversible. Les gerbes qui en sortent sont divergentes et très hétérogènes. Dans ces conditions, le rendement des diffuseurs est médiocre et ne dépasse pas 0,75, pour ceux que la pratique a consacrés.

Il vaut mieux tirer un moindre parti de la roue, en diminuant la vitesse tangentielle du fluide. Dans les compresseurs de Rateau, le coefficient manométrique est généralement de 0,5 70 °/₀ du travail de compression sont fournis au fluide à l'intérieur de la roue et 30 °/₀ seulement dans le diffuseur. Dans ces conditions, le rendement final est d'environ 0,7.

Si l'on désigne par Ω la vitesse angulaire d'une roue de compresseur, R son rayon, V le débit du fluide aspiré et K une constante. Le rendement demeure constant, si on réalise la condition :

$$V = KR^3\Omega.$$

Si l'on considère des compresseurs géométriquement semblables, la constante K a la même valeur pour eux tous. Mais on peut la faire varier de 1 à 2,5 environ, en changeant les proportions relatives des divers éléments du compresseur type.

Il en résulte que l'on peut faire des compresseurs de petite puissance et de bon rendement, en leur communiquant de très grandes vitesses angulaires.

La puissance d'un compresseur est proportionnelle au cube de sa vitesse tangentielle et à la densité du fluide aspiré, à égalité de rendement. Il conviendra donc de donner à la vitesse tangentielle une valeur d'autant plus grande que le fluide aspiré sera moins dense.

Avec une vitesse tangentielle de 500 m, on pourra aspirer un fluide très peu dense, tel que la vapeur d'eau provenant de l'évaporation d'une solution saline à — 20° C, sans que les dimensions du compresseur soient exagérées, par rapport à sa puissance.

On peut employer une vitesse de 500 m avec de la vapeur d'eau parce que sa chaleur spécifique est 0,4805 et qu'alors l'élévation de température du fluide, à l'intérieur de la roue, n'est que de 62° environ. Avec l'air dont la chaleur spécifique est 0,2375, cette élévation de température serait plus que doublée et l'on risquerait de détremper l'acier des ailes. Il ne convient pas, avec lui, de dépasser la vitesse de 360 m.

M. Rateau a fait des compresseurs multicellulaires, en se contentant de donner une double paroi à leurs enveloppes et diaphragmes et d'y faire circuler de l'eau, pour les refroidir. La température du fluide ne s'y élève pas à plus de 100° au-dessus de celle de l'eau, mais la vitesse tangentielle adoptée n'est que de 140 m.

Avec des vitesses notablement supérieures, telles que 360 m, on ne peut se contenter de ce mode de refroidissement. Il convient de faire passer le fluide, entre la sortie d'un diffuseur et l'entrée de la roue suivante, dans un refroidisseur semblable, comme construction, à un condenseur. Celui-ci sera extérieur au compresseur et on pourra le dimensionner aussi largement qu'il le faudra.

Cela revient à dire que l'on ne peut faire de compresseurs multicellulaires à très grande vitesse tangentielle. Cela n'offre aucun inconvénient, le nombre de compresseurs distincts à associer en série n'étant pas plus grand que le nombre de corps distincts des compresseurs multicellulaires actuels.

Dynamos à collecteur. — Une dynamo, faisant plusieurs centaines de tours par seconde, ne peut être qu'une dynamo à collecteur, car on ne saurait utiliser les courants fournis par un alternateur tournant à cette vitesse.

Au point de vue de la construction, elle devra être bipolaire et à enroulement Gramme, les connexions d'un enroulement Siemens étant trop difficiles à maintenir, à cause de la force centrige. L'enroulement devra être fait en aluminium. Enfin, tous les conducteurs doivent être noyés dans un écran magnétique, sauf le long de l'entrefer. Cet écran se prolongera par deux pièces cylindriques concentriques à l'arbre et situées de part et d'autre de l'induit. Le stator sera muni de circuits compensateurs système Ryan, dont les connexions se projetteront sur les pièces cylindriques de l'écran et seront naturellement parcourues par des courants égaux et de signes contraires à ceux qui se formeront dans ces pièces. De cette façon, les courants produits dans l'écran n'auront aucune self-induction appréciable à surmonter. Ils empêcheront tout flux variable de sortir de l'induit, autrement que par l'entrefer, et réduiront au minimum les courants de Foucault, ainsi que la self-induction des bobines mises en court-circuit par les balais.

Un pareil induit pourra acquérir une vitesse tangentielle de 150 m environ. Sa longueur pourra être d'environ deux fois son diamètre. Enfin, son collecteur devra avoir une longueur égale à environ une fois son propre diamètre et une vitesse tangentielle de 80 m.

Si on augmentait la longueur de l'induit ou de son collecteur, en frettant ce dernier, l'arbre s'allongerait par trop et sa première vitesse critique *propre* ne serait plus suffisamment élevée.

Les dimensions principales d'un pareil induit se trouvent ainsi déterminées en fonction de sa vitesse angulaire. Si nous saturons encore les tôles et continuons à faire passer, le long de l'entrefer, environ 300 ampères par centimètre de développement de l'induit, comme dans les machines lentes, nous arrivons à une machine de très grande puissance spécifique. Bien que la commutation doive être faite en un temps extrêmement court, elle peut l'être dans de bonnes conditions, parce que les circuits ont très peu de développement, n'entourent que des circuits magnétiques de très faible section et fortement saturés, et enfin sont protégés contre les fuites magnétiques, par un écran. Leur self-induction est donc extrêmement petite.

La perte d'hystérésis, par centimètre cube, aura augmenté proportionnellement à la fréquence des variations de flux. Cela n'aura pas d'influence sur le rendement de la machine, à cause de la petitesse du volume de fer, mais la surface de refroidissement sera devenue tout à fait insuffisante.

De même, la densité de courant sous les balais aura acquis une valeur bien plus grande que celle admise d'habitude.

D'où la nécessité de refroidir les tôles, le collecteur et les balais, avec un courant d'eau.

Une semblable machine fournirait presque aussi facilement des courants alternatifs de fréquence usuelle que des courants continus, si ses inducteurs étaient excités par des courants alternatifs de fréquence voulue. Mais ce serait une grave sujétion d'avoir à produire ces courants d'excitation au moyen d'un alternateur à vitesse lente, qui deviendrait plus grand que la génératrice et que l'on ne saurait comment faire tourner. Heureusement, il est très facile de rendre auto-excitatrice la machine à grande vitesse, en lui faisant produire des courants de fréquence non seulement quelconque, mais variable en volonté, même en cours de marche.

Conclusion. — M. M. Leblanc pense avoir donné les moyens de communiquer à un rotor une vitesse angulaire aussi grande qu'il est nécessaire, dans tous les cas de la pratique, pour pouvoir atteindre les plus grandes vitesses tangentielles admissibles.

Les qualités des aciers modernes permettent d'atteindre les plus grandes vitesses tangentielles, dont on ait besoin dans les turbines à vapeur et dans les compresseurs rotatifs. Elles ne permettent pas

Digitized by Google

d'atteindre celles qui conviendraient aux turbines à combustion interne. Dans le cas des dynamos, ces vitesses tangentielles sont limitées par la nécessité de recuire les tôles, mais les vitesses alors admissibles sont encore très supérieures à celles usitées aujourd'hui.

La réalisation d'une turbine à vapeur à très grandes vitesses angulaire et tangentielle ne présente aucune difficulté. On ne peut faire une turbine à combustion interne qu'en substituant de l'oxygène ou de l'air enrichi à l'air atmosphérique. Mais pour tirer alors tout le parti possible de ces machines, il faudrait pouvoir leur imprimer une vitesse tangentielle au moins deux fois plus grande que celle que nous pouvons atteindre.

Dans les compresseurs rotatifs et les dynamos à collecteur, à grande vitesse tangentielle, on est obligé de refroidir bien plus énergiquement leurs divers organes que ceux des machines du même genre à petite vitesse, et il faut avoir recours à d'autres procédés de refroidissement, d'ailleurs très simples et dont l'emploi ne donne lieu à aucune difficulté.

(Communication de M. *M. Leblanc*, Société des Ingénieurs civils, 24 janvier 1913.)

MÉTALLURGIE

Essais au choc sur barreaux entaillés pour les aciers tenaces. — Aux termes des décisions du Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction, tenu à Copenhague, les essais au choc sur barreaux entaillés doivent avoir lieu sur des barreaux de 30 × 30 mm de longueur d'arête, avec une entaille arrondie de 4 mm de diamètre; ces barreaux doivent se rompre sous un seul coup de mouton. Le Dr Ehrensberger (1) a montré que le mouton-pendule de 75 kg, construit d'après les règles de l'Association allemande pour l'essai des matériaux, suffit en général pour la rupture des éprouvettes par choc unique, tandis que le type le plus fort, de 250 kg de force, ne doit être employé que pour les aciers spéciaux particulièrement tenaces. Des essais au choc effectués avec un mouton de 75 kg, construit par la Société Mohr et Federhaff, de Mannheim, ont montré cependant que, même dans le cas des aciers au carbone, à haute résistance, on atteint rapidement la limite pour laquelle le mouton ne peut plus rompre l'éprouvette; on se trouve alors dans l'impossibilité d'atteindre le résultat défini par les prescriptions mentionnées plus haut. Il est donc nécessaire, pour l'essai des aciers tenaces, de recourir à une forme d'éprouvette plus faible. D'après les décisions du Congrès de Copenhague, il est permis d'employer des épaisseurs moindres pour les essais exécutés sur les tôles. M. A. Gessner, ingénieur de la Société des établissements Skoda, à Pilsen, a employé, au cours de ses essais, des barreaux de 10 × 30 mm de section, tout en maintenant les autres dimensions de l'éprouvette normale. Pour déterminer comment se comportent les aciers tenaces sous l'influence du choc, on a soumis à des percussions croissantes des barreaux en acier au carbone, présentant les caractéristiques suivantes :

Limite élastique	51,2 kg/mm²
Résistance à la traction	64.1
Allongement	20,1 °/₀
Striction	71,1 °/₀

La rupture se produit, en partant de l'entaille, à peu près suivant les directions des tensions principales de cisaillement de la région de l'éprouvette soumise à la flexion. A peu près dans le plan des fibres neutres, il se produit un changement de direction grâce auquel les tangentes à la ligne de rupture forment un angle d'environ 90°. On observe fréquemment ce genre de cassure sur les métaux tenaces et on le désignera sous le nom de cassure A. Cette forme de cassure ne répond cependant pas à une règle absolue, et on constate, au contraire, fréquemment, qu'il ne se produit aucun changement de direction dans la ligne de rupture et que la cassure se propage dans la direction de l'amorce initiale jusqu'à séparation complète de l'éprouvette. Il se forme alors une sorte de corne, et on désignera par la lettre B la forme de cassure correspondante.

Comme l'on doit s'y attendre, la résilience qui caractérise la ténacité du barreau entaillé, calculée par rapport à la section primitive de l'éprouvette, est supérieure pour la cassure B: en effet, dans ce cas, le mouton doit effectuer la séparation du métal suivant une section de rupture plus importante. La cassure A donne, au contraire, toujours des valeurs faibles, la différence entre les résultats correspondant aux aux cassure A et B, pouvant atteindre 50 °/₀ de la valeur la plus faible.

(1) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1907.

L'importance de cette différence dépend de l'intensité avec laquelle se produit la cassure B ainsi que de l'aire de la surface de rupture du métal. La différence maxima a été observée pour deux éprouvettes en bronze forgé, dont l'une, présentant une corne importante, a donné une valeur quatre fois supérieure à l'autre. Comme la délimitation est difficile à établir entre les deux formes de cassure et qu'il existe une série de formes intermédiaires, l'interprétation des résultats donne lieu à une incertitude notable.

Les éprouvettes ayant toujours été soigneusement meulées et percées d'un trou exactement calibré, toute influence de la forme de l'éprouvette semble éliminée; de même, l'aspect des cassures, toutes exemptes de défauts, ne permet aucune conclusion sur leur cause de formation suivant des formes diverses pour un seul et même métal.

On a, d'ailleurs, observé au cours des essais un phénomène dont l'influence perturbatrice gêne l'expérimentateur. Les éprouvettes en acier tenace présentent fréquemment, après rupture, sur les petits côtés faisant face au mouton, des détériorations locales produites par son arête tranchante. Dès que l'éprouvette a atteint un angle de pliage α, angle du tranchant, celui-ci la comprime par les angles extérieurs tandis que le contact cesse au sommet de tranchant. Comme, en outre, les éprouvettes sont supportées sur des appuis écartés de 120 mm seulement, le mode d'action du tranchant sur l'éprouvette est complètement modifié. Les fibres encore intactes sont brisées par traction et non par la poussée directe du mouton. Dans les aciers présentant des fibres orientées suivant la longueur de l'éprouvette, le mouton ne peut plus briser le barreau. Dans certains cas, on a observé que, malgré l'application d'un travail spécifique par choc de 50 kg par cm², l'adhérence du métal est encore très considérable, de sorte que sa rupture complète nécessiterait une somme d'énergie dépassant le double des valeurs observées en moyenne. Les détériorations causées par les arêtes du tranchant sont nettement visibles. La perte d'énergie résultant de ce phénomène perturbateur est loin d'être négligeable, bien qu'elle ne puisse être exactement déterminée. On a remédié à cet inconvénient en modifiant la forme du tranchant, pour permettre à l'éprouvette de prendre un angle de pliage supérieur.

On a effectué des essais comparatifs, avec chacun des deux tranchants, sur trois barreaux d'un métal présentant les caractéristiques suivantes

Limite élastique	39 kg/mm²
Résistance à la traction	51,6
Allongement	23,8 °/₀
Striction	78,4 °/₀

Dans les six cas, le mouton fit passer les barreaux à travers la chabotte sans les briser complètement. La moyenne de la ténacité au choc pour les éprouvettes rompues avec le tranchant 1 est supérieure de 26 °/₀ à la moyenne correspondant aux éprouvettes rompues avec le tranchant 2. De plus, ces dernières présentaient un angle de pliage plus grand, mais l'adhérence du métal après le choc était notablement moindre que dans les éprouvettes rompues avec le tranchant 1, ce qui est en contradiction formelle avec les résultats obtenus.

Avec la forme normale d'éprouvette de 30 mm de largeur, les phénomènes signalés ci-dessus sont un peu moins marqués; toutefois, les cassures du type B, avec formation d'une corne, ont été observées à maintes reprises, notamment pour les bronzes, ainsi que l'empreinte des arêtes du tranchant sur aciers forgés rompus par plusieurs coups de mouton.

L'obtention de résultats comparables dans les essais au choc, sur barreaux entaillés, présente donc des difficultés notables pour les matériaux tenaces : des prescriptions complémentaires relatives à l'exécution de ces essais pourraient conduire à des résultats tout différents. Ainsi, dans les essais au choc sur les barreaux présentant une entaille aiguë, les phénomènes relatés ci-dessus se produisent à peine, mais on rencontre dans ce cas des difficultés d'un autre genre. L'essai au choc sur barreaux entaillés conduit donc, en certains cas, à une appréciation du métal autre que l'essai de traction et explique notamment la fragilité à froid dans le cas de l'état d'altération à froid, bien que ces cas ne paraissent pas être aussi fréquents qu'on était tenté de l'admettre au début de l'essai au choc sur barreaux entaillés. La mise en évidence d'une grande fragilité serait peut-être obtenue avec une sûreté suffisante par des essais simples, comme l'essai de pliage de Heyn, par exemple.

(Communication de M. *A. Gessner*, VIe Congrès international de l'Association internationale pour l'Étude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New-York, septembre 1912.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

Le commerce du fer-blanc en 1911.

En 1911, les importations du fer-blanc en France ont plus que doublé, passant de 12 600 t à 28 500 t. Ce fer-blanc provient surtout d'Angleterre, mais une petite quantité nous est vendue par l'Allemagne et la Belgique. Dans les totaux ci-dessus sont comprises les tôles étamées, zinguées, plombées et cuivrées.

Les exportations françaises de fer-blanc, toujours très faibles, ont encore fléchi en 1911 (1 250 t contre 1 611 en 1910 et 1 677 en 1909). Mais comme notre production a certainement augmenté, il est facile d'en conclure que notre consommation intérieure s'est beaucoup accrue.

La France compte actuellement huit usines de fer-blanc.

La production mondiale du fer-blanc se décompose comme suit, d'après M. Louis Ganet (Echo des mines et de la métallurgie) :

Etats-Unis	750 000 t
Angleterre	625 000
Allemagne.	60 000
Italie, France, Espagne, etc. .	100 000
Total	1 535 000 t

Le pays de Galles était, autrefois, le principal producteur, et fournissait l'Amérique. C'est ainsi qu'en 1889, l'exportation galloise aux Etats-Unis était de 340 000 t, soit 80 °/₀ des expéditions totales.

Les Etats-Unis se sont depuis lancés dans cette fabrication; aussi, l'Angleterre ne leur envoie plus guère que 70 000 t, soit 15 °/₀ des exportations galloises.

Aujourd'hui, l'Angleterre consomme environ 125 000 t, et le reste est exporté en Allemagne (80 000 t), Indes, Détroits, Hong-Kong (60 000 t), Amérique du Sud (40 000 t), Scandinavie (28 000 t), Australie (28 000 t), etc..., soit un total de 420 000 t, non compris les Etats-Unis (70 000 t).

Depuis 1900, les exportations galloises ont augmenté de 80 °/₀. 60 nouveaux laminoirs contribueront encore à une surproduction de 100 000 t.

Aux Etats-Unis, la production, qui n'était que de 19 000 t en 1892, est passée rapidement à 300 000 t en 1900 et à 750 000 t en 1911.

La production de l'or dans le monde en 1911 (1).

Au milieu du XIXe siècle, durant la période d'exploitation intense des placers de la Californie et de l'Australie, la production aurifère n'avait jamais dépassé 800 millions de francs par an.

Elle avait ensuite décru au point de ne plus atteindre que 500 millions en 1882. Ce dernier chiffre fut dépassé en 1887 et, depuis, l'accroissement n'a cessé de prendre des proportions énormes. Le chiffre d'un milliard fut dépassé en 1895 et celui de 2 milliards en 1906. En 1908, on arriva à 2 300 millions. Le progrès est moins rapide depuis. En 1909, l'augmentation n'a plus été que de 60 millions sur l'année précédente. L'année 1910, dont les statistiques ont été récemment rectifiées, indiquerait même une légère baisse de 4 millions. C'est la première fois qu'une décroissance est constatée depuis 1882 (sauf bien entendu la période anormale de la guerre du Transvaal).

Pour 1911, enfin, les statistiques, indiquent un nouvel accroissement de 60 millions environ par rapport à l'année précédente.

La valeur de la production aurifère de 1911 serait de 2 milliards 422 millions de francs, au lieu de 2 milliards 358 millions en 1910 et de 2 milliards 362 millions en 1909. Le seul gros producteur en progrès est le Transvaal. Presque partout ailleurs on observe une diminution. Voici d'ailleurs les chiffres de l'extraction de l'or dans les principaux pays, d'après deux sources différentes, le *Commercial and Financial Chronicle*, qui la fournit en onces de fin, et l'*Engineering and Mining Journal*, qui la donne en dollars :

	D'après l'*Engineering and Mining Journal*		D'après le *Commercial Chronicle*	
	1910	1911	1910	1911
	millions de dollars		millions d'onces de fin (1)	
Transvaal . . .	155,7	170,5		
Rhodesia . . .	12,6	13,0		
Afrique occidentale . . .	3,7	5,3	8 492	9 366
Madagascar . .	2,1	1,9		
Etats-Unis. . .	96,3	96,2	4 657	4 655
Australie . . .	65,6	61,1	3 177	2 901
Empire russe .	43,2	40,6	1 721	1 645
Mexique. . . .	24,1	19,5	1 205	1 060
Inde anglaise .	12,1	10,5	546	573
Canada	10,2	10,6	496	522
Chine	10,1	10,0	»	»
Japon, etc. . .	10,5	10,6	»	»
France	1,1	1,3	»	»
Amérique centrale et méridionale . . .	14,9	15,0	»	»

C'est donc l'Afrique, et principalement le Transvaal (surtout le district du Witwatersrand), qui a déterminé le nouvel accroissement de 1911. La production africaine était nulle en 1886. Dès 1898, elle atteignait 3 900 000 onces, dépassant celle de l'Australie aussi bien que celle des Etats-Unis. En octobre 1899, la guerre amenait la fermeture presque totale des mines; aussi l'extraction de 1899 tombait-elle au-dessous de celle de l'année précédente, et en 1900 et 1901 la production demeurait très faible. C'est en 1904 seulement que l'ensemble de l'extraction africaine dépassait son chiffre de 1899, avec 4 millions 163 000 onces, et en 1905 que le Transvaal reprenait son rang à la tête des pays aurifères. En cette année, le total de la production africaine montait à 5 494 000 onces, dont 4 706 000 pour le Witwatersrand. Depuis, l'extraction de ce dernier district a passé à 5 560 000 onces en 1906, à 6 220 000 onces en 1907, à 6 783 000 en 1908. Il s'est manifesté alors une période de stagnation relative : l'année 1909 a donné 7 039 000 onces et 1910 en a fourni 7 229 000. Mais en 1911 le progrès a repris, et les mines du Witwatersrand ont donné 7 897 000 onces, soit plus de 800 millions de francs d'or.

Comme M. Pierre Leroy-Beaulieu, auquel nous empruntons ces chiffres, le fait remarquer dans l'*Economiste français*, on constate que plusieurs des plus riches mines approchent fort de leur épuisement.

La Rhodesia paraît le meilleur des autres pays aurifères africains, les districts transvaaliens autres que le Witwatersrand ayant des mines généralement irrégulières. L'Ouest-africain a fait, en 1911, un pas en avant assez sensible, de même que Madagascar.

Les Etats-Unis viennent, après le Transvaal, au premier rang des producteurs et, jusqu'en 1909, ils n'avaient cessé de progresser. C'est en 1883 que la production aurifère y était tombée au minimum, 1 450 000 onces; puis, jusqu'en 1892, elle avait oscillé entre 1 500 000 et 1 600 000 onces. La découverte des gisements du Colorado (champ d'or de Cripple Creek) la fit hausser jusqu'à 3 millions 830 000 onces en 1900. Le moindre rendement de ces mêmes mines provoqua ensuite un arrêt, mais l'accroissement de l'extraction dans l'Alaska, sa reprise en Californie et l'entrée en scène du Nevada, provoquèrent, à partir de 1905, un nouveau mouvement en avant. En 1906, la production américaine s'éleva à 4 565 000 onces; en 1909, elle atteignait son maximum de 4 millions 822 000 onces; puis la continuation du recul dans le Colorado, la stagnation de la production californienne et un affaiblissement de celle de l'Alaska déterminèrent un nouveau pas en arrière en 1910, qui ne fournit que 4 655 000 onces, et en 1911, qui en a donné 4 656 000. Les principaux Etats producteurs sont actuellement la Californie (982 000 onces, le Colorado (926 000), le Nevada (917 000), l'Alaska (774 000), puis le Dakota du Sud (359 000), l'Utah (228 000), le Montana (153 000) et l'Arizona (143 000).

L'Australie, avant le plein essor du Transvaal, rivalisait avec les Etats-Unis. Après la brillante période du milieu du siècle (placers de Ballarat et de Bendigo), il s'était produit un ralentissement et, en 1886, l'extraction du métal jaune y était tombée à 1 258 000 onces. En 1891, on n'était encore remonté qu'à 1 519 000 onces; mais à partir de ce moment, la mise en valeur des mines de l'Australie de l'Ouest porta la production à 4 105 000 onces dès 1899; un léger recul la ramena un peu en arrière; mais, en 1903, elle atteignait son maximum de 4 318 000 onces, et en 1905 elle se maintenait encore à 4 232 000 onces. Alors a commencé une chute rapide, qui a ramené la production aurifère australasienne à 2 902 000 onces en 1911.

L'Australie de l'Ouest ne produit plus que 1 372 000 onces au lieu de 2 064 000 onces en 1903, qui avait été l'année la plus prospère; Victoria donne 507 000 onces au lieu de 810 000 onces, maximum en 1905; Queensland 359 000 au lieu de 872 000 en 1899; la Nouvelle-Galles du Sud 176 000 au lieu de 469 000 en 1899; la Nouvelle-Zélande 427 000 au lieu de 533 000 en 1906.

L'Empire russe, après être resté stationnaire aux environs de 1 million 100 000 à 1 200 000 onces, avait vu sa production d'or monter à 1 290 000 onces en 1907 et à 1 721 000 en 1910. Elle a subi, en 1911, un recul qui l'a ramenée à 1 644 000 onces. Mais il reste encore en Russie de grandes richesses : le perfectionnement des moyens de transport permettra d'exploiter les filons nombreux de Sibérie.

Le Canada a vu sa production s'élever jusqu'à 1 350 000 onces en 1909, à l'apogée des placers du Youkon. Elle s'était ensuite affaissée jusqu'à 405 000 onces en 1907, par suite de l'épuisement des mêmes placers; elle s'est un peu relevée depuis — 522 000 en 1911.

Au Mexique, la production s'est considérablement développée depuis 1893, où elle n'atteignait que 63 000 onces. Elle était arrivée à 1 205 000 en 1910. Le recul de 1911 tient aux troubles politiques.

(1) On trouvera des statistiques plus anciennes sur l'or dans *La Technique Moderne*, t. II, n° 4 (avril 1910), p. 258 et t. III, n° 7 (juillet 1910), p. 429.

(1) L'once anglaise = 31 gr 103.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES DYNAMOS HOMOPOLAIRES

GÉNÉRALITÉS. — Les turbines à vapeur (1), dont le champ d'application s'étend de plus en plus, exigent des machines électriques tournant à grande vitesse. Dans le cas de machines à courant continu, on éprouve, pour ces vitesses, des difficultés excessives en ce qui concerne la commutation. L'attention a été par suite ramenée sur un type de machines donnant un courant continu, tout en étant dépourvues de collecteur, et que l'on a désignées sous le nom de dynamos homopolaires ou unipolaires.

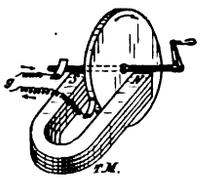


FIG. 1. — Disque de Faraday.

La première expérience relative à l'induction unipolaire est celle du disque de Faraday, dont le dispositif est représenté sur la figure 1. Faraday faisait tourner un disque métallique entre les pôles d'un aimant en fer à cheval, et faisait frotter deux balais de cuivre, l'un sur l'axe et l'autre sur la périphérie de ce disque. Un galvanomètre permettait de constater la formation d'un courant continu.

Peu après, Faraday construisit un autre appareil mettant mieux en évidence l'induction unipolaire. Le disque de cuivre D (fig. 2) se trouve au-dessus du pôle N de l'aimant NS, sur le centre duquel il repose par l'intermédiaire d'une crapaudine rudimentaire. Les contacts de frottement sont en *a* et *b*.

La figure 2 montre bien le caractère de ce genre de machine; dans les dynamos ordinaires, chacune des spires tourne autour d'un axe parallèle à son plan et perpendiculaire au champ; le flux qui les traverse dépend de leur inclinaison sur ce champ; il est une fonction sinusoïdale du temps, ses variations se font suivant des cycles périodiques, ce qui entraîne la nécessité du collecteur pour obtenir du courant continu; dans ces machines homopolaires, également appelées machines acycliques, le disque tourne autour d'un axe parallèle au champ, sa position est constamment la même par rapport à ce champ et le flux d'induction y est *fonction linéaire du temps* : c'est la condition essentielle pour obtenir du courant continu en se passant de collecteur. En effet, la force électromotrice induite est alors constante, puisqu'elle est la dérivée du flux par rapport au temps, changée de signe :

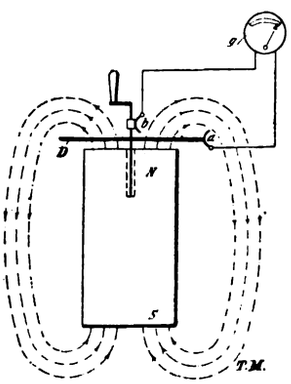


FIG. 2. — Autre disposition du disque de Faraday.

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 4 (15 février 1913), p. 129.

Voyons, par exemple, quelle est la force électromotrice induite suivant un rayon du disque. Supposons d'abord ce rayon en *ab* (fig. 3) et fermons le circuit par un conducteur extérieur *acb*. Au bout du temps *dt*, ce rayon vient en *ab'*. Le circuit s'est donc déformé de façon à devenir *ab'bc*; il en est résulté une augmentation du flux le traversant, cette augmentation est égale à la surface du secteur *b'ab* multipliée par l'induction $\mathfrak{B}$ dans ce secteur.

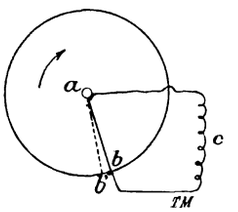


FIG. 3.

On a donc :

$$d\Phi = \mathfrak{B}\frac{r}{2}\omega r dt,$$

en appelant *r* le rayon du disque et ω la vitesse angulaire. La vitesse périphérique *v* du disque est égale à ωr. Par suite, la force électromotrice induite est en volts :

$$E = -\mathfrak{B}\frac{rv}{2}10^{-8}.$$

On peut arriver à ce résultat en partant de la formule de Neumann donnant la force électromotrice induite dans un élément de courant *dl* :

$$dE = -\mathfrak{B}v_e \sin\alpha\cos\beta dl.$$

v_e étant la vitesse de l'élément, α désignant l'angle que fait la direction de l'élément avec celle du champ, β l'angle que fait le déplacement avec la force électromagnétique correspondant à un courant dans le sens considéré comme positif sur l'élément.

Dans ce cas $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $\beta = 0$; si donc, on considère un élément *dx* du rayon à une distance *x* du centre du disque, on a, ωx étant la vitesse de cet élément :

$$dE = -\mathfrak{B}\omega x dx,$$

ou en volts :

$$E = -10^{-8}\mathfrak{B}\omega\int_0^r x dx = -10^{-8}\mathfrak{B}\omega\frac{r^2}{2}$$

$$= -\mathfrak{B}\frac{rv}{2}10^{-8}.$$

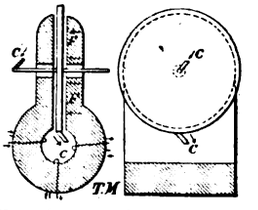


FIG. 4. — Schémas d'une dynamo homopolaire à disque.

La machine de Faraday a trouvé une application industrielle dans la construction de certains ampères-heures-mètres. Cette machine, dans sa forme la plus élémentaire, est caractérisée par un très bas voltage; pour en tirer parti, il faut placer la surface entière du disque dans le champ magnétique, ainsi que l'indique schématiquement la figure 4, et développer en même temps un champ magnétique uniforme pour éviter les pertes dues aux courants de Foucault.

On pourrait, pour augmenter le voltage, monter en série

Digitized by Google

plusieurs machines homopolaires, de façon que les frotteurs axiaux des unes soient reliés aux frotteurs périphériques des autres; les f. é. m. se trouveraient ainsi additionnées comme lorsqu'on monte des piles en série. On pourrait monter de la même façon en série plusieurs disques, ces derniers étant disposés pour tourner dans un même champ afin d'économiser du fer (fig. 5); on conçoit en effet que, s'ils sont isolés les uns des autres et si les frotteurs axiaux des uns sont réunis aux frotteurs périphériques des autres, tout se passe comme si l'on montait en série plusieurs machines. Si, électriquement, ce dispositif est assez satisfaisant, la connexion des frotteurs axiaux avec les centres des disques offre des difficultés mécaniques. L'emploi de deux champs magnétiques jumelés (fig. 6), permettrait de doubler le voltage sans augmenter le nombre des frotteurs.

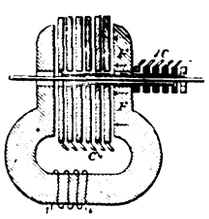


FIG. 5. — Schéma d'une dynamo homopolaire à plusieurs disques.

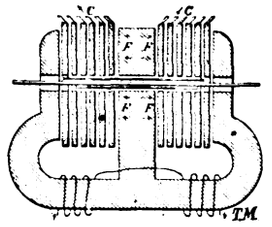


FIG. 6. — Schéma d'une dynamo homopolaire à plusieurs disques à champs jumelés.

Il est à remarquer qu'il peut y avoir une sérieuse poussée magnétique dans les machines à disques, si les dégagements aux extrémités du rotor ne sont pas égaux.

La réluctance des machines de ce type n'a pas besoin d'être élevée, puisque la densité de courant dans les disques est faible, et ces derniers peuvent être en acier. On peut noter en outre que, dans ces machines, le réel parcours du courant dans le rotor n'a aucune importance.

Dans les machines à plusieurs disques, des conducteurs doivent relier, ainsi que nous l'avons vu, les centres des disques à des anneaux frotteurs. On peut faire jouer, à ces conducteurs, le rôle principal au point de vue de l'induction et réduire les disques à de simples anneaux de contact; nous passons ainsi du type des dynamos homopolaires à disques au type des dynamos homopolaires à tambour.

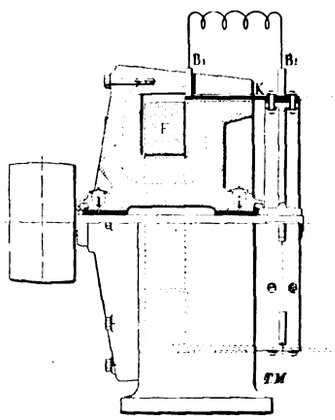


FIG. 7. — Dynamo homopolaire à tambour, système Arnold.

Ce nouveau type de machines est schématiquement caractérisé par la figure 7. En F se trouve une bobine excitatrice annulaire. L'induit K, tournant dans l'entrefer, se compose d'un cylindre de cuivre rivé sur la périphérie d'un volant. Les balais B_1 et B_2 conduisent au réseau le courant induit. Dans ce cas, le cylindre tourne dans un champ constant, toujours perpendiculaire à ses génératrices; nous avons encore une machine acyclique et, en appliquant le même raisonnement que précédemment, on trouve que la force électromotrice induite le long d'une génératrice est :

$$E = -\mathfrak{B} l v 10^{-8},$$

l désignant la longueur de la génératrice, v la vitesse périphérique et $\mathfrak{B}$ l'induction moyenne; ces machines ont l'avantage de permettre d'augmenter la tension en augmentant la longueur du conducteur induit sans, pour cela, augmenter la vitesse périphérique.

Au lieu d'employer un cylindre comme induit, on peut se servir de conducteurs séparés, placés suivant les génératrices d'un cylindre; c'est là le type de dynamos homopolaires qui a reçu les plus nombreuses applications, car il permet, ainsi que nous le verrons plus loin, d'obtenir des tensions assez élevées en montant en série plusieurs conducteurs. Pour effectuer ce montage, il faut réunir l'extrémité d'un conducteur à l'extrémité opposée du conducteur suivant. Il est bien certain que cette connexion de deux conducteurs AB et EF (fig. 8) ne peut pas s'effectuer au moyen d'un conducteur DC placé à la surface du cylindre qu'enveloppent ces conducteurs induits; la f. é. m. induite dans DC serait, en effet, égale et opposée à celle induite dans AB, par exemple, et l'on ne serait pas plus avancé que si l'on avait employé le conducteur EF seul. On est donc forcé de réunir AB et EF par des conducteurs extérieurs avec interposition d'anneaux et de frotteurs.

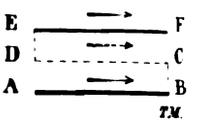


FIG. 8.

HISTORIQUE. — Après Faraday, un grand nombre de physiciens, tels que Hoppe, Edlund, Lecher, Hagenbach, Nobili, Antinori, W. Weber, etc., ont construit d'intéressants appareils reposant sur l'induction unipolaire, mais il ne s'agissait là que d'expériences purement physiques, n'ayant qu'un rapport bien lointain avec les applications techniques.

Les premiers essais industriels de construction de dynamos homopolaires remontent aux environs de 1880. Vers 1884, George Forbes construisit une machine homopolaire à disques (fig. 9). Cette machine, par suite de la position défectueuse des disques et des bobines excitatrices, donnait une très grande poussée axiale occasionnant des frottements inadmissibles. Après de nombreux projets où il a cherché à remédier à cet inconvénient, George Forbes est arrivé à un type de machines (fig. 10 et 11) présentant les caractéristiques des dynamos homopolaires à tambour. Les disques sont remplacés par des anneaux A divisés en deux groupes, respectivement réunis par l'intermédiaire de secteurs B isolés les uns des autres.

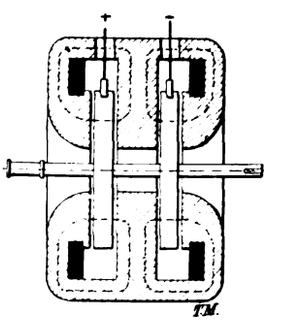


FIG. 9. — Dynamo homopolaire à disques, système Forbes.

Le professeur Arnold donne, dans le premier volume de son ouvrage *Die Gleichstrommaschine*, la description d'une machine homopolaire qu'il fit construire en 1888. Cette machine est représentée schématiquement par la figure 7.

En 1890, Thury fit breveter une dynamo homopolaire, dont l'induit mobile d (fig. 12) était analogue à celui de la machine précédente; mais cette dynamo homopolaire possède en outre une pièce cylindrique d_1, que Thury a dénommé induit fixe sans qu'on se l'explique. De fait, cette pièce était destinée à compenser la réaction magnétique de l'induit mobile, de sorte que ce conducteur est un véritable conducteur de compensation correspondant

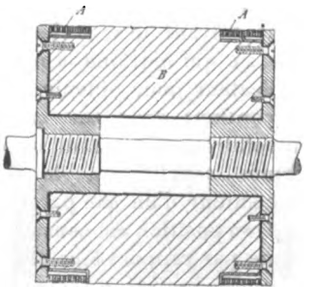


FIG. 10. — *Coupe longitudinale.*

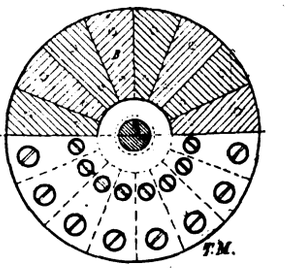


FIG. 11. — *Coupe transversale.*

FIG. 10 et 11. — Dynamo homopolaire à tambour, système Forbes.

Digitized by Google

à l'enroulement compensateur des machines habituelles. Le courant induit dans la partie mobile s'écoule de droite à gauche, du balai b_1 au balai b; il pénètre alors dans la partie fixe d_1, où il circule de gauche à droite pour aboutir à la borne +. De cette

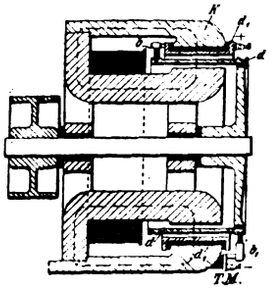


Fig. 12. — Dynamo homopolaire à tambour avec compensation, système Thury.

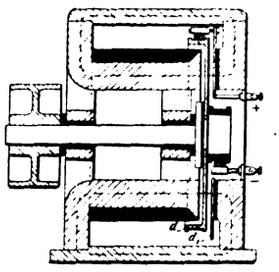


Fig. 13. — Dynamo homopolaire à disques avec compensation, système Thury.

façon, l'induit d forme, avec le conducteur cylindrique d, une sorte d'enroulement bifilaire.

Thury a appliqué le même principe de compensation dans les machines homopolaires à disques. Lorsque le courant s'écoule du centre vers la périphérie dans le disque d (fig. 13), il s'écoule de la périphérie vers le centre dans le disque fixe d_1.

En 1899, Julius Heubach fit breveter une machine homopolaire

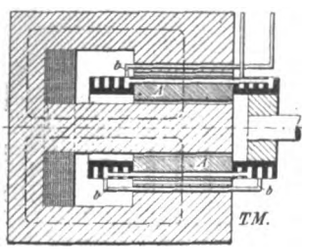


Fig. 14.
Coupe longitudinale.

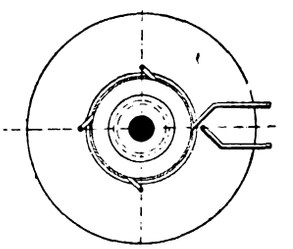


Fig. 15.
Coupe transversale.

Fig. 14 et 15. — Dynamo homopolaire à tambour, système Heubach.

avec compensation de la réaction d'induit, rappelant le principe de la machine à tambour de Thury, mais en différant par ce fait que les deux cylindres sont remplacés par des barres placées suivant leur génératrice. Cet inventeur s'est appliqué à réduire la résistance magnétique (fig. 14 et 15).

En 1900, les ingénieurs suédois, Zander et Ingerström, firent breveter une machine rappelant celle de Arnold, mais permet-

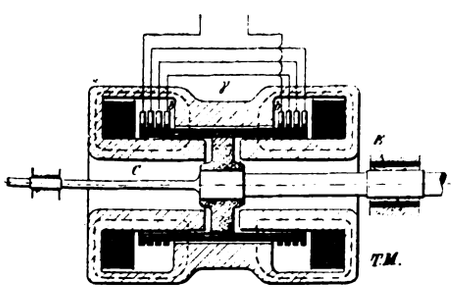


Fig. 16.
Coupe longitudinale.

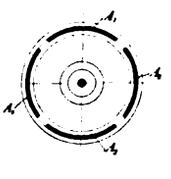


Fig. 17.
Coupe transversale du rotor.

Fig. 16 et 17. — Dynamo homopolaire à tambour, système Zander et Ingerström.

tant d'obtenir des tensions beaucoup plus élevées. L'induit est composé d'une série de secteurs A_1, A_2, A_3, A_4 (fig. 16 et 17), enveloppant un cylindre et isolés les uns des autres. Les connexions sont effectuées au moyen de balais b et de conducteurs γ. Comme cette machine devait tourner à un grand nombre de tours, une partie de l'arbre, sur lequel est fixé l'induit, a un très faible diamètre. De cette façon, le système entier peut se centrer de lui-même, ainsi que cela a lieu dans les turbines de Laval. Le coussinet de droite E est un coussinet élastique.

Nous passerons sous silence l'invention trop originale de Beringer, et nous terminerons ici cet historique pour aborder les dynamos homopolaires actuellement employées dans l'industrie ou soumises à des essais.

État actuel de la question des dynamos homopolaires.

Les dynamos a tambour. — Nous commençons notre étude par les dynamos à tambour qui sont les seules à avoir eu, jusqu'ici, des applications industrielles.

La dynamo, système Nœgerrath. — En 1905, Jakob Nœgerrath fit breveter une dynamo homopolaire qui mérite particulièrement l'attention, car elle fut construite par la General Electric C°, sous forme de grosses unités atteignant 2 000 kw. La figure 18 donne la perspective de cette machine : sur un cylindre massif de fer sont placées des barres a_1, tournant dans le champ magnétique dû à la bobine E. Ces barres sont connectées de part et d'autre à des anneaux sur lesquels frottent des balais b; c'est dire que la machine appartient au type à tambour. Ces balais sont en relation avec les conducteurs a, encastrés dans l'armature magnétique. Ces conducteurs a permettent de connecter en série les conducteurs a_1 du rotor et ils compensent en même temps la réaction d'induit, car tandis que le courant circule de droite à gauche dans les conducteurs du rotor, il circule en sens inverse dans les barres du stator. C'est la méthode de compensation de Heubach.

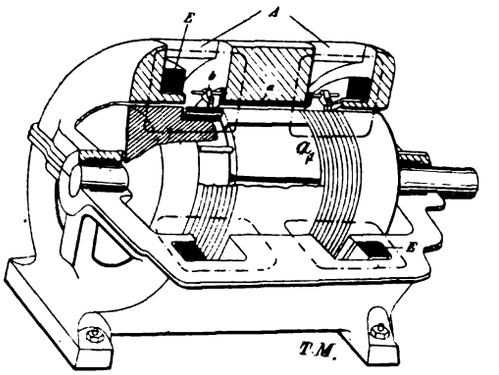


Fig. 18. — Dynamo homopolaire à tambour, système Nœgerrath.

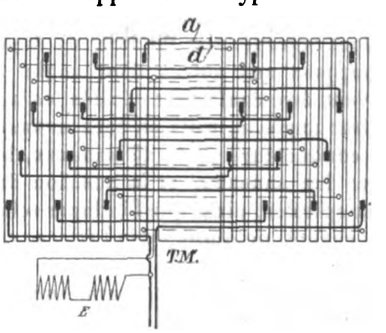


Fig. 19. — Développement de l'enroulement de la dynamo, système Nœgerrath.

La figure 19 donne le développement de l'enroulement de la machine; les traits pleins représentent les conducteurs de compensation et les traits pointillés les conducteurs du rotor. En E se trouve la bobine excitatrice. Plus tard, Nœgerrath a encastré les conducteurs a, ainsi que l'indique la figure 20, qui montre une partie de l'induit et des connexions du conducteur avec les anneaux frotteurs.

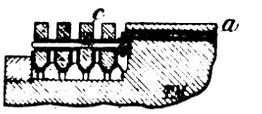


Fig. 20. — Connexions des conducteurs avec les anneaux dans une dynamo, système Nœgerrath.

L'expérience a montré que les courants traversant les anneaux c avaient une grande influence sur le flux de force dû aux bobines E, cette influence n'est pas constante, elle est périodique. Cette action serait très néfaste, s'il était impossible de la compenser; elle donnerait naissance à des pertes par hystérésis et par courants de Foucault. Lorsqu'un anneau c (fig. 21) se trouve placé de façon que le conducteur a soit directement sous le balai b, le courant passe dans le balai et dans le conducteur

Digitized by Google

de compensation correspondant. Dans ce cas, l'anneau c n'est traversé par aucun courant. Si cet anneau se trouve dans la position indiquée sur la figure 22, différant de la précédente par une rotation de 90°, le courant induit se divisera dans l'anneau en deux courants i' et i''; la plus grande partie i' du courant choisira le chemin le plus court, la plus petite partie i'' prendra le chemin le plus long. Après un autre quart de tour, les courant i' et i'' seront égaux; si l'anneau continue à tourner, i' décroîtra et i'' croîtra, jusqu'à ce que après une rotation complète, i'' ait sa valeur maximum et i' soit nul. A ce moment, il n'y a plus de courant dans l'anneau. On peut compenser l'action de ces courants i' et i'' par l'action d'anneaux voisins. Si l'on considère, par exemple, deux anneaux voisins (fig. 23) pour lesquels les conducteurs a_1 et a_2 sont décalés de 90° et dont les balais sont placés ainsi que l'indique la figure, on constate que les courants i_1' et i_2' sont égaux, puisque tous les conducteurs sont montés en série et, d'autre part ces courants sont dirigés en sens contraire, de sorte qu'il y a compensation entre les courants i_1' et i_2'; il en est de même pour les courants i_1'' et i_2''. Toutefois, dans le cas de deux anneaux seulement, il est impossible d'avoir une compensation dans la position respective des anneaux représentée sur la figure 24. On peut lever cette difficulté dans le cas où l'on a plusieurs paires d'anneaux. Dans ce cas, on doit observer la règle suivante pour la répartition des anneaux, de leurs conducteurs et de leurs balais : si les conducteurs sont répartis sur l'induit, de façon à être décalés les uns par rapport aux autres d'un angle x, les balais correspondants doivent être également décalés les uns par rapport aux autres du même angle x, mais en sens inverse.

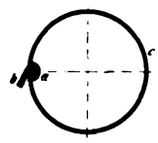


Fig. 21.

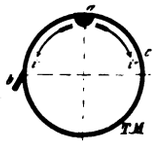


Fig. 22.

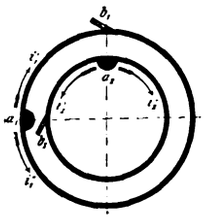


Fig. 23.

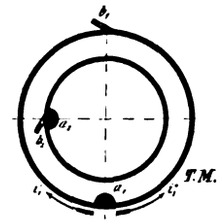


Fig. 24.

Pour un induit muni de 12 conducteurs et de 12 anneaux, les liaisons des conducteurs avec les anneaux, et la position des balais se répartissent sur deux spirales, ainsi que l'indique schématiquement la figure 25. En réalité, on obtient des hélices, car tous les anneaux ont le même diamètre. On conçoit qu'une telle disposition ne soit pas pratique; on ne doit en effet accéder aux balais qu'en des endroits déterminés du bâti. Pour arriver à ce résultat, Nœgerrath décale de 90° les uns par rapport aux autres, les balais placés suivant la spirale de la figure 25. Dans ce cas, ainsi que l'indique la figure 26, les balais se groupent en quatre endroits de la périphérie des anneaux, et il suffit alors de faire dans le bâti quatre ouvertures A (fig. 18) pour accéder facilement aux balais.

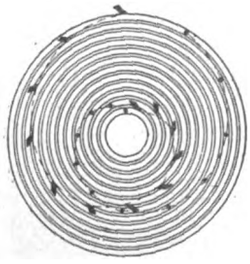


Fig. 25.

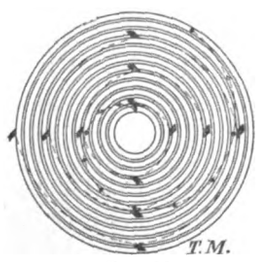


Fig. 26.

Diagrammes relatifs à la position des balais dans une dynamo homopolaire, système Nœgerrath.

Avec les grandes vitesses périphériques admises par Nœgerrath et pouvant atteindre 125 m par seconde, les balais et les anneaux s'échauffent fortement; on doit donc recourir à une construction spéciale pour obtenir un refroidissement énergique, ainsi que l'indiquent les figures 27 et 28. Sous les anneaux C, sur lesquels frottent les balais, se trouvent des supports A, munis de prolongements B destinés à supporter la poussée axiale. Ces supports sont isolés les uns des autres et reliés électriquement aux anneaux correspondants. L'air froid pénètre par les ouvertures K et lèche les différentes pièces. Pour les petits générateurs, Nœgerrath a adopté la disposition représentée sur la figure 28. Les anneaux C sont supportés par une série d'anneaux C_1 dont ils sont séparés par un isolant b. En d se trouvent les trous de fixation des conducteurs et en l les trous d'aération.

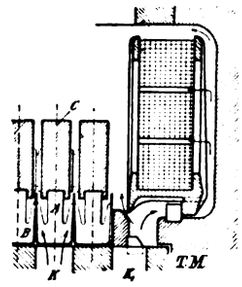


Fig. 27. — Ventilation des anneaux d'une dynamo, système Nœgerrath.

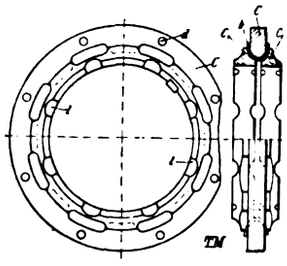


Fig. 28. — Ventilation des anneaux d'une petite dynamo, système Nœgerrath.

La figure 29 montre l'induit d'une des plus nouvelles machines de Nœgerrath. L'air nécessaire au refroidissement est amené parallèlement à l'axe, par les ouvertures E, dans la chambre cylindrique G, et il se dirige vers les anneaux de frottement par des canaux radiaux.

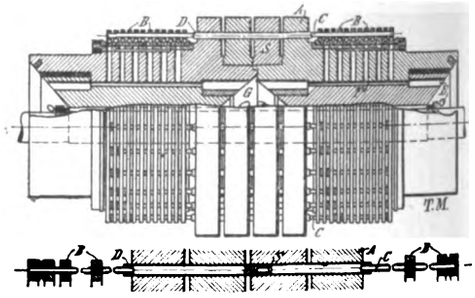


Fig. 29. — Induit en deux parties d'une dynamo, système Nœgerrath.

Ainsi que l'indique la partie inférieure de la figure 29, les conducteurs de ces nouvelles machines sont divisés en leur milieu en deux parties indépendantes C et D, solidaires chacune de l'une des séries d'anneaux B.

Les deux parties des conducteurs pénètrent simplement l'une dans l'autre, ce qui permet un démontage facile. On peut être étonné de voir adopter une pareille construction pour des conducteurs qui doivent être parcourus par des courants intenses; mais l'expérience a démontré qu'aux vitesses énormes de rotation de ces machines, la force centrifuge amène, entre les deux parties des conducteurs, un contact aussi bon que s'il y avait soudure.

La figure 30 donne les résultats obtenus avec un générateur de 300 kw, dont la disposition était analogue à celle de la figure 18. Il avait 24 conducteurs réunis respectivement à deux séries de 24 anneaux. Toutefois, les conducteurs plats, au lieu de s'appliquer exactement sur la surface d'un cylindre, étaient un peu inclinés à la manière des ailes d'un ventilateur, pour obtenir une ventilation énergique. La courbe I donne les variations des pertes totales en fonction du nombre de tours. La courbe II donne les pertes par frottement; on remarquera que ces pertes commencent par augmenter pour diminuer ensuite. La courbe III donne les variations de

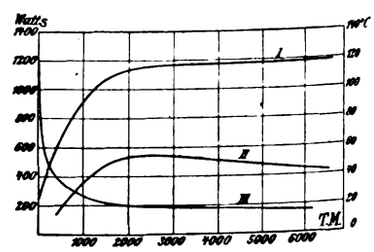


Fig. 30. — Diagramme d'une dynamo, système Nœgerrath, de 300 kw.

Digitized by Google

la température de l'anneau de frottement ; les anneaux étaient en acier et les balais en cuivre.

La figure 31, relative également à un générateur de 300 kw, montre que son rendement diffère peu de celui des machines ordinaires à collecteur.

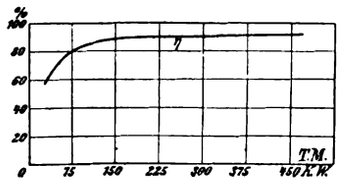


Fig. 31. — Rendement d'une dynamo, système Nœgerrath, de 300 kw.

Ces générateurs sont peu sensibles aux courts-circuits ou aux surcharges momentanées. Une partie des dangers est évitée par suite de la disparition du commutateur. Les expériences ont montré que ces machines pouvaient supporter une surcharge momentanée de 200 %.

Une centrale américaine a été munie de générateurs homopolaires de 500 kw tournant à 2 000 tours par minute et travaillant en parallèle sur un réseau à trois conducteurs ; 300 volts étaient respectivement fournis par la moitié des conducteurs induits, et

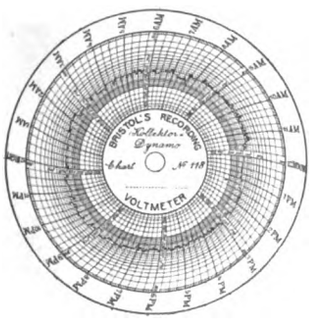


Fig. 32.

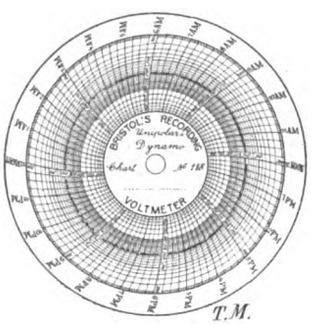


Fig. 33.

Fig. 32 et 33. — Diagrammes obtenus avec des dynamos à collecteurs et avec des dynamos homopolaires, système Nœgerrath.

cela sans nécessité d'installation spéciale pour la répartition de la tension, telle que celle de Dilovo-Dobrowolski. Comme cette centrale possédait également des machines à collecteur, on a pu comparer, dans des conditions identiques, les deux genres de machines : les figures 32 et 33 donnent les diagrammes de tension correspondants. La meilleure régulation de la tension pour les machines homopolaires peut s'expliquer par leur plus grande vitesse et leur masse plus importante.

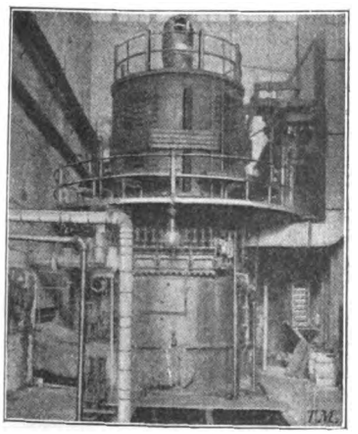


Fig. 34. — Dynamo homopolaire, système Nœgerrath, de 2 000 kw.

La General Electric C° a construit dernièrement un générateur de 2 000 kw pour 200, 300 et 600 volts (fig. 34). Ce générateur a 96 balais et, par conséquent, 48 conducteurs soumis à l'induction. Ces derniers sont tous montés en série pour obtenir la tension de 600 volts.

Steinmetz et Elihu Thomson, dans les projets qu'ils ont faits, se sont surtout attachés à combattre les pertes par hystérésis et par courants de Foucault dans des machines du genre de celle de Nœgerrath. La machine imaginée en 1907 par Thomson rappelle exactement celle de Nœgerrath, quant à la construction du rotor et du stator, à une seule différence près : les conducteurs plats, soumis à l'induction, ne se trouvent pas à la surface du rotor, mais ils sont complètement enfermés à l'intérieur d'un cylindre d'acier.

Quant au projet Steinmetz, il est représenté par les figures 35 et 36. Le rotor rappelle celui de Nœgerrath. Les pôles D sont fixés au bâti g du stator par l'intermédiaire de boulons b. Les balais B et les balais B_1 sont respectivement montés en série.

Par suite de la réaction d'induit, il y a formation d'un flux de force figuré en pointillé sur la figure 36 et traversant les pôles D. Pour compenser le flux, Steinmetz entoure les pôles d'un enroulement K. D'autre part, les extrémités des pôles sont munies de

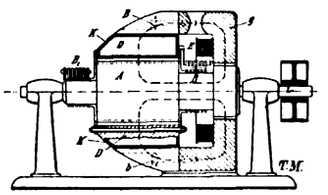


Fig. 35.

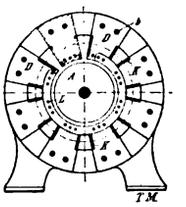


Fig. 36.

Fig. 35 et 36. — Dynamo homopolaire, système Steinmetz.

forts conducteurs annulaires courts-circuités L, agissant à la manière des amortisseurs de Leblanc. Il y a ainsi diminution des fluctuations du flux dues au passage des conducteurs traversés par un courant intense.

La dynamo système Barbour. — Barbour a présenté à l'Exposition d'Olympia, à Londres, en 1911, une dynamo homopolaire à tambour dont les caractéristiques sont les suivantes :

Puissance	50 kw
Voltage	100 volts.
Tours par minute	3 500
Longueur entre paliers	73 cm 8
Hauteur du bâti	70 cm 6
Largeur du bâti	70 cm
Diamètre du rotor	35 cm 6
Vitesse tangentielle par seconde	70 m
Ampères à l'excitation	5
Nombre de conducteurs	12
Largeur de chaque bague	12 mm 5
Longueur axiale du moyeu	150 mm
Longueurs des flasques extrêmes	87 mm 5

Les figures 37 et 38 en donnent la coupe longitudinale et la coupe transversale : P est le rotor et M le bâti fixe. EE' sont les inducteurs, CC les conducteurs logés dans des tubes de mica, placés dans des trous du rotor ; DD sont les anneaux. Les pôles extérieurs du rotor, démontables pour permettre l'ajustage de la machine, sont faits de couronnes feuilletées de même que le pôle médian. Les anneaux sont fixés par des boulons traversant le rotor parallèlement aux conducteurs et isolés avec des tubes de mica. Leur position est indiquée en BB. Les conducteurs CC traversent également, dans des tubes de mica, les anneaux, excepté évidemment ceux auxquels ils sont reliés. Les anneaux sont isolés les uns des autres par du mica. Des rainures H sont creusées dans les extrémités du moyeu du rotor ; l'air qui y pénètre est, par suite de la grande vitesse angulaire, éjecté à travers les anneaux frotteurs qu'il refroidit et sert à souffler les étincelles qui pourront se produire entre ces bagues.

La figure 39 donne la coupe de la masse formant le pôle médian de la partie fixe de la machine. On peut y remarquer le rétrécissement des passages par lesquels le flux magnétique, induit par le courant du rotor, est étranglé ; on l'empêche ainsi de venir contrarier le flux produit par les bobines inductrices. Le courant du flux, produit par le rotor, est indiqué en CC et celui du flux inducteur en FF.

Les anneaux sont creusés en forme de gorge ; les frotteurs, disposés sur la plus grande partie de leur périphérie, sont formés d'âmes très flexibles en cuivre, enveloppées d'une gaine de maillechort. Si cette enveloppe diminue légèrement la flexibilité, elle

Digitized by Google

protège par contre l'âme contre l'usure et donne un très bon contact. Les frotteurs sont maintenus par des ressorts, munis d'écrous de tension et portés par des bras fixés au bâti. Les extrémités des âmes des frotteurs sont reliées au tableau de la machine. La tension des ressorts doit être relativement faible,

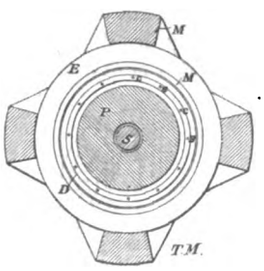


Fig. 37.

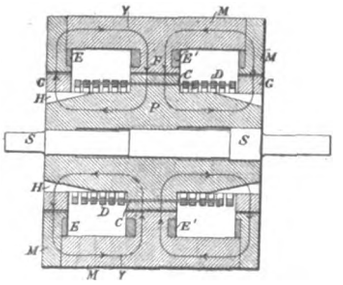


Fig. 38.

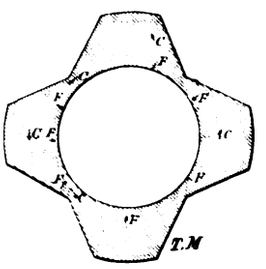


Fig. 39.

Fig. 37, 38, 39. — Coupes longitudinale et transversales de la dynamo homopolaire, système Barbour.

pour qu'il n'y ait pas d'usure ou de perte inutile par friction. Le maillechort a été choisi, car cet alliage est celui qui donne les résultats les meilleurs et les plus constants.

Barbour s'est efforcé de montrer que ces machines conviennent bien au couplage avec les turbines à vapeur. La courbe A (fig. 40) donne les vitesses angulaires de la machine précédemment décrite en fonction de la puissance. La courbe H donne les vitesses de groupes turbo-dynamos d'une maison connue. La courbe B donne les plus faibles vitesses des turbines normales à vapeur d'un constructeur renommé. On peut constater qu'au-dessus d'une certaine puissance, les dynamos tournent trop lentement pour les turbines, tandis que les machines homopolaires vont bien. La courbe F donne les vitesses de machines homopolaires marchant à une vitesse de 25 °/₀ supérieure à celle de la machine précédemment décrite. La courbe C montre les vitesses auxquelles les constructeurs de turbines à vapeur préfèrent se tenir. Les courbes coïncident fort bien. Peut-être Barbour a-t-il placé la courbe C un peu bas, mais cela n'affecte point son argument, puisque la courbe DD montre la limite de vitesse possible avec son type de machines. Il serait donc facile de relever un peu la courbe F.

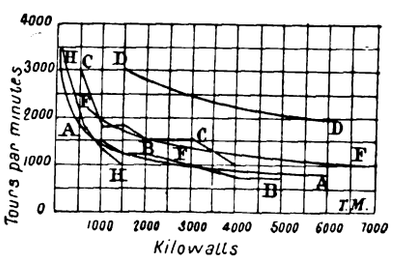


Fig. 40. — Comparaison des vitesses de rotation des turbines à vapeur et des dynamos homopolaires.

La dynamo, système Lamme. — Cette dynamo est construite par la Westinghouse Electric and Mfg. Co. Lamme avait déjà fait construire, en 1896, un générateur donnant 6 000 ampères sous 3 volts à 1 500 tours. Il a installé en 1906, dans une fabrique de ciment Portland à Easton (États-Unis), un générateur (1) de 2 000 kw donnant 7 700 ampères sous 260 volts à 1 200 tours. Ce générateur, ayant subi quelques modifications inspirées par la pratique, donne entière satisfaction. La figure 41 présente la coupe longitudinale de ce générateur. Le stator et le rotor sont en acier coulé. Chaque extrémité du rotor comporte huit anneaux.

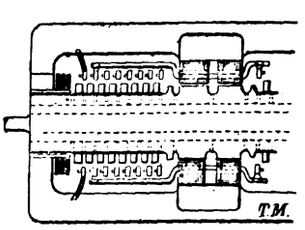


Fig. 41. — Dynamo homopolaire, système Lamme.

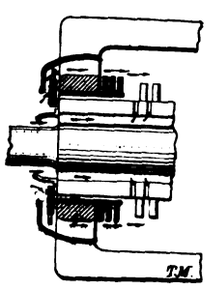


Fig. 42. — Ventilation de la dynamo, système Lamme.

A chacun de ces huit anneaux correspondent respectivement six conducteurs dans lesquels est induite une force électromotrice de 32 volts 5. Les pôles du stator sont formés de tôles lamellées. Ils sont munis de fentes longitudinales, dans lesquelles sont placés les conducteurs du stator. Ces conducteurs sont reliés aux balais, auxquels ils servent de support. Le corps du rotor possède douze canaux parallèles à l'axe, destinés à la ventilation énergique et en relation avec neuf fentes radiales (fig. 42). Les anneaux frotteurs sont isolés les uns des autres au moyen de couches d'air, et du noyau de fer au moyen de mica (fig. 43). Les conducteurs du rotor sont des barres de cuivre de 25 mm ; ils sont divisés en deux parties respectivement placées dans des tubes de mica et réunies entre elles par des conducteurs souples (fig. 44), de façon à remédier aux perturbations que pourraient apporter les variations de température.

Au début, les anneaux de contact étaient en bronze spécial et frettés sur un anneau support. Les balais, en cuivre lamellé

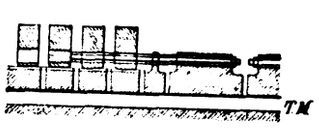


Fig. 43. — Disposition des anneaux d'une dynamo homopolaire, système Lamme.

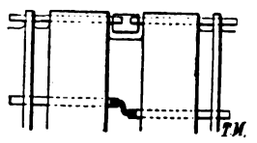


Fig. 44. — Connexions des deux parties du rotor d'une dynamo homopolaire, système Lamme.

d'une largeur de 10 mm et d'une épaisseur de 35 mm, étaient fixés sur les conducteurs du stator. Il y avait une paire de balais par anneau. Après de nombreux essais, les anneaux de bronze furent remplacés par des anneaux d'acier, à cause de leur déformation et de leur usure rapides. Mais ces anneaux furent à nouveau rejetés, car ils étaient le siège de pertes trop importantes. On a constaté que la raison de l'usure rapide des premiers anneaux était la trop forte teneur en zinc, et l'on a choisi un alliage dont la composition correspondait à 92 °/₀ de cuivre, 6 °/₀ d'étain et 2 °/₀ de zinc. Les anneaux formés de cet alliage furent montés sur le rotor avec interposition d'anneaux élastiques, ainsi que le montre la figure 45. Ces nouveaux anneaux sont en service depuis plusieurs années ; ils se comportent très bien ; l'usure est d'environ 10 mm par an. Cette machine a pu fonctionner sous 10 000 ampères sans inconvénients.

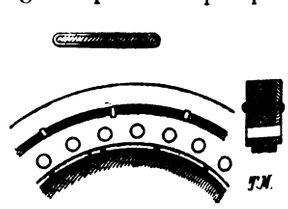


Fig. 45. — Anneau d'une dynamo homopolaire, système Lamme, avec interposition d'une bague élastique.

Les dynamos a disques. — Pour ces machines, la longueur du conducteur tournant dans le champ est forcément assez limitée et approximativement égale au rayon du disque. Pour obtenir une force électromotrice pratiquement utilisable, il faut, ou employer, ainsi que nous l'avons vu au début de cette étude, un très grand nombre de disques, et l'on se trouve automatiquement ramené au type à tambour, ou admettre des vitesses périphériques considérables. Il est vrai que l'acier au nickel permet d'atteindre des vitesses périphériques de 400 m par seconde ; si

(1) *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, juin 1912.

Digitized by Google

donc on suppose $\mathfrak{B} = 17\,000$ et que l'on ait un rayon r de 40 cm, on aura entre le centre et la périphérie du disque une tension :

$$e = \mathfrak{B} r \frac{v}{2} \cdot 10^{-8} = \frac{17\,000 . 40 . 40\,000}{2 . 100000000} = 136 \text{ volts.}$$

C'est là une tension pratiquement employable; mais la grande difficulté réside dans la réalisation d'un contact périphérique fonctionnant convenablement à ces énormes vitesses : c'est ce point délicat qui a empêché l'extension industrielle de ces machines.

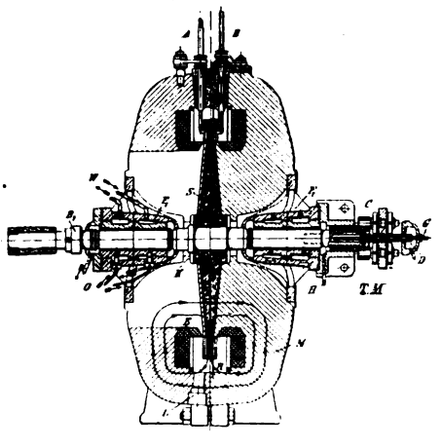


FIG. 46. — Dynamo homopolaire à disque, système Ugrimoff.

La dynamo, système Ugrimoff (1). — Ugrimoff a cherché à réaliser ce contact par l'intermédiaire du mercure : c'était là une application délicate du principe de la roue de Barlow. La figure 46 donne la coupe d'une machine qu'il a construite; cette machine, d'une puissance de 80 kw, donnait une tension de 40 volts à 8000 tours à la minute.

Le disque induit S tourne à l'intérieur du rotor en acier moulé M, servant de milieu conducteur au flux de force provenant des enroulements E. En B se trouve une prise de courant, et en A la conduite d'adduction d'eau et de mercure. F_1 et F_2 sont les paliers et C est le dispositif d'équilibrage. On remarquera que le disque se termine à sa périphérie par des espèces de canaux où le mercure est maintenu par la force centrifuge. Des couteaux viennent plonger dans ce mercure et conduisent le courant en B. En B_1 se trouve la prise de courant sur l'axe. Comme en ce point la vitesse périphérique est faible, ce frotteur n'a rien de particulier.

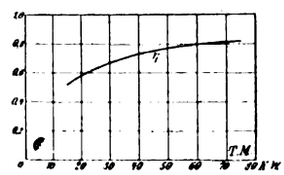


FIG. 47. — Rendement d'une dynamo, système Ugrimoff.

Dans le disque induit en acier, le cuivre, le nickel et le chrome entrent dans les proportions suivantes :

$$Cu = 0{,}52\ \% \qquad Ni = 2{,}88\ \% \qquad Cr = 2{,}82\ \%.$$

La figure 47 donne, d'après Ugrimoff, le rendement d'une telle machine.

LE CHAMP D'APPLICATION DES DYNAMOS HOMOPOLAIRES. — Barbour a établi sur un diagramme (fig. 48) une comparaison entre les champs d'application des turbo-groupes munis de ses machines et ceux munis des machines à collecteur.

La partie couverte par des lignes horizontales représente le champ ouvert aux machines à collecteur et la partie couverte de lignes verticales, celui ouvert aux machines homopolaires. Comme on pouvait s'y attendre, les deux champs se pénètrent un peu l'un l'autre, mais ce diagramme montre bien les nombreuses applications que peut recevoir la machine homopolaire.

L'emploi des machines homopolaires est particulièrement indiqué lorsqu'on a besoin de grandes intensités de courant sous de faibles tensions, comme le cas se présente pour le dépôt des métaux, l'électrolyse des solutions salines ou des bains en fusion, l'obtention des hautes températures dans les fours à résistance, les fours d'affinage des métaux comme celui de Girod, les fours de fusion des matières très réfractaires comme le four à verre de Volcker, les fours à réchauffer comme celui de Fitz-Gérald, les fours à distiller les métaux comme celui de Cote et Pierron, les fours à cyanamide.

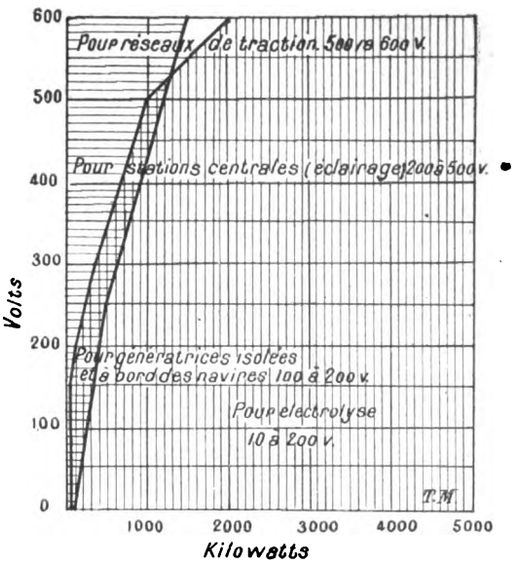


FIG. 48. — Diagramme montrant le champ d'application des dynamos homopolaires et celui des dynamos à collecteur.

Ces machines conviennent également bien pour les fours à arc, que ce soient ceux de Stassano, d'Héroult ou de Keller Leleux, pour les fours à carbure de calcium et à ferro alliages.

On a tenté dernièrement de faire une curieuse application des dynamos homopolaires avec contact mercurique à un embrayage électrique représenté par la figure 49. L'une des dynamos sert de générateur, tandis que l'autre sert de récepteur. Une couche de mercure sert au passage du courant entre chaque armature et la carcasse, ainsi qu'entre les deux armatures (1).

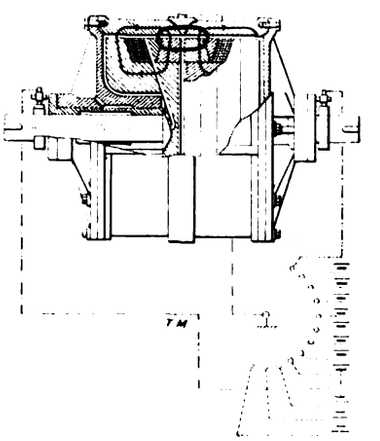


FIG. 49. — Embrayage électrique à induction homopolaire.

La force électromotrice est produite dans les deux flasques intérieures des armatures tournantes, le fer actif servant lui-même de conducteur.

En faisant varier les excitations respectives, l'on peut obtenir des changements de vitesse d'une grande douceur. On conçoit que cette solution soit tentante par sa simplicité apparente, mais l'emploi du mercure est toujours très délicat.

En résumé, le champ d'application des dynamos homopolaires paraît être assez étendu, et si ces machines ne sont pas encore complètement sorties de la période des tâtonnements, elles ont néanmoins déjà prouvé qu'elles étaient capables de rendre des services à l'industrie.

L.-V. BOURNAT.

(1) *Arbeiten aus dem electrotechnischen Institut der grossherzoglichen technischen Hochschule zu Karlsruhe*, 1910-1911.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 10 (15 novembre 1912), p. 378.

Digitized by Google

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

LA RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL DANS L'AIR COMPRIMÉ

Le décret du 15 décembre 1908, prescrivant les mesures particulières de protection et de salubrité dans les chantiers de travaux à l'air comprimé, est devenu exécutoire en 1910.

Certes, avant cette date, dans toutes les entreprises où l'emploi des caissons est nécessaire, des mesures de précautions étaient déjà prévues.

En France, le *Syndicat général de garanties du bâtiment et des travaux publics contre les accidents du travail* avait, dans son règlement sur la prévention des accidents, indiqué une série de précautions (§ 20 à 29) excellentes et qui ne se retrouvent pas toutes, malheureusement, dans le décret.

De son côté, le *Syndicat des médecins de la Seine* avait décidé la distribution d'une instruction, rédigée par le Dr Malbec, et traitant des accidents auxquels sont exposés les ouvriers tubistes.

Le préfet de police, après un rapport du Conseil d'hygiène de la Seine, signé de Valin, prenait un arrêté prescrivant un certain nombre de mesures de défense (1907).

Mais toutes ces dispositions étaient soit simplement indicatrices, soit localisées à une région déterminée. Il était donc urgent qu'une réglementation uniforme fût imposée. La Hollande venait d'entrer dans cette voie, par une loi promulguée en 1907. En France, les lois antérieures sur la protection des travailleurs permettaient d'éviter la mise en mouvement de la machine parlementaire et d'intervenir par un simple décret.

C'est ce décret, élaboré par la Commission d'hygiène industrielle, légèrement modifié par le Comité des Arts et Manufactures, puis par le Conseil d'État, que nous voudrions étudier aujourd'hui, en apportant les documents indispensables pour justifier les dispositions prises et, d'autre part, en exposant loyalement les controverses soulevées actuellement sur la partie capitale du décret, la réglementation de la décompression. Nous examinerons successivement les articles les plus importants :

ART. 2. — Un médecin désigné par le chef de l'entreprise est chargé du service médical.

Aucun ouvrier ne doit être admis dans l'air comprimé, s'il n'est muni d'un certificat délivré par ce médecin et constatant qu'il n'est pas impropre à ce genre de travail.

Aucun ouvrier ne doit être maintenu dans l'air comprimé, si le certificat n'est pas renouvelé quinze jours après l'embauchage et ensuite une fois par mois.

En dehors des visites périodiques, le chef de l'entreprise est tenu de faire examiner par le médecin tout ouvrier qui déclare souffrir du nez, de la gorge ou des oreilles, ou qui exprime le désir d'être soumis à un examen.

Un registre du personnel ouvrier, tenu constamment à jour, mentionne les accidents et les indispositions, même légères, se rapportant au travail dans l'air comprimé.

Cet article constituait une innovation importante dans la réglementation du travail, puisque, pour la première fois, il prévoyait l'obligation d'un service médical dans un chantier. Le décret visant les industries exposées aux affections saturnines était postérieur de quelques jours au précédent, et, deux ans plus tard, le décret du 20 août 1910 étendait l'organisation médicale obligatoire aux industries susceptibles de déterminer des accidents du charbon.

Dans aucune autre industrie, la visite médicale ne s'imposait plus que dans celle de l'air comprimé. Les statistiques de Heller et de von Schrœtter donnaient jusqu'en 1900, 97 cas de mort parmi les ouvriers tubistes. Silberstein admet chez les mêmes ouvriers :

Une morbidité annuelle de	. . . . .	20 %
Une invalidité	—	6
Une mortalité	—	3

Sur 675 ouvriers travaillant au pont du Danube à Nursdorf, on compte 320 accidents, intéressant 178 ouvriers. A Paris, pendant la période de grande activité provoquée par les passages du Métropolitain et du Nord-Sud sous la Seine, on compte 250 accidents, dont 5 mortels et 16 ayant entraîné une infirmité permanente.

La part de l'oreille dans ces accidents est considérable et justifie d'autant mieux l'organisation d'une inspection médicale sévère et suivie, que la prophylaxie des accidents les plus fréquents est efficace.

Pour les accidents mortels, les données actuelles sur leur pathogénie, que l'on exposera plus loin, tendent à établir qu'ils peuvent frapper l'homme le mieux constitué. Il n'en est pas moins évident que tout sujet en état de déficience pulmonaire ou cardiaque subira plus violemment qu'un autre les traumatismes internes qui se rencontrent dans ce cas.

Enfin, parmi les affections les plus fréquentes actuellement parmi les tubistes, il faut signaler l'hystérie, telle l'hystérie traumatique entraînant souvent des troubles temporaires, mais parfois aussi permanents, puisque, dans la statistique parisienne, nous trouvons 5 cas d'hystérotraumatisme ayant déterminé une infirmité permanente.

Le médecin seul est capable de dépister toutes ces tares, et il convient encore d'ajouter qu'il serait indispensable qu'un formulaire particulier fût édité, non par l'Administration, mais par la Société de garantie par exemple; ce formulaire serait rempli pour chaque ouvrier par un médecin désigné par l'entreprise.

On ne saurait trop insister, dans le double intérêt de l'ouvrier et de l'entreprise, sur l'utilité de ce formulaire.

Les chantiers de travaux en air comprimé sont par définition essentiellement temporaires; le niveau de l'eau dépassé par les travaux, les ouvriers tubistes disparaissent pour se porter sur un autre point. Le choix du médecin sera imposé par les conditions locales; il n'aura jamais eu à s'occuper de cette question et l'année suivante n'aura plus l'occasion d'utiliser la pratique acquise; or, il faut le déclarer, les médecins, tels que nous les formons dans nos Facultés de médecine, ignorent complètement l'hygiène industrielle. Quelques vagues notions théoriques lues dans les quinze pages que les manuels consacrent à cette étude, tel est le bagage scientifique qu'ils emportent avec leur thèse.

Il est donc urgent de leur préparer le travail, en les guidant dans leurs interrogatoires, en leur rappelant les points essentiels sur lesquels doit porter leur attention et en leur rappelant enfin les notions scientifiques qui permettent de réaliser une thérapeutique efficace.

ART. 4. — La compression et la décompression doivent être surveillées par un agent spécial que désigne un ordre de service.

A la compression, le temps employé doit être de quatre minutes au moins pour augmenter la pression de 1 kg par centimètre carré jusqu'à 2 kg de pression totale effective et de cinq minutes au moins pour chaque kilogramme de pression au delà de 2 kg par centimètre carré.

Digitized by Google

Le temps employé à la décompression ne doit pas être inférieur aux valeurs indiquées ci-dessous :

Vingt minutes par kilogramme de pression au-dessus de 3 kg effectifs.

Quinze minutes par kilogramme de pression entre 3 et 2 kg.

Dix minutes par kilogramme de pression au-dessous de 2 kg effectif pour abaisser la pression à 3 kg.

Si la pression ne dépasse pas 1 kg, le temps nécessaire pour abaisser la pression peut être réduit à cinq minutes.

Il est interdit d'opérer la descente du caisson au moyen de diminution brusque de pression sans avoir fait sortir au préalable les ouvriers. Chaque écluse doit renfermer un manomètre. Ce dernier doit être du type enregistreur au-dessus de 1 kg.

Le travail dans l'air comprimé comprend trois phases : la compression dans l'écluse qui sert d'intermédiaire entre l'atmosphère extérieure et la chambre de travail, le séjour sous pression dans la chambre de travail et la décompression dans l'écluse.

Période de compression. — Les accidents graves sont rares, les cas mortels inconnus. Si la compression se fait trop rapidement, on peut observer quelques perturbations par suite du retard entre l'établissement de l'équilibre entre les pressions intra-organiques et les pressions extérieures.

Le diaphragme est généralement abaissé ; on observe une légère accélération du cœur avec de l'angoisse précordiale, des maux de tête, du vertige et des nausées. Les troubles auditifs sont les plus caractérisés et les plus fréquents. La différence de pression des deux côtés de la membrane tympanique provoque des bourdonnements de l'oreille, une sensation angoissante dans l'oreille pouvant amener des troubles généraux qui disparaissent par un mouvement de déglutition provoquant l'ouverture de la trompe d'Eustache et le rétablissement de l'équilibre ; mais si la trompe d'Eustache est obstruée par une inflammation chronique ou aiguë, comme un simple rhume de cerveau, l'équilibre ne peut s'établir et on doit redouter la rupture de la membrane du tympan avec toutes ses conséquences.

Période de travail. — Pendant le séjour dans la chambre de travail, alors que le régime de pression est établi, on n'observe aucun malaise chez les tubistes ; le travail n'est pas plus pénible ; le rythme cardiaque, la pression artérielle, la ventilation pulmonaire ne subissent que des modifications très faibles et, à l'heure actuelle, malgré de nombreuses observations, on n'a pas encore pu tirer de lois précises concernant l'influence de la durée du travail dans l'air comprimé sur la santé des ouvriers, tout au moins quand le temps de saturation (voir plus loin) est dépassé. Les observations faites dans les chantiers de Saint-Louis (Etats-Unis), où la pression atteignait 4 kg 5, montrent que les accidents diminuèrent quand la durée des équipes fut réduite successivement à trois heures, puis à deux et finalement à une heure. Hill et Mac Cleod d'après leurs expériences demandent que, pour les travaux poursuivis au-dessus de 4 atm (3 kg de pression effective), la durée des équipes soit de une heure, de trois heures entre 3 et 2 kg effectifs ; exigences incompatibles avec la pratique, puisque le temps passé dans l'écluse devrait être de une heure vingt pour une heure dans la chambre de travail.

La loi hollandaise accepte huit heures jusqu'à 2 kg et une diminution graduelle ensuite. Dans la pratique, à Amsterdam, quand la pression est supérieure à 2 kg, on ne travaille que quatre heures.

V. Schrötter et les médecins autrichiens ne voient aucune raison de limiter la durée du travail avec la pression, et Oliver cite le cas curieux des mulets du tunnel de l'Hudson qui restèrent douze mois sous une pression de plus de 2 kg ; retirés, avec une décompression de huit heures il est vrai, ils furent quelque temps après très bien vendus, ce qui prouvait leur parfait état.

En France, le Conseil d'Etat s'oppose absolument à la réglementation des heures de travail par décret ; une loi est nécessaire.

Pour tourner la difficulté, le ministère du Travail a décidé l'affichage dans les bureaux de paye d'un avis ainsi libellé :

Il est imprudent de dépasser, par 24 heures, dans l'air comprimé, les durées de séjour ci-après, y compris les temps d'éclusage :

8	heures	pour les pressions	au-dessous de 2 kg effectifs.
7	—	—	entre 2 kg et 2 kg 500.
6	—	—	— 2 kg 500 et 3 kg.
5	—	—	— 3 kg et 3 kg 500.
4	—	—	— 3 kg 500 et 4 kg.

On conçoit qu'un tel conseil porté par la voie officielle doit être nécessairement suivi.

Période de décompression. — La période de décompression est seule réellement dangereuse : *On ne paye qu'en sortant*, suivant l'expression des ouvriers.

Les accidents sont d'autant plus graves et fréquents que la décompression est plus rapide. Les symptômes morbides observés sont de plusieurs types. Du côté de l'oreille, des phénomènes du même ordre et de même origine que ceux auxquels donne lieu la compression, pouvant entraîner la rupture de la membrane ou des troubles nerveux complexes et variés. Du côté des yeux, on constate une cécité passagère avec hémorragies des muqueuses de la face, la dilatation brusque de l'air dans les glandes ou les tissus provoquant la grosse joue ou l'emphysème pulmonaire.

Le mécanisme essentiel des accidents, entrevu par Hoppe Seyler dès 1857, a été démontré par la belle série d'expériences de Paul Bert en 1878, et von Schrötter, qui a repris dans ces dernières années les travaux de Paul Bert en les confirmant, a toujours insisté sur le rôle joué par le physiologiste français. Les gaz de l'atmosphère dissous dans le sang apparaissent sous forme de bulles quand la pression diminue, et ces bulles peuvent provoquer des embolies gazeuses s'opposant à la circulation capillaire.

Les anémies localisées qui en résultent peuvent passer inaperçues si elles portent sur des parties peu sensibles comme le tissu adipeux ; d'autres fois, elles se manifesteront par des symptômes douloureux : fourmillements à fleur de peau que les ouvriers désignent sous le nom de *puces* ; douleurs articulaires, parfois atroces, les *bends* des Anglais ; enfin les troubles peuvent être plus graves si les centres nerveux principalement sont touchés : paralysies partielles et même mort subite par anémie des centres bulbaires ou par embolie pulmonaire.

La théorie de l'embolie gazeuse permet encore d'expliquer ces accidents qui surviennent longtemps après la décompression ; cinq ou six heures après la sortie du sas, un homme tombe frappé. Les calculs permettent d'admettre qu'après un laps de temps si prolongé, la désaturation devrait être complète, mais on peut supposer que la désaturation s'est faite très irrégulièrement suivant les régions ; il se produit des embolies. Les puces et les moutons sont une indication très nette de l'établissement, dans une région, d'une anémie localisée. Il suffit d'une modification dans la circulation locale pour favoriser le départ des bulles d'azote qui peuvent se fixer alors dans des régions aux fonctions essentielles, comme l'axe cérébro-spinal ou le cœur.

Si nous insistons sur ces points qui peuvent paraître très spéciaux et d'ordre purement médical, c'est parce que leur étude justifie les mesures prophylactiques ou thérapeutiques prévues dans le règlement.

Il nous faut insister sur l'étiologie de l'embolie gazeuse, car toute la réglementation de la décompression repose sur la conception que l'on peut se faire du temps nécessaire pour la désaturation gazeuse de l'organisme, l'embolie étant toujours à redouter tant que les gaz sont en état d'hypertension dans les liquides ou dans les tissus de l'organisme. En premier lieu, on peut poser en principe que, de tous les gaz dissous ou fixés dans l'organisme, l'azote seul est en cause ; l'oxygène, même quand la

**

Digitized by Google

pression s'élève, est fixé presque totalement par l'hémoglobine; l'acide carbonique est toujours sous faible tension dans l'air alvéolaire, et fixé lui aussi en de multiples combinaisons dans le sang; reste l'azote, mais combien le corps vivant peut-il absorber d'azote à une pression X et combien de temps met-il à être saturé ou à se désaturer? Tel est le problème dont la solution conduirait à l'établissement d'une règle mathématique, nous ne disons pas pratique, de la décompression.

Pour résoudre ce problème, il faudrait connaître : 1° la puissance d'absorption azotée du corps; 2° la quantité de sang totale; 3° le rapport entre la quantité de sang et celle de la lymphe; 4° la quantité de sang passant par unité de temps dans le poumon. Les traités de physiologie donnent les chiffres suivants :

Quantité de sang d'un homme de poids moyen, 70 *kg* : chiffre classique, 5 litres; Haldane et Lorrain Smith, 3 lit. 1/2.

Rapport entre la quantité de sang et celle de la lymphe : von Schrötter, 1/11; Haldane, 1/35.

Volume du sang envoyé à chaque systole : Volkmann, 180 gr; Tigerstedt, 90 gr.

Durée d'une circulation totale : Hering, 23 secondes; Langlois, 45 secondes; Tigerstedt, 90 secondes.

Quantité de sang passant par le poumon par minute : Gréhant, 4 litres; Lorrain Smith, 3 litres; Langlois, 3 litres.

Ces divergences expliquent les réserves que l'on doit faire sur

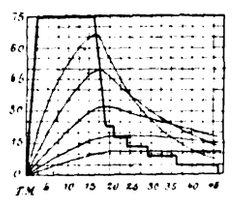


FIG. 1.

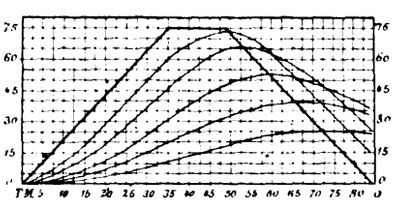


FIG. 2.

FIG. 1. — Courbe de la saturation et de la désaturation azotée — plongée à 62 m — par la méthode de Haldane. — Le plongeur reste 14 minutes au fond et 48 minutes sous l'eau. — Les courbes représentent de haut en bas les variations de saturation des parties du corps qui se saturent à moitié en 5, 10, 15, 20, 40 et 75 minutes; la ligne épaisse représente la pression de l'air. — Abscisses = temps en minutes; ordonnées = pression en livres par pouce carré.

FIG. 2. — Courbe de la saturation et de la désaturation azotée par décompression régulière. — Le plongeur reste 14 minutes au fond et 84 minutes sous l'eau. Les courbes ont la même signification que dans la figure précédente.

l'utilisation des formules mathématiques pour déterminer le temps de saturation.

Les courbes calculées par la formule de von Schrötter montrent qu'après trente-cinq circulations, la saturation est presque réalisée sous une pression de 2 atm, et qu'après cinquante circulations elle est acquise, même avec 6 atm.

En une heure, on pourrait donc considérer la saturation comme accomplie.

Haldane n'arrive pas aux mêmes chiffres. Pour lui, la saturation presque complète n'est réalisable théoriquement qu'après un temps plus long, soit une heure et demie environ, et les expériences directes lui ont montré que toutes ces considérations théoriques doivent être rejetées; que chez les chèvres, par exemple, la saturation ne paraît effective qu'après trois heures d'exposition, et que chez l'homme il faut compter cinq heures au moins.

Haldane est parti de cette conception que les accidents graves sont très rares, sinon inconnus, pour les pressions inférieures à 2 kg, quelle que soit la rapidité de la décompression.

Malheureusement le point de départ de la conception d'Haldane (absence ou grande rareté des accidents dans les cas de pression inférieure à 2 kg) n'est pas rigoureusement exact. Le tableau suivant emprunté au rapport de Gilbert est trop éloquent :

PRESSION en atmosph. effectuée	DÉBUT de l'accident	MOMENT de la mort	SYMPTOMES observés
—	—	—	—
1	Pendant la décompression.	Après 162 jours.	Coma.
1,4 . . .	—	Immédiatement.	Paraplégie.
1,4 . . .	—	Après quelque temps.	Coma.
1,6 . . .	Après la décompression.	Après 24 heures.	—
1,6 . . .	—	—	—
1,6 . . .	—	Après 30 jours.	Paraplégie.

Or, d'après la loi de Dalton, si l'on part d'une pression absolue quelconque, 6 atm par exemple, et qu'on la réduise de moitié (3 atm), le volume de gaz que l'organisme doit éliminer, mesuré à cette pression de 3 atm, est précisément égal à celui qu'il élimine quand une pression de 2 kg est ramenée à la pression atmosphérique, c'est-à-dire réduite aussi de moitié.

A la pression $\frac{N}{2}$ le volume de gaz mesuré à cette pression est toujours αV; mais pour la comparer au précédent, il faut mesurer celui-ci à la pression $\frac{N}{2}$ et son volume sera $2\alpha V$.

Le volume du gaz à éliminer à la pression $\frac{N}{2}$ sera donc : $2\alpha V - \alpha V = \alpha V$.

C'est-à-dire qu'il est indépendant de la pression initiale et qu'il est bien le même que lorsque $N = 2$ et $\frac{N}{2} = 1$ (pression atmosphérique).

Les expériences de Haldane, poursuivies sur des chèvres, ont montré que la pression pouvait être réduite dans le rapport de 2,3 à 1 en quatre minutes. Une chute rapide de 6 à 2,6 ne produit aucun accident, bien que la chute de pression soit de 3,4 atm, parce que le rapport des pressions initiale et finale ne dépasse pas celui de 2,3 à 1.

Avec les mêmes animaux, le passage de 4,4 à 1 produit des effets désastreux, parce que ce rapport est de 4,4 à 1.

Une fois la pression initiale réduite de moitié, on doit rester un certain temps à cette nouvelle pression, pour permettre à l'organisme de se débarrasser de son azote.

Après la première chute brusque, qui réduit de moitié la pression initiale, Haldane conseille de poursuivre en diminuant la pression par paliers et par différences constantes de 0 atm 3 correspondant à 3 m d'eau de mer si la pression absolue est de 4 atm. A un moment donné, on la ramène donc à $h - 0,3$, après avoir attendu suffisamment pour que la pression de l'azote dans les tissus soit tombée au double de celle qu'elle va prendre. Il n'est donc pas nécessaire que cette pression soit devenue h, il suffit qu'elle soit moindre que $2\ (h - 0,3)$, c'est-à-dire moindre que $2h - 0,6$.

Glibert a également cherché à déterminer théoriquement la marche de la désaturation et il arrive à cette conclusion que, loin de réclamer la décompression à vitesse croissante comme le font les règlements hollandais et français, il faut préconiser une vitesse décroissante, le pourcentage de chance de voir se former des bulles d'air augmentant graduellement avec la diminution de tension de l'azote.

Le raisonnement uniquement appuyé sur des vues théoriques de Glibert devait le conduire à adopter la méthode par stage de Haldane, mais le distingué inspecteur général du travail belge, ayant relevé un certain nombre d'accidents avec la méthode par décompression brusque, n'ose conseiller ces variations brusques de plus de 1 kg et réclame la décompression décroissante. Et, dans son rapport au conseil supérieur, il se contente de demander l'établissement d'un barème en fonction de la pression atteinte et de la durée du séjour.

Digitized by Google

TEMPS DE DÉCOMPRESSION.

Loi hollandaise.

PRESSION ATTEINTE en kg effectifs	TEMPS en minutes	TEMPS total
1	15	15′
2	22 + (2 × 5)	32′
3	22 + (2 × 15)	52′
4	52 + (3 × 10)	82′
5	52 + (3 × 20)	112′

Décret français.

PRESSION ATTEINTE en kg effectifs	De 5 à 4	De 4 à 3	De 3 à 2	De 2 à 1	De 1 à 0	TEMPS total
1	»	»	»	»	5	5′
2	»	»	»	10	10	20′
3	»	»	15	10	10	35′
4	»	20	15	10	10	55′
5	20	20	15	10	10	75′

Règlement autrichien et allemand.

PRESSION ATTEINTE en kg effectifs	TEMPS en minutes	TEMPS total
1	»	15′
2	1′30″ par 1/10 d'atmosphère.	30′
3	Décompression régulière.	45′
4	»	60′
5	»	75′

TABLEAU I. — TYPE DE TABLEAU DES PLONGÉES DE LA MARINE ANGLAISE.

PROFONDEUR en mètres	PRESSION en atmosphères	DURÉE DE LA PLONGÉE en minutes jusqu'au début de la montée	HAUTEUR ET DURÉE en minutes des arrêts pendant la montée				TEMPS TOTAL de la montée en minutes
			12 m	9 m	6 m	3 m	
33 - 36 ½	4,6	Jusqu'à 15	»	2	3	7	15
		— 15-25	»	5	5	10	23
		— 25-35	»	5	10	15	33
		— 35-60	5	10	15	25	57
		— 60-120	10	20	30	35	97
		Au-dessus de 120	30	35	35	40	142

Le tableau suivant montre la statistique de Bornstein, qui porte sur une entreprise du port de Hambourg poursuivie dans des conditions identiques, avec 2 kg de pression et en faisant alterner les deux méthodes : décompression uniforme de Von Schrötter, décomposition par *bonds* de Haldane.

TABLEAU II. — RÉSULTATS DES ESSAIS DE DÉCOMPRESSION EFFECTUÉS A HAMBOURG PAR LES DEUX MÉTHODES.

	MÉTHODE	NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des accidents	ACCIDENTS par jour
5 au 21 novembre 1909	Haldane.	526	15	0,94
22 au 5 décembre 1909	Uniforme.	528	17	1,21
6 au 23 décembre 1909	Haldane.	529	12	0,67
24 déc. au 8 janv. 1910	Uniforme.	529	14	0,88
9 au 21 janvier 1910	Haldane.	536	12	0,86

Ces chiffres sont évidemment favorables à la méthode anglaise.

L'article 5 fixe à 40 m³ le renouvellement de l'air par tête et par heure, en ajoutant que, dans tous les cas, la proportion d'acide carbonique ne doit pas dépasser 1/1000. Ces précautions sont utiles, car de nombreux exemples montrent que, dans les travaux sous pression, l'air vicié a exercé un rôle néfaste sur la santé des ouvriers; ces circonstances défavorables provenaient de causes spéciales : dégagement gazeux du sol, envoi d'un air vicié.

Indiquons que l'article 3 prévoit des dérogations pour ce minimum de 1/1000, car il peut se produire, à certains moments, des conditions spéciales ne permettant pas de descendre au-dessous du chiffre légal.

L'interdiction de laisser les ouvriers dans la chambre de travail pendant le tirage des mines avait soulevé des objections. On faisait remarquer que les charges de poudre Favier, utilisées dans ces travaux, étaient toujours faibles et donnaient lieu à des dégagements presque nuls de gaz toxiques.

L'influence de l'air comprimé : transmission plus grande des ondes de pression, augmentation de la capacité de dissolution des gaz, justifient cette précaution, et la limitation de l'interdiction à la chambre de travail permet aux ouvriers de gagner le sas ou les autres compartiments sans être astreints à une décompression supplémentaire. C'est d'ailleurs ainsi que cela se passait dans la pratique avant le décret.

Si nous avons insisté sur l'adoption de l'article 7, prescrivant des précautions spéciales pour éviter toute chute dangereuse à la sortie du sas, article qui paraît être une surérogation aux mesures générales présentées par le décret du 29 novembre 1904, c'est que les conditions, ici, sont toutes particulières. L'ouvrier, en effet, à sa sortie, à peine engagé sur l'échelle, peut être frappé d'un vertige, d'une embolie et, dans ce cas, le garde-fou, la corde suffisante ordinairement ne saurait éviter la chute.

L'article 11 exige : l'établissement d'une baraque de repos pour recevoir les ouvriers à la sortie du chantier; une boîte de secours avec tube d'oxygène; enfin, dans le cas où le travail s'exécute au-dessus de 2 kg de pression, une étuve à recompression.

Ces précautions ont paru indispensables parce que les ouvriers sont souvent frappés après la sortie du sas; il est donc nécessaire de les maintenir quelque temps à proximité des secours.

Enfin, nous croyons devoir insister sur le traitement des accidents brusques, parce que le médecin est souvent éloigné et que l'efficacité du traitement réside essentiellement dans la rapidité de son application. C'est donc l'ingénieur ou le contremaître qui, le plus souvent, devra utiliser le ballon d'oxygène et l'étuve de recompression.

Les accidents graves : coma, asphyxie, paralysie totale ou partielle, emphysème, grosse joue, ont presque toujours pour cause, comme nous l'avons vu plus haut, une embolie gazeuse; le traitement logique réside donc dans une recompression immédiate. On comprend que, sous l'influence de la recompression, les bulles gazeuses se dissolvent de nouveau, la circulation se rétablit, et il suffit alors de reprendre la décompression lente.

On peut évidemment utiliser, pour la recompression, le sas qui sert à l'entrée des ouvriers; mais, en principe, il faut exiger une étuve à recompression indépendante du chantier et disposée de telle sorte que l'on puisse introduire la victime facilement, la coucher et que deux aides puissent lui donner des soins. Une petite écluse à main doit être annexée pour permettre l'introduction d'objets ou de médicaments réclamés d'urgence. Le décret de 1909 n'exige l'écluse que si la pression atteint 2 kg; c'est une concession regrettable.

La recompression s'effectuera à raison de cinq minutes par kilogramme de pression; il suffit souvent de comprimer à une pression inférieure à celle de la pression primitive; mais, dans d'autres cas, il faut dépasser la pression constatée dans la chambre de travail.

Si le sujet a perdu connaissance, il faut provoquer des mouvements de déglutition par titillation du voile du palais ou par des tractions rythmées de la langue, et maintenir ainsi l'équilibre dans la chambre auditive. Arrivé au stade maximum de compression, il faut faire faire des mouvements divers au malade et des massages pour libérer les gaz; donner alors de l'oxygène,

Digitized by Google

qui permettra de déplacer l'azote, l'oxygène n'étant contre-indiqué que si on opérait avec une surpression de 2 kg 500.

Il faut procéder ensuite, quand les symptômes toxiques ont disparu, à une décompression très lente : trois minutes par dixième d'atmosphère; on doit arrêter la décompression ou même refaire de la pression si les accidents reviennent. A Amsterdam, un malade n'a été remis qu'à la quatrième recompression.

Pour être efficace, la recompression doit être exécutée sans retard. On sait, en effet, que les tissus nerveux supportent mal l'anémie prolongée et que, dans l'expérience de Sténon, il suffit de comprimer l'aorte plus de vingt minutes pour observer des troubles médullaires persistants, l'examen histologique montrant alors des lésions de chromatolyse dans les cellules de la substance grise. C'est pour permettre cette intervention rapide que l'on demande une chambre de repos pour les ouvriers et le logement des ouvriers dans un rayon inférieur à 2 km du chantier.

Contre les troubles persistants soit du côté pulmonaire, soit dans les membres, Catsaras conseille de pratiquer tous les jours de faibles recompressions.

Deux procédés de traitement, soit préventif, soit curatif, ont été conseillés : les inhalations d'oxygène et les mouvements musculaires après la sortie du travail. Bornstein fait monter un escalier aux ouvriers, et les Anglais conseillent la bicyclette.

Si les inhalations d'oxygène avant la décompression (von Schrötter) ou pendant la recompression sont logiques, il n'en est plus de même à l'air libre : faire respirer de l'oxygène pur à ce moment, c'est diminuer la tension de l'azote et favoriser l'embolie azotée. De même, les mouvements musculaires, dans les mêmes conditions, peuvent provoquer la mobilisation des emboles restées dans des régions non délicates et les entraîner vers les centres nerveux. L'exercice n'est justifié que s'il est pratiqué à proximité de l'écluse à recompression.

Naturellement, en cas de fléchissement du cœur ou même en cas de syncope, les injections d'huile camphrée, sont indiquées de préférence aux injections d'éther.

Les troubles dus à l'air vicié, qui acquièrent une gravité exceptionnelle par suite de la surpression, relèvent surtout des inhalations d'oxygène.

Quant aux affections de cause *a frigore*, si fréquentes chez les tubistes et qui sont attribuables au refroidissement provoqué par la décompression trop rapide, elles relèvent des traitements généraux, et ces affections doivent diminuer avec l'application des règles de décompression lente.

J.-P. LANGLOIS,

Professeur agrégé de la Faculté de Médecine.
Médecin-conseil du Ministère du Travail.

AÉRONAUTIQUE

SUR UNE MÉTHODE DE RÉPARTITION DES SUSPENTES DANS LA CONSTRUCTION DES DIRIGEABLES SOUPLES

Dans les ballons dirigeables du type souple à nacelle courte, l'indéformabilité de l'enveloppe n'est obtenue que par la pression intérieure du gaz du ballon, qui doit être suffisante pour résister aux tractions obliques des suspentes de la nacelle tendant à déformer le ballon en l'incurvant ou en le raccourcissant. On conçoit aisément que, dans ce type, la pression intérieure nécessaire pour maintenir l'indéformabilité soit plus considérable que dans les autres types de ballons (ballons à longues nacelles, semi-rigides, etc.); en marche, elle doit en outre vaincre l'effort d'écrasement produit par la résistance de l'air sur la carène.

Dans l'étude qui suit, on s'est proposé de rechercher, pour une disposition donnée de l'enveloppe et de la nacelle, quelle inclinaison (1) doit être donnée aux diverses suspentes pour que le ballon reste gonflé avec la pression intérieure la plus faible; d'autre part, les tensions des suspentes seront déterminées de telle façon que la nacelle ne travaille pas à la flexion. La réalisation de ces deux conditions augmente le coefficient de sécurité de l'enveloppe et permet de diminuer le poids de la charpente, améliore donc l'ensemble du navire aérien.

Considérons un ballon dirigeable souple à nacelle courte, soit Ω le poids de la nacelle équipée et de sa suspension. Ce poids se compose des poids élémentaires $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$, que l'on peut supposer appliqués aux points d'attache des suspentes à la nacelle. Le ballon étant naturellement symétrique, ces points d'attache sont situés par paires de part et d'autre de la nacelle, en $a, b, \ldots, l$. (fig. 1).

Pour que la nacelle ne travaille pas à la flexion, il suffit que les composantes verticales des tensions des paires de suspentes soient respectivement égales à $\omega_1, \ldots, \omega_n$.

(1) Par inclinaison, il y a lieu d'entendre l'inclinaison des suspentes vues en élévation longitudinale.

Le poids Ω étant nécessairement égal à la force ascensionnelle nette du ballon proprement dit, on peut décomposer la carène en tranches A, B, L, ..., dont les forces ascensionnelles nettes respectives, sont égales à $\omega_1, \ldots, \omega_n$ (fig. 1). La position de ces forces ascensionnelles est facile à déterminer, connaissant le centre de gravité de la surface latérale de la tranche, le centre de gravité du volume de la tranche, la force ascensionnelle du gaz et le poids de l'enveloppe par mètre carré.

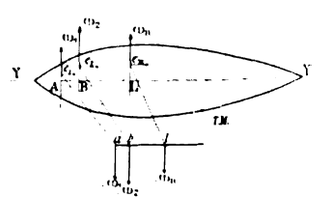


FIG. 1.

Tant que l'enveloppe ne se déforme pas sous l'effet d'une pression intérieure suffisante, on peut l'assimiler à un solide. Les forces extérieures appliquées à ce solide sont d'une part les forces ascensionnelles $-\omega_1, \ldots, -\omega_n$, d'autre part, les tensions des paires de suspentes, qui peuvent se décomposer en deux séries de forces : les unes verticales égales et directement opposées à $\omega_1, \ldots, \omega_n$, et les autres horizontales $e_1, e_2, \ldots e_n$, dont la somme algébrique est

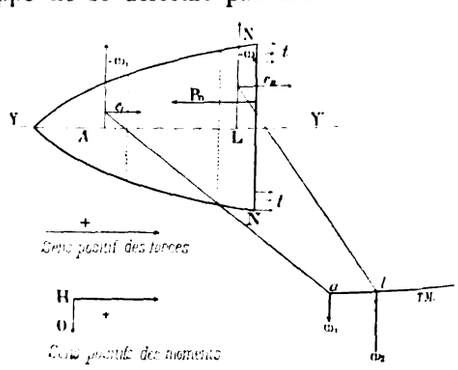


FIG. 2.

Digitized by Google

nécessairement nulle, puisque par hypothèse l'ensemble, ballon et nacelle, est en équilibre et que, par suite, le centre de gravité de la nacelle se trouve sur la verticale de la force ascensionnelle nette de la carène.

Si au lieu d'envisager l'ensemble de la carène, on en considère un tronçon limité à une section droite quelconque N (fig. 2), ce tronçon est en équilibre sous l'action des forces suivantes :

1° $e_1, e_2, \ldots, e_n$;

2° Tensions t de l'étoffe le long du parallèle N ;

3° Poussée P_n horizontale due à la pression intérieure sur la section droite N.

Si le ballon ne subit pas de déformations le long de N, c'est que nécessairement toutes les tensions t sont positives, en adoptant pour sens positif des forces horizontales le sens indiqué sur la figure.

L étant la longueur du parallèle N, la condition d'équilibre du tronçon se réduit à :

$$\int_0^L t\,dL + e_1 \ldots + e_n + P_n = 0$$

ou :

$$\int_0^L t\,dL = -P_n - e_1 \ldots - e_n.$$

Pour que tous les t soient positifs, il est nécessaire que :

$$(1) \qquad -P_n - e_1 \ldots - e_n > 0.$$

Afin que le ballon soit le plus loin possible de la déformation pour une pression intérieure donnée, c'est-à-dire pour une poussée P_n donnée, il faut que toutes les valeurs de t soient positives et maxima, c'est-à-dire soient toutes égales puisque $\int_0^L t\,dL$ a une valeur donnée. La résultante des tensions t devra alors, par raison de symétrie, être dirigée suivant l'axe de révolution de la carène, et, puisqu'il y a équilibre, il faut pour cela que la résultante de $P_n + e_1 + \ldots + e_n$ passe par cet axe. En prenant les moments de ces forces horizontales par rapport à un point de l'axe, il faut donc que l'on ait :

$$(2) \qquad -M'P_n = M'e_1 + \ldots + M'e_n.$$

Pour une pression intérieure donnée, $M'P_n$ est *a priori* déterminé (1); en faisant varier l'inclinaison des suspentes, on fait varier $e_1, \ldots, e_n$ et le bras de levier de leurs moments. On peut donc trouver une répartition des suspentes vérifiant l'équation (2).

Avec cette répartition, le ballon sera le plus loin possible de la déformation pour une pression intérieure donnée, ou inversement, on obtiendra ainsi l'indéformabilité de la carène avec le minimum de pression intérieure.

En théorie, l'équation (2) devrait être vérifiée pour toute section droite N de l'enveloppe ; en pratique, on ne la vérifiera que pour les cercles de base des tranches A..., L déjà considérées.

La condition (2) peut alors s'écrire sous une forme de récurrence très simple :

On doit avoir, en effet, pour deux sections successives :

$$-M'P_{n-1} = M'e_1 + \ldots + M'e_{n-1}$$
$$-M'P_n = M'e_1 + \ldots + M'e_{n-1} + M'e_n$$

c'est-à-dire, en faisant la soustraction membre à membre :

$$(3) \qquad M'e_n = -(M'P_n - M'P_{n-1}).$$

Ayant tracé en élévation longitudinale (n — 1) suspentes, la condition (3) permettra de tracer celle de rang n. Il reste à calculer la valeur du second membre.

Calcul de : $-(M'e_n - M'P_{n-1})$. — Soit p la pression intérieure apparente de l'enveloppe, le long de sa méridienne horizontale, la pression en un point de la section droite N (fig. 3) de la section droite est $p + Ay$, A étant la force ascensionnelle du gaz et y l'ordonnée du point en dessus du plan de symétrie horizontal de la carène.

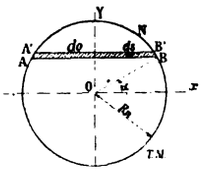


Fig. 3.

Par suite, en adoptant le sens positif des moments, indiqué (fig. 2), on a :

$$M'P_n = -\int (p + Ay)\,y\,ds,$$

le signe $\int$ s'étendant à toute la surface de la section droite N.

Or :

$$-\int (p + Ay)\,y\,ds = -\frac{\pi A R^4_n}{4}. \quad (1)$$

(R_n étant le rayon de la section droite N.)

La direction de la suspente de rang n devra donc être telle que :

$$(5) \qquad M'e_n = \frac{\pi A}{4}(R^4_n - R^4_{n-1}).$$

Cette équation (5) est indépendante de p, la méthode de tracé de la suspente est donc admissible ; toutefois, il semble que la condition (5) conduise à des inclinaisons de suspentes variables avec A, et par suite qu'elle soit inapplicable ; on verra plus loin que cette objection n'est qu'apparente.

Tracé d'une suspente. — Le tracé de la suspente de rang n est donc ramené à la réalisation de la condition suivante :

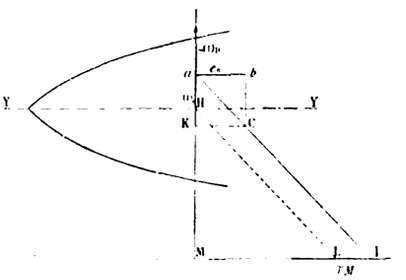


Fig. 4.

Étant donnés (fig. 4) : un nœud I d'une nacelle, chargé d'un poids ω_n, une verticale Ha (verticale de la force ascensionnelle) — ω_n de la tranche de rang n, tracer une suspente Ia telle que aC représentant la traction de la suspente décomposable en $aK = -\omega_n$ (donnée) et $ab = e_n$ (déduite), la valeur du :

$$M'e_n = ab \times Ha,$$

soit égale à une quantité donnée μ :

$$\left[\mu = \frac{\pi A}{4}(R^4_n - R^4_{n-1})\right].$$

(1) On peut, en effet, décomposer la section N en une série de tranches infinitésimales $d\sigma$ AA', BB', etc..., de hauteur dy et de base $2x$.

Dans ces conditions :

$$(4) \qquad M'P_n = -\int (p + Ay)\,y\,dy\,d\sigma.$$

intégrale dans laquelle les termes en $pyd\sigma$ s'annulent deux à deux.

Or $d\sigma = 2x\,dy = 2R_n \cos\alpha\,d\alpha$, en appelant α l'angle xOB (fig. 3).

L'équation (4) peut alors s'écrire :

$$M'P_n = -\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} 2AR^4_n \cos^4\alpha \sin^2\alpha\,d\alpha = -2AR^4_n \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \frac{1}{8}(\sin 2\alpha)^2 d\alpha.$$

Ou, en posant $2\alpha = \beta$:

$$M'P_n = -\frac{AR^4_n}{4}\int_{-\pi}^{+\pi} \sin^2\beta\,d\beta = -\frac{AR^4_n}{8}\int_{-\pi}^{+\pi}(1 - \cos 2\beta)d\beta$$
$$= -\frac{\pi AR^4_n}{4} + \frac{1}{8}AR^4_n \int_{-\pi}^{+\pi} \cos 2\beta\,.\,d\beta$$
$$= -\frac{\pi AR^4_n}{4}.$$

(1) On verra plus loin que $M'P_n$ ne dépend pas de la pression intérieure.

Digitized by Google

Il suffit pour cela de porter sur l'horizontale IM, dans le sens convenable, un vecteur $IL = \frac{\mu}{\omega_n}$, de joindre L à H et de mener par I, une parallèle Ia à LH (1); la droite Ia jouit de la propriété demandée.

En effet :

Les triangles semblables de la figure 4 donnent :

$$\frac{Ha}{MH} = \frac{IL}{LM} \quad \text{et} \quad \frac{KC}{aK} = \frac{ab}{\omega_n} = \frac{LM}{MH}.$$

Multipliant, membre à membre, ces deux proportions, il vient :

$$\frac{ab \times Ha}{\omega_n} = IL,$$

c'est-à-dire :

$$ab \times Ha = IL \times \omega_n = \mu.$$

Remarque. — La force ascensionnelle A du gaz n'est pas une constante. Supposons que cette force ascensionnelle passe de A à A', l'équation (5) restera-t-elle vérifiée pour la direction de suspente tracée ci-dessus?

La nacelle sera alors lestée ou délestée, de telle façon que l'équilibre subsiste; cette opération revient très sensiblement à multiplier par $\frac{A'}{A}$ les charges $\omega_1 \ldots, \omega_n \ldots$ des divers nœuds; les nouvelles forces $e_1' \ldots, e_n'$ deviennent alors :

$$\frac{A'}{A} e_1 \ldots \frac{A'}{A} e_n \ldots$$

et la condition (5) réalisée ci-dessus peut s'écrire :

$$\frac{A'}{A} M' e_n = \frac{\pi A'}{4} (R'^4_n - R'^4_{n-1}),$$

c'est-à-dire :

$$M' e'_n = \frac{\pi A'}{4} R'^4_n - R'^4_{n-1}.$$

Le tracé de la suspente reste le même, malgré les variations de la force ascensionnelle.

Pression minimum assurant l'indéformabilité. — Le tracé des suspentes étant effectué, il est aisé de calculer la pression minimum p_m assurant l'indéformabilité de la carène le long du parallèle N.

La condition d'indéformabilité est $I > 0$ ou :

$$(1) \qquad -P_n > e_1 + \ldots + e_n.$$

Or :

$$-P_n = \int d\sigma (p + Ay) = \int p d\sigma = \pi R^2_n p \qquad \text{Fig. 3}$$

(1) peut s'écrire alors :

$$p > \frac{1}{\pi R^2_n} (e_1 + \ldots + e_n).$$

Pour chaque section N, il existe une pression minimum $p_m^{(n)}$ assurant l'indéformabilité :

$$p_m^{(n)} = \frac{1}{\pi R^2_n} (e_1 + \ldots + e_n).$$

Il suffit alors de calculer ces diverses pressions minima :

$$p_m^{(1)}, p_m^{(2)}, \ldots p_m^{(n)}, \ldots$$

la plus grande de ces pressions est la pression p_m cherchée.

Cette pression p_m assure l'indéformabilité au repos; en marche, la pression intérieure devra être légèrement supérieure à p_m, pour que l'enveloppe ne s'écrase pas sous l'effort de la résistance de l'air sur la partie avant de la carène.

Remarque. — Si la pression intérieure au repos diminue et devient inférieure à p_m, la première tendance de l'enveloppe est un raccourcissement avec formation de plis circulaires le long de parallèles dans les régions où la valeur de :

$$-P_n + e_1 + e_2 + \ldots + e_n$$

est la plus petite.

P. Lenoir,
Capitaine du Génie.

(1) H est l'intersection de la verticale Ha et de l'axe de révolution du ballon.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 11 (1er juin 1912), p. 401.

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

LES NOUVEAUX MOTEURS DIESEL MARINS

ET EN PARTICULIER LES ESSAIS DU PÉTROLIER « JUNO »

La Technique Moderne a publié l'an dernier (1) un article du Dr R. Diesel, qui présentait un résumé de la situation des moteurs Diesel au point de vue de leur emploi dans la marine, et donnait en même temps une description des types principaux de moteurs. L'entrée en service du *Juno* et de l'*Emmanuel-Nobel*, suivant de peu celle du *Rolandseck*, du *Eavestone*, du *Monte Penedo*, du *Jutlandia*, met à nouveau ces machines au premier plan de l'actualité, et nous donne l'occasion de traiter de quelques questions spéciales à cette catégorie de moteurs.

Un seul armateur, la Compagnie Est-Asiatique, qui possède le *Selandia* et le *Jutlandia*, a commandé cinq autres navires à moteurs, et, ce qui est plus remarquable, fait, paraît-il, remplacer sur trois cargos, construits en 1909, les appareils à vapeur encore tout neufs par des moteurs à pétrole.

Le lecteur trouvera dans le tableau I (p. 256) l'énumération, aussi complète que possible, des moteurs marins de plus de 200 ch actuellement en service ou en construction. L'énumération est complétée par l'indication des caractéristiques principales, tant des moteurs eux-mêmes que des navires dans lesquels ils se trouvent.

Les moteurs marins ont à faire un service très dur; pendant toute la durée d'un voyage, durée qui dépasse quelquefois quinze jours sans escale, ils tournent continuellement jour et nuit, et un arrêt peut avoir les plus graves conséquences, particulièrement en cas de mauvais temps ou bien dans des parages dangereux. Aussi, ces machines doivent être particulièrement robustes, aussi peu compliquées que possible et construites d'une façon irréprochable. Elles doivent nécessiter le minimum d'entretien et la manœuvre doit être absolument sûre. D'un autre côté, il est utile, pour de multiples raisons, de mettre entre les mains du personnel un engin dont la conduite ne change que le moins possible les habitudes de travail et de surveillance, et c'est ce

Digitized by Google

qui a amené beaucoup de bons constructeurs de moteurs à combustion interne à conserver, partout où il était possible, les dispositions de la machine à vapeur verticale, sauf, bien entendu, pour les cylindres et la distribution. M. Milton avait déjà bien mis en lumière cette nécessité (1).

Moteurs a quatre temps et moteurs a deux temps. — Il y a toujours rivalité entre les moteurs à deux temps et les moteurs à quatre temps, chacun des deux types ayant ses partisans convaincus. Le moteur à deux temps a l'avantage de sa puissance massique plus grande, dans un rapport qui est toutefois inférieur à $\frac{2}{1}$; il est donc moins encombrant et moins lourd, il n'a pas non plus de soupapes d'aspiration et d'échappement, mais souvent des soupapes de balayage; par contre, il est compliqué par la présence du compresseur de balayage qui peut être quelquefois une cause de perturbations; en outre, son utilisation thermique est inférieure à celle du quatre temps. Des moteurs à deux temps, d'une construction excellente, tels que ceux du type Carels et dérivés, consomment 210 g par cheval effectif, tandis que les moteurs Werkspoor, pour citer un type très connu à quatre temps, consomment seulement 190 g, soit environ 10 °/₀ de moins. Et ce point a une importance considérable.

Il n'a encore été fait, à notre connaissance, aucune application du moteur à double effet, les raisons principales sont la difficulté de disposer, d'une façon pratique, les soupapes à la partie inférieure du cylindre, ainsi que la présence d'une tige de piston et de ses garnitures dans une région extrêmement chaude. La réalisation d'un moteur à double effet de fonctionnement sûr, serait cependant désirable, tant au point de vue du poids et de la place qu'au point de vue de la régularité du couple.

Moteurs ouverts et moteurs fermés. — Dans un autre ordre d'idées, les moteurs marins actuels se divisent également en moteurs fermés et moteurs ouverts. Des constructeurs, tels que la Machinenfabrik Augsburg Nürnberg, construisent le type à deux temps avec cylindres de balayage disposés en tandem avec les cylindres moteurs, et avec pistons-fourreaux et bielles enfermées dans un carter. Les moteurs Diesel ou Sabathé, construits pour les submersibles, ont également un carter fermé, de même que les moteurs Sulzer. Mais les grands moteurs construits par cette dernière maison ont, avec cela, des bâtis glissières. Au contraire, les machines du *Selandia* et du *Jutlandia*, du *Eavestone*, du *Rolandseck*, du *Juno*, de l'*Emmanuel-Nobel*, sont ouvertes, mais elles ont des bâtis-glissières analogues à ceux des machines à vapeur.

Les moteurs de 850 et 1 100 ch, construits par Werkspoor, présentent cette particularité remarquable, que les bâtis-glissières ne sont pas soumis directement aux efforts moteurs et n'ont à supporter que la réaction horizontale du pied de bielle. Les liaisons entre les cylindres et la plaque de fondation, supportant des efforts de traction énormes (qui atteignent 75 t pour chacun des cylindres du *Juno*, en marche normale), sont constituées par des colonnes d'acier, avec contreventements en X dans le plan transversal.

Il y a une tendance générale à conserver le graissage par gravité pour les gros moteurs.

Changement de marche. — Les renversements de marche se font soit par substitutions de leviers ou de cames, soit par substitution d'arbres à cames.

L'approvisionnement d'air comprimé, nécessaire aux manœuvres, est assuré par un compresseur indépendant qui remplit une série de réservoirs cylindriques. Les Sociétés de classification exigent, à cet égard, que la contenance de ces réservoirs permette d'assurer au moins seize départs ou renversements de marche.

(1) *Institution of naval Architects*, avril 1911.

Nombre de tours. — La vitesse de rotation des moteurs est nettement supérieure à 100 tours. Cela provient de la nécessité où l'on se trouve de réduire le prix de revient assez élevé des moteurs, même en perdant un peu sur le rendement des hélices, ce qui n'a pas grande importance, vu la faible consommation des moteurs (1). Il n'est d'ailleurs pas bien prouvé que l'on perde sur le rendement des hélices.

Appareils auxiliaires. — Trois moyens s'offrent au constructeur pour la conduite des appareils auxiliaires du bord (guindeau, cabestans, treuils, servo-moteurs, pompes de cale, sifflet) : la vapeur, l'air comprimé, l'électricité.

L'emploi de la vapeur offre l'avantage de ne pas introduire, dans des navires nouveaux pour le personnel, des accessoires également nouveaux. Par contre, il nécessite le maintien des chaudières, ordinairement chauffées au pétrole. On peut *grosso modo* estimer à 2 kg la quantité de combustible liquide, nécessaire pour produire un cheval sur les pistons des appareils récepteurs. Certains constructeurs disposent, en outre, les chaudières pour pouvoir être chauffées à la mer par les gaz d'échappement des moteurs principaux. Il y a de ce côté, une certaine économie à espérer.

L'emploi de l'air comprimé produit par un moto-compresseur est plus économique que celui de la vapeur quand on n'utilise pas les gaz d'échappement. On peut estimer à 1 kg 200 environ le combustible correspondant à un cheval sur les pistons des auxiliaires. Mais le compresseur coûte cher, et le réchauffage indispensable de l'air comprimé n'est pas toujours facile à installer à bord dans des conditions satisfaisantes.

L'emploi de l'électricité est plus avantageux, et conduit à moins de 0 kg 600 de combustible par cheval utile. Mais le coût d'installation est probablement aussi élevé que dans le cas de l'air comprimé, surtout en tenant compte des réceptrices et des engrenages nécessaires pour l'attaque des divers appareils.

Le choix entre les trois agents générateurs d'énergie, est donc sujet à discussion dans la plupart des cas. Parfois, il s'impose. Ainsi, pour un pétrolier où de très grosses pompes de déchargement sont nécessaires et où il faut de la vapeur pour assurer le nettoyage des réservoirs, il est tout indiqué d'adopter la solution à vapeur. Mais pour un paquebot où l'éclairage et les diverses applications électriques sont très importants, peut-être est-on conduit à adopter de préférence la solution électrique.

Le « Juno ». — L'installation motrice de ce navire a été faite par les usines hollandaises Werkspoor, qui avaient déjà équipé le *San Antonio* (160 ch), le *Cornelis* (160 ch), le *Vulcanus* (550 ch en six cylindres), et le *Sembilan* (250 ch en trois cylindres), et qui construisent en ce moment un grand nombre de moteurs marins (au total 12 800 ch, voir le tableau p. 256 à 259).

Le *Juno* est un cargo pétrolier de 2 675 t de port, construit pour le compte de l'Anglo-Saxon Petroleum C°, propriétaire du *Vulcanus*, qui a passé commande de quatre nouveaux navires de 1 700 ch : *Unio*, *Cassis*, *Eburna* et *Artemis*.

Le moteur principal, d'une force nominale de 1 100 ch effectifs, a développé aux essais 1 460 ch indiqués, correspondant à 1 140 ch effectifs sur l'arbre, à 115 tours. La puissance a pu être poussée jusqu'au delà de 1 400 ch effectifs (fig. 1 à 3).

Chaque cylindre a un alésage de 560 mm et une course de piston de 1 000 mm.

Les six cylindres à quatre temps et à simple effet sont assemblés en deux groupes de trois et portés, comme nous l'avons dit plus haut, sur des colonnes en acier. Des bâtis en fonte portent les glissières et on a fixé au dos de deux de ces bâtis les pompes auxiliaires et le compresseur d'air d'insufflation, qui sont menés

(1) Voir à ce sujet les commentaires des mémoires de MM. Orde, Parsons et Holzapfel, *Technique Moderne*, t. V, n° 7 (1er octobre 1912), p. 262.

Digitized by Google

TABLEAU I. — NAVIRES DE COMMERCE A MOTEURS DIESEL, EN SERVICE OU EN CONSTRUCTION.

NOM DU NAVIRE	DATE d'achèvement	ARMATEURS	CONSTRUCTEURS de la coque	DIMENSIONS DE LA COQUE						CONSTRUCTEURS des moteurs
				L.	l	c	tirant d'eau	déplacement	port en lourd	
				mètres	mètres	mètres	mètres	tonnes	tonnes	
Mysle, R	1907	Merkulew frères.	Kolomna.	48,8	7,6	3	0,7	»	»	Kolomna.
Delo, CP	1908	—	—	108	14	7,6	4,2	»	4 200	—
Mirometz, R	1908	—	—	53,6	9,1	3,6	0,9	»	»	—
Kirgis, R	1908	Nobel frères.	—	53,6	9,1	3,6	0,9	»	»	—
Emanuel Nobel, CP	1908	—	—	116	14	7,6	4,9	»	4 800	—
Welikoross, R.	1909	—	—	57	9,8	2,6	1	»	»	—
Maloross, R	1909	—	—	57	9,8	2,6	1	»	»	—
Jakut, RBG	1909	—	Motala (Suède).	32	6,7	»	1,5	»	»	A. B. Diesels M
Samoyed, R	1909	—	Kolomna.	40,6	5,8	2,5	0,9	»	»	L. Nobel
Karl Hagelin, CP	1910	—	—	116	14	7,6	4,9	»	4 800	Kolomna
Robert Nobel, CP	1910	—	»	79	10,4	5,2	4,2	»	1 750	L. Nobel.
Kalmik, R	1910	—	»	58	9,1	2,4	0,9	»	»	Kolomna.
Karamish, C	1910	Schmidt frères.	Kolomna.	88	11	3,2	1,5	»	820	—
Osjetin, R	1910	Nobel frères.	»	32	6,7	2,3	1,5	»	»	L. Nobel.
Lesgin, R	1910	—	»	53	8,2	2,4	0,7	»	»	—
Ostjak, R.	1910	—	»	53	8,2	2,4	0,7	»	»	Kolomna.
Kolomna A, R	1910	Kulbaksky frères.	Kolomna.	»	»	»	»	»	»	—
Kolomna B, R	1910	—	—	46	6,7	2,3	»	»	»	—
Ingusch, R	1910	Nobel frères.	»	42	6,7	1,3	0,5	»	»	L. Nobel.
Toiler, C	1910	Canadian Lake C°.	Swan, Hunter.	76	12,8	5,8	4,2	»	2 650	A. B. Diesels M
Vulcanus, CP	1910	Anglo-S. Pet. C°.	Nederlands. S. M.	60	11,5	4	3,1	»	1 180	Werkspoor.
Fram, VA	1910	Amundsen.	»	39	10,4	5,2	4,5	»	380	A. B. Diesels M
Gallilei, CP	1910	Nobel frères.	Kolomna.	82	10,2	6,1	4,7	»	2 015	Kolomna.
Borodino, PF	1911	Mercury C°.	—	61	9,3	»	1,6	»	250	—
Sound of Jura, VA	1911	R. Irwin.	»	65	11,3	6,1	»	2 000	1 300	A. B. Diesels M
Sembilan, C	1911	Nederlands S. P. M.	Nederlands. S. M.	47	8,2	2,9	2,1	370	250	Werkspoor
Zoroaster, CP	1911	Nobel frères.	Kolomna.	82	10,1	6,1	4,7	»	2 015	Kolomna.
Romagna, P	1911	Romagnola C°.	Ch. d'Ancône.	53	8	3,8	3,5	1 000	»	Sulzer.
Ural, PF	1911	Lubrinow.	»	82	8,5	»	1	»	»	Kolomna.
Masur, R.	1911	Nobel frères.	»	46	6,7	2	0,5	»	»	L. Nobel.
Quevilly, VAP	1911	Prentout, L. et L.	Ch. de Normandie.	98	14,0	8,1	»	»	3 900	M. A. N.
G. D. I., Bal	1911	R. Irwin.	Smith Dock C°.	28	5,5	3	»	»	»	A. B. Diesels M
C. O. J., Bal	1911	—	—	28	5,5	3	»	»	»	—
Netherton, VA	1911	Job frères.	Vayk.	49	9,1	3,9	3,5	980	»	Thornycroft
Excelsior, CP.	1912	German-Am. Oil C°.	Vulcan.	107	13,3	9	»	»	7 500	Reiherstieg-Carels
» , PF.	»	Société du Congo.	Normand.	25	4,4	1,6	0,9	45	»	Normand.
Passagirski 3, PF	1912	Mercury C°.	Kolomna.	89	9,3	3,2	1,2	»	»	Kolomna
— 4, PF	1912	—	—	89	9,3	3,2	1,2	»	»	—
— 5, PF	1912	—	—	89	9,3	3,2	1,2	»	»	—
— 6, PF	1912	—	—	89	9,3	3,2	1,2	»	»	—
Hagen, CP	»	German-Am. Oil C°.	Krupp.	122	16,1	9,8	7,7	»	7 700	Krupp.
» , CP	»	—	—	122	16,1	9,8	7,7	»	7 700	—
Roi Albert, PF	»	Société du Congo.	Cockerill.	60	8	»	1,1	»	430	Cockerill
Selandia, C et P	1912	East Asiatic C°.	Burmeister et W.	113	16,1	9,1	7,1	10 000	7 400	Burmeister et W
Christian X, C et P	»	H. A. P. A. G.	—	113	16,1	»	»	10 000	7 400	—
Jutlandia, C et P	1912	East Asiatic C°.	Barclay Curle.	117	16,1	9,1	7,1	10 000	7 400	Barclay Curle
Eavestone, C	1912	Furness Withy.	R. Dixon.	84	12,2	»	5,6	4 310	3 050	Richardson W
Madjar, R	»	Nobel frères.	»	46	6,7	1,5	0,5	»	»	L. Nobel.
Poljak, R.	»	—	»	46	6,7	1,5	0,5	»	»	—
Monte Penedo, C et P	1912	Hamburg S. Am.	Howaldtswerke.	107	15,2	8,2	»	»	6 500	Sulzer.
France, VA	»	Prentout, L. et L.	Ch. de la Gironde.	131	17,5	8,5	7,3	10 750	6 500	Le Creusot
» , C et P	»	Woermann L.	Blohm et Voss.	»	»	»	»	»	»	M. A. N.
Primus, C et P	»	H. A. P. A. G.	A. G. Weser.	108	15,2	7,9	6,8	»	6 500	Weser.
» , CP.	»	German-Am. Oil C°.	Krupp.	160	20,2	10,2	»	»	15 000	Krupp.
Juno, CP	1912	Anglo-Sax. P. C°.	Nederlands. S. M.	79	13,1	6,1	5,5	4 300	2 675	Werkspoor.
Rolandseck, C et P	1913	Hansa C°.	Tecklenborg.	79	12,2	8,5	5,5	»	2 700	Tecklenborg-Carels
» , CP	»	St. Romana.	Frerichs.	90	13,4	8	6,5	»	4 060	Frerichs.
» , CP	»	Petroleum S. S. C°.	—	118	15,7	9,3	7,4	»	7 200	—
Emanuel Nobel, CP	1913	Société d'Arm. d'Anvers.	Nederlands. S. M.	115	15,5	8,8	7	9 400	6 230	Werkspoor.
» , Y.	»	L. Nobel.	L. Nobel.	36	4	»	1,2	»	»	L. Nobel.
Calgary, C	1912	»	Swan, Hunter.	76	13	5,8	4,2	»	2 460	Swan, Hunter.
Atair, C	»	Leloir.	Camper et N.	35	5	»	1,7	»	»	Diesel Engine C.
» , CP	»	Deutsch Am. P. G.	Reiherstieg.	123	16	9	7	»	7 500	Reiherstieg-Carels
Kolomna III, R	1912	»	»	46	6,7	2,3	»	»	»	Kolomna.
Kolomna IV, R	1912	»	»	46	6,7	2,3	»	»	»	—
» , P	»	»	»	85	11	3,2	»	»	»	—
Drague.	»	Pour la mer Noire.	»	32	7	3,5	»	»	»	—
» , C et P	»	Hamburg S. A.	»	»	»	»	»	»	»	Sulzer.
Ruenda	»	Gouvernement russe.	Nicolaïeff S. C°.	69	13,6	»	4,9	3 500	»	L. Nobel.
» , CP	»	Standard Oil.	Staten Island C°.	61	10,7	4,7	4,2	»	1 500	New London C°.
Loudon, C et P	»	Roy. Dutch. Ind.	Rykee.	85	12,5	5,8	4,5	»	1 750	Werkspoor.

Digitized by Google

Caractéristiques principales des Moteurs (Navires de plus de 200 ch).

TYPE des moteurs	TYPE DU COMPRESSEUR			CHAUDIÈRE auxiliaire	NOMBRE de moteurs	NOMBRE de cylindres, diamètre, course	NOMBRE de tours normal	PUISSANCE normale par moteur	VITESSE du navire chargé	REMARQUES
	d'insuf-flation	de balayage	auxiliaire					BHP	nœuds	
»	»	»	»	»	1	4 × 350 × 530	220	300	3,8	A roues.
»	»	»	»	»	2	4 × 450 × 680	200	500	9,3	
»	»	»	»	»	2	4 × 350 × 530	240	300	4,7	—
»	»	»	»	»	2	—	240	300	4,7	—
4 T, Rv.	»	Pas.	»	»	2	4 × 490 × 740	150	600	10	
»	»	»	»	»	2	3 × 450 × 680	200	400	4,7	—
»	»	»	»	»	2	—	200	400	4,7	—
»	»	»	»	»	2	4 × 250 × 370	240	160	12	Vapeur transformé.
4 T, Rv.	»	Pas.	»	»	2	3 × 330 × 380	260	140	8,5	A roues.
»	»	»	»	»	2	4 × 490 × 740	150	600	10	
Rv.	»	»	»	»	2	4 × 450 × 510	190	350	9	Vapeur transformé.
Rv.	»	»	»	»	2	4 × 350 × 530	240	300	4,7	A roues.
Rv.	»	»	»	»	2	—	240	300	8,8	
Rv.	»	»	»	»	2	4 × 330 × 380	270	200	8,5	
Rv.	»	»	»	»	2	—	270	200	4,4	
»	»	»	»	»	2	4 × 330 × 530	270	200	4,4	—
»	»	»	»	»	»	»	»	200	3,8	—
Rv.	»	»	»	»	»	»	»	200	4,7	—
»	»	»	»	»	1	4 × 330 × 380	270	200	»	—
2 T, Rv., Polar.	»	»	1 Diesel.	»	2	4 × 250 × 370	280	180	6	Cons. 1 t 75 par 24 h.
4 T, Rv.	»	Pas.	1 Diesel 40 ch.	»	1	6 × 400 × 600	180	550	8,4	Consomme 190 gr.
»	»	»	»	»	1	4 × 250 × 370	280	200	5	Expédition polaire.
»	»	»	»	»	2	4 × 450 × 680	200	500	11,5	
»	»	»	»	»	2	»	»	600	14,3	
Rv. 2 T, Polar.	»	»	»	»	1	4 × 290 × 430	250	260	»	
4 T, Rv.	En bt d'a.	Pas.	1 Diesel 25 ch.	»	1	3 × 400 × 500	200	250	8,6	
»	»	»	»	»	2	4 × 450 × 680	200	500	11,5	
»	»	»	1 Diesel.	»	2	4 × 310 × 460	250	400	12	Naufragé.
»	»	»	»	»	2	3 × 450 × 680	200	400	10,5	
»	»	»	»	»	1	4 × 330 × 380	270	200	»	A roues.
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	6 ×	300	300	5,5	
2 T, Rv., Polar.	»	»	»	»	1	4 × 260 × 370	280	200	»	
2 T, Rv., Polar.	»	»	»	»	1	—	280	200	»	
4 T.	»	Pas.	»	»	1	4 × 280 × 370	270	200	5,5	
2 T, Rv. pes. 292 t seul	1 Reavell.	Att. p. l.	1 Diesel, 1 à vapeur.	1 cyl.	1	6 × 600 × 1100	100	1 800	»	Vapeur transformé.
2 T, Rv.	»	»	»	»	1	6 ×	500	400	13,5	Hélice sous voûte.
»	»	»	»	»	2	6 × 450 × 460	250	600	14	
»	»	»	»	»	2	—	250	600	14	
»	»	»	»	»	2	—	250	600	14	
»	»	»	»	»	2	—	250	600	14	
2 T, Rv.	Pas.	Att. p. l.	3 Diesel.	1 cyl.	2	6 × 475 × 800	140	1 150	10,5	
—	—	—	—	—	2	—	140	1 150	10,5	
»	»	»	»	»	2	6 ×	280	650	13,8	Muni de transformateur Föttinger.
4 T, Rv.	En bt d'a.	Pas.	2 Diesel de 200 ch.	1 Cochan Ch.P.	2	8 × 530 × 730	138	1 150	»	
—	—	»	—	—	2	—	138	1 150	»	
—	—	»	—	—	2	—	138	1 150	11 1/2	
2 T, Rv., Carels.	Reavell.	2 att. p. l.	1 Reavell à vap. 60 ch.	2 vert., Ch.C.	1	4 × 508 × 920	95	800	10	Consommation 212 gr.
»	»	»	»	»	1	4 × 330 × 380	270	200	»	A roues.
»	»	»	»	»	1	—	270	200	»	—
2 T, Rv.	Att. p. l.	En b. d'a.	1 Diesel 50 ch.	»	2	4 × 470 × 680	160	850	10,5	
2 T, Rv., Carels.	»	»	»	»	2	4 × 450 × 560	»	900	»	
2 T, DE.	»	»	»	»	2	3 × 470 × 650	120	1 000	»	
unkers, 2 T, Tandem	»	Att. p. l.	1 Diesel.	2 à petits tubes.	2	3 × 400 × 400	125	800	»	Mot. à pistons opposés.
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	6 × 570 × 1000	125	1 750	9	Coque Isherwood.
4 T, Rv.	Attelé.	Pas.	1 Diesel 100 ch.	Cyl.; Ch.E. et Ch.P.	1	6 × 560 × 1000	115	1 140	10	
2 T, Rv.	Reavell.	2 att. p. l.	1 Reavell-Diesel.	1 cyl.	1	6 × 508 × 920	115	1 860	11,5	Consommation 212 gr.
unkers, 2 T, Tandem	En bt d'a.	En b. d'a.	1 à vapeur.	—	2	3 × 330 × 430	180	650	10	
—	—	—	»	—	2	4 × 440 × 520	150	1 100	11	
4 T, Rv.	Att. p. l.	Pas.	1 à vapeur.	1 cyl. et 1 Cochan.	2	6 × 560 × 1000	119	1 150	11,4	
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	6 × 250 × 300	400	350	20	
2 T, Rv., Polar.	»	2 en b. d'a.	»	2 Ch.P.	2	4 × 290 × 430	250	260	7,5	
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	»	»	150	14	
»	»	»	»	»	1	6 × 600 × 1100	100	1 800	»	A roues.
»	»	»	»	»	»	»	»	200	4,7	—
»	»	»	»	»	»	»	»	200	4,7	
»	»	»	»	»	2	»	»	300	8,5	1 mot. de drague 60 HP.
»	»	»	»	»	1	»	»	370	»	
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	»	»	400	»	
»	»	»	»	»	2	4 × 450 × 510	310	600	»	Transmiss. électrique.
MAN, 2 T, Rv.	»	»	»	»	1	6 × 226 × 350	300	350	»	
4 T, Rv.	Att. p. l.	Pas.	»	»	1	6 × 560 × 1000	140	1 100	10,5	

***

Digitized by Google

TABLEAU I. — NAVIRES DE COMMERCE A MOTEURS DIESEL, EN SERVICE OU EN CONSTRUCTION.

NOM DU NAVIRE	DATE d'achèvement	ARMATEURS	CONSTRUCTEURS de la coque	DIMENSIONS DE LA COQUE						CONSTRUCTEURS des moteurs
				L	l	c	tirant d'eau	déplacement	port en lourd	
				mètres	mètres	mètres	mètres	tonnes	tonnes	
London, C et P	»	East Asiatic.	Barclay Curle.	146	»	»	»	»	»	Burmeister et W
» , P	»	»	»	85	11	3,2	»	»	»	Kolomna
» , P	»	»	»	85	11	3,2	»	»	»	—
» , P	»	»	»	85	11	3,2	»	»	»	—
» , P	»	»	»	85	11	3,2	»	»	»	—
» , P	»	»	»	90	9,8	3,1	»	»	»	—
» , R	»	»	»	64	10,4	3,9	»	»	»	—
Sebastian, CP	»	Lane et Mc. A.	Caledon S. C°.	95	14	8,2	»	»	5 000	A. B. Diesels Mot
Unio, CP	»	Anglo-Sax. P.	Palmers S. C°.	106	14,2	8,4	6,7	7 725	5 050	Werskpoor
Cassis, CP	»		Caledon S. C°.	106	14,2	8,4	6,7	7 725	5 050	—
Eburna, CP.	»	—	Nederlands. S. M.	106	14,2	8,4	6,7	7 725	5 050	—
Artemis, CP	»	—	—	106	14,2	8,4	6,7	7 725	5 050	—
Motricine, CP.	»	Naphtes-Transports.	Ch. de Normandie.	106	14,4	8,1	6,4	»	5 200	Ch. de l'Atlantique
Jules Henry, VAP	»	Vimont.	Wilton.	76	12,5	7,1	5,8	»	2 500	Werkspoor
» , CP	»	Société d'arm. d'Anvers.	Tyne I. Sh. C°.	115	15,5	8,8	7	»	6 230	—
Tynemount, C	»	Montreal T. C°.	Swan Hunter.	76	13	5,8	4,2	»	2 400	Mirrlees.
» , C	»	»	—	107	»	»	»	»	5 600	Swan Hunter
» , C et P	»	East Asiatic.	Harland et Wolff.	125	16,8	11,4	»	»	9 000	Burmeister et W
» , C et P	»	—	—	125	16,8	11,4	»	»	9 000	—
Succia, C.	1912	Nordstjernan B.	Burmeister et W.	110	15,6	10,4	7,1	»	6 500	—
» , C.	»	»	»	110	15,6	10,4	7	»	6 500	—
Fordonian, C	1912	Merchant's Line of Montreal.	Clyde Sh. C.	76	13	5,1	»	»	3 000	Clyde Sh. C.
» , C	»	»	Blohm et Voss.	»	»	»	»	»	»	Blohm, Voss et M A N
» , C	»	H. A. P. A. G.	—	»	»	»	»	»	»	—
» , C	»	»	Cantieri Savoia	»	»	»	»	»	»	New London C
» , C	»	»	Cockerill.	»	»	»	»	»	»	Cockerill
Trefoil, CP	»	Amirauté britannique.	»	140	»	»	»	»	8 000	Vickers.
» , CP	»	—	—	82	»	»	»	»	2 000	S. White
Pangan, C	»	East Asiatic.	Barclay Curle.	101	14,4	5,4	»	»	»	Burmeister et W. O E C
Bandon, C	»	—	—	101	14,4	5,4	»	»	»	—
Champon, C	»	—	—	101	14,4	5,4	»	»	»	—
»	1914	Atlantic Tr. L.	Harland et Wolff.	»	»	»	»	7 100	»	—
» , C	»	Cie Forenede.	Burmeister et W.	124	16,5	10,7	7,1	7 200	11 100	Burmeister et W
» , C P	»	Nobel.	»	»	»	»	»	6 000	»	A. B. Diesels Mot
Berolina, PF	»	Mercury Cie.	»	»	»	»	»	»	»	»
Hermann Krabb, C et P.	1912	Pour l'Amérique du Sud.	Stocks et Kolbe.	60	»	»	2,8	»	6 000	Benz.
Savoia, R.	»	Cantieri officine Savoia.	»	29,9	6	2,8	1,9	170	»	»
Elbe I. bateau-feu	»	Etat de Hambourg.	»	53	7,7	»	3,8	720	»	Sulzer.
Russ, CP.	1911	Samauro.	»	»	»	»	»	»	»	»
» , CP.	»	Amirauté britannique.	Pembroke Docks.	82	»	»	»	»	2 000	»
» , CP.	»	—	»	»	»	»	»	»	»	Fairfield C°
» , CP.	»	—	Chatham Docks.	»	»	»	»	»	»	Scott's C°.
»	»	Flower M. Sh. C°.	Armstrong et W.	»	»	»	»	»	5 500	Armstrong.
»	»	Norwegian Mex. G. St. C°.	Sorlandets Sk.	114	14,6	8,3	7,1	»	6 200	Krupp.
»	»	Lorentzen et Cie.	Akers.	98	14,6	8,6	»	»	4 000	Akers.
Transport de sous-mar.	»	Gouv. des Etats-Unis.	New London Sh. C°	»	»	»	»	»	»	New London Sh. C.
Lemberg	»	Cie Asiatique des pétroles.	»	66	12,2	4,3	3,7	»	1 500	Werskpoor.

ABRÉVIATIONS. — C, cargos; CP, cargos pétrolier; C et P, navire à passagers et à marchandises; R, remorqueur; VA, voilier auxiliaire; VAP, voilier auxiliaire pétrolier; RBG, remorqueur brise-glaces; PF, paquebot fluvial; Bal, baleinier; Y, yacht.

par des leviers attelés eux-mêmes aux crosses. L'ensemble présente nombre de dispositions ingénieuses : le cylindre proprement dit, c'est-à-dire la chemise de frottement du piston, est venu de fonderie avec la culasse, il est emmanché dans une sorte de caisse en fonte, commune à trois cylindres, et à laquelle il est fixé, à la partie supérieure, par une bride. Il traverse la paroi inférieure par un joint et il est prolongé au delà par une gaine démontable. Pour visiter le piston, par exemple en cas de rupture d'un segment, on l'amène à fond de course vers le bas, c'est-à-dire dans la gaine; on déboulonne alors celle-ci et on l'abaisse, ce qui met le piston à découvert. Le refroidissement se fait à l'eau salée autour des cylindres et dans les culasses, sauf autour de la soupape d'échappement où l'on emploie de l'eau douce.

Le piston est également refroidi avec de l'eau douce, qui est amenée par un tube télescopique.

Le démontage est grandement facilité par le fait que la tige de piston est assemblée à celui-ci par un plateau tenu par vis. Cet assemblage n'a en effet à subir que des efforts de compression; les efforts de traction, pendant la période d'aspiration, sont insignifiants. La tige traverse, par un presse-étoupe, une tablette dont le but est, d'une part, de recevoir les gaines de cylindres démontées, lors des visites des pistons, d'autre part, d'empêcher des crasses de tomber du cylindre dans le bassin à huile que forme la plaque de fondation.

L'emploi des colonnes d'acier donne un grand dégagement aux pièces mobiles sur le devant du moteur. Des grands volets appuyés sur ces colonnes empêchent les projections d'huile au dehors.

Digitized by Google

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES MOTEURS (NAVIRES DE PLUS DE 200 ch) [*suite*].

TYPE des moteurs	TYPE DU COMPRESSEUR			CHAUDIÈRE auxiliaire	NOMBRE de moteurs	NOMBRE de cylindres, diamètre, course	NOMBRE de tours normal	PUISSANCE normale par moteur	VITESSE du navire chargé	REMARQUES
	d'insuffl.	de balayage	auxiliaire					BHP	nœuds	
4 T, Rv.	»	Pas.	»	»	2	8 ×	»	3 000	16	
»	»	»	»	»	2	»	»	300	8 1/2	
»	»	»	»	»	2	»	»	300	8 1/2	
»	»	»	»	»	2	»	»	300	8 1/2	
»	»	»	»	»	2	»	»	300	8 1/2	
»	»	»	»	»	2	»	»	600	13	A roues.
»	»	»	»	»	»	»	»	800	5	
2 T, Rv., Polar.	»	»	»	»	2	6 × 450 × 540	165	1 000	10,5	
4 T. Rv.	Att. p. l.	Pas.	»	»	2	6 × 520 × 900	135	850	10,5	
—	—	—	»	»	2	—	135	850	10,5	
—	—	—	»	»	2	—	135	850	10,5	
—	—	—	»	»	2	—	135	850	10,5	
4T, Rv., Werkspoor-Penhoët.	—	—	1 à vapeur.	2 Cyl. ; Ch.E. et Ch.P.	2	—	135	850	10,5	
4 T, Rv.	»	—	»	»	2	6 × 420 × 600	»	500	10,5	Voilier transformé.
4 T, Rv	»	—	1 à vapeur.	2	2	6 × 560 × 1000	135	1 100	11	
en reversible, 4 T.	En bt d'a.	»	1 électrique.	2 vert.. Ch.P.	2	6 × 305 × 342	400	300	8	Transmiss. électrique.
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	4 ×	»	600	»	
4 T, Rv.	»	Pas.	»	»	2	8 × 530 × 730	140	1 125	11,2	
—	»		»	»	2	—	140	1 125	11,2	
—	»		»	Pas.	2	8 × 500 × 660	140	850	10,7	
—	»		»	»	2	—	140	850	10,7	
T, Rv., Carels.	Reavell.	Att. p. l.	1 Diesel.	1, Ch.P.	1	4 × 460 × 820	102	970	10	Poids du mot. 100 T.
2 T, Rv., MAN.	En bt d'a.	En tandem.	»	»	2	3 × 475 × 650	120	850	»	
—	»	»	»	»	2	3 ×	»	1 500	»	
2 T, Rv.	»	»	»	»	1	4 × 240 × 400	»	300	»	
2 T, Rv.	»	»	»	»	2	6 ×	300	1 000	»	
4 T.	»	»	»	»	2	»	»	1 250	»	
2 T, MAN.	»	»	»	»	2	6 ×	»	750	»	
4 T, Rv.	»	»	»	»	1	»	»	1 600	»	Vapeur transformé.
—	»	»	»	»	1	»	»	1 600	»	—
—	»	»	»	»	1	»	»	1 600	»	—
—	»	»	»	»	2	6 ×	»	1 600	»	
4 T, Rv.	»	»	2 de 230 IHP chacun.	1, Ch., 93 m².	2	8 × 540 × 730	140	1 100	»	
Polar.	»	»	»	»	2	»	»	1 200	»	
»	»	»	»	»	2	»	»	600	»	
Benz. Diesel, 2 T.	»	»	»	»	2	4 ×	»	260	12	
2 T.	En bt d'a.	Att. p. l.	»	»	1	4 × 240 × 400	250	280	»	
Sulzer, 2 T.	En bt d'a.	En bt d'a.	2 à 4 T de 35 HP chac.	»	1	4	280	220	»	
MAN.	»	»	»	»	2	6 ×	220	800	»	
»	»	»	»	»	2	8 ×	150	750	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
FIAT.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
2 T, MAN.	»	»	»	»	2	6 ×	»	600	»	
2 T.	»	»	»	»	2	6 × 625 × 1200	90	1 000	»	
, type Burm. et W.	»	»	»	»	2	6 ×	140	»	»	
»	»	»	»	»	2	»	»	900	»	
4 T.	»	»	»	»	2	»	»	350	»	Vapeur transformé.

BRÉVIATIONS. — 2T, deux temps ; 4T, quatre temps ; DE, double effet ; Rv, reversible ; BHP, chevaux effectifs ; Cyl, cylindrique marine ; Vert, verticale ; Ch.E, chauffée aux gaz d'échappement ; Ch.P, chauffée au pétrole ; Ch.C, chauffée au charbon ; En bt. d'a., attelé en bout d'arbre ; Att. p. l., attelé par leviers.

Le graissage des pièces mobiles se fait par simple gravité, au moyen de caisses à débit visible, de tuyaux et de godets. L'huile, qui tombe finalement dans le bassin inférieur, est aspirée par une pompe qui, au travers d'un filtre et d'un réfrigérant, la remet en circulation.

Les soupapes de distribution sont conduites par des leviers; les articulations de deux de ceux-ci par cylindre (combustible et démarrage) sont montées sur excentrique, de telle sorte qu'en déplaçant le point d'appui, on modifie la durée et l'amplitude de l'ouverture des soupapes correspondantes. Il y a deux arbres à cames, l'un servant pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière. Ces deux arbres sont portés sur des paliers doubles qui peuvent glisser sur des consoles attachées aux cylindres. Pour passer de la marche avant à la marche arrière, on fait glisser, au moyen d'un servo-moteur, l'ensemble des deux arbres; ce mouvement amène les cames de l'un des arbres à la place des cames de l'autre sous les galets des leviers. La manœuvre à l'air comprimé se fait en agissant sur un levier, qui met hors service la soupape d'injection en même temps qu'il met en action la soupape d'air comprimé, par rotation du point d'appui excentré de leurs leviers. La came de la soupape d'air porte deux talus superposés correspondant à deux positions du galet : l'une d'elles sert pour la manœuvre du moteur avec admission d'air faible, mais suffisante quand le moteur est chaud, l'autre avec admission prolongée.

Le combustible est refoulé par deux pompes à haute pression : une seule de ces pompes est en service, l'autre sert de rechange. La pompe refoule d'abord le pétrole dans un réservoir où règne

Digitized by Google

la pression de l'air d'insufflation (pression de 64 à 70 kg). Ce réservoir peut osciller, suivant la verticale, entre des guides et à l'extrémité d'un levier à contrepoids. Cet ensemble constitue une sorte de balance qui contrôle l'aspiration de la pompe. Quand le réservoir atteint son plein, la pompe marche à vide. Quand il est vide, une sonnerie avertit le mécanicien que le fonctionnement de la pompe n'est pas régulier. Une petite pompe à vapeur prend le combustible dans la soute et dessert les deux pompes à haute pression; de plus, un modérateur Aspinall peut interrompre le débit du combustible si le moteur vient à s'emballer. Le combustible se rend du réservoir aux boîtes de distribution à chaque cylindre.

L'air nécessaire à la pulvérisation du pétrole est comprimé dans trois cylindres en tandem dont les pistons sont conduits par des leviers attelés à l'une des crosses. Ce compresseur est attaché sur l'un des bâtis tubulaires en fonte. Entre chaque cylindre, l'air comprimé traverse un serpentin réfrigérant logé à l'intérieur du bâti.

Un compresseur indépendant est installé auprès du moteur principal; il est également à trois étages et délivre soit de l'air comprimé à 16 kg pour le service des manœuvres et des auxiliaires, soit de l'air à 64 kg pour suppléer à une avarie du compresseur attelé. Ce compresseur est conduit par deux cylindres Diesel entre lesquels il est disposé. Cet ensemble atteint une puissance de 100 ch.

L'air comprimé pour la manœuvre, ainsi que pour les auxiliaires de coque, est emmagasiné dans une série de gros ballons en tôle d'acier, tandis que l'air comprimé à très haute pression pour l'insufflation, est contenu dans une batterie de bouteilles sans soudure, en acier. Celles-ci sont disposées la tête en bas, pour éviter le séjour d'eau condensée qui pourrait altérer le métal.

Pour compléter ce que nous avons dit de la distribution, nous ajouterons que l'un des arbres à cames est conduit par un jeu de quatre bielles dont les manivelles sont calées à 90° l'une de l'autre. Ces bielles travaillent toutes successivement à la traction et on a laissé un certain jeu dans les coussinets de l'extrémité supérieure. Ce jeu permet aux arbres à cames de se déplacer dans une direction perpendiculaire aux bielles, et en ligne droite. Les bielles sont assez longues par rapport à ce déplacement; aussi, le jeu nécessaire est très petit; bien entendu, il y a toujours, en marche, une bielle en tension sans jeu. Pour que ces bielles ne vibrent pas, on a construit leur corps avec un tube scié sur une partie de sa longueur, les deux moitiés tenues en écartement par des entretoises, de façon à former une poutre légère dans le plan transversal de la machine. Les quatre bielles sont conduites par un arbre à demi-vitesse que commande un engrenage dont le pignon est claveté sur l'arbre moteur. Le deuxième arbre à came est relié au premier par une paire de roues dentées.

Un volant de 5 500 kg complète la régularité du couple moteur et facilite les mises en marche.

Pour assurer certains services auxiliaires de la coque, on a installé dans le compartiment une petite chaudière horizontale marine, qui est chauffée soit par l'échappement du moteur, soit par des brûleurs à pétrole.

Le compresseur auxiliaire indépendant conduit par une courroie les pompes du chargement liquide. Cet emploi de courroie est très rare à bord d'un navire. Il conduit aussi par une chaîne, mais à titre exceptionnel, la dynamo qui, normalement, est attaquée directement par un petit moteur horizontal Deutz. Celui-ci conduit en plus un tout petit compresseur d'air servant à la mise en service de l'ensemble, quand toutes les bouteilles sont vides. Enfin, un jeu de pompes de service est aussi conduit par une chaîne.

Le service d'eau refroidissante est double : un circuit d'eau

Tableau II. — Résultats comparatifs de moteurs a pétrole.

	Selandia, Jutlandia, Christian X	*Monte Penedo*	*Eavestone*	*Rolandseck*	*Juno Emmanuel Nobel*
Type de moteur	Burmeister et Wain.	Sulzer.	Carels.	Carels.	Werkspoor.
Nombre de temps	4	2	2	2	4
Nombre de moteurs par navire	2	2	1	1	Juno 1-E. Nobel 2
Nombre de cylindres par moteur	8	4	4	6	6
Dimensions (D × C)	530 × 730	470 × 680	508 × 920	508 × 920	560 × 1 000
Puissance maximum normale effect.	2 × 1 000 ch.	2 × 850 ch.	800 ch.	»	1 140 ch.
Nombre de tours correspondant	125	160	95	115 maximum.	115
Puissance maximum atteinte	2 × 1 150 environ.	»	»	1 860 ch.	1 400 ch.
Type de compresseur d'insufflation	En bout d'arbre.	Attelé par levier au compresseur de balayage.	Reavell, en bt d'ar.	Reavell, en bt d'ar.	A 3 cyl. en tandem attelé par leviers.
Type de compresseur de balayage	Pas.	En bout d'arbre.	2 attelés par leviers.	»	Pas.
Type de comp. auxiliaire indépendant	2 de 200 ch à mot. Diesel.	1 de 50 ch à mot. Diesel.	1 Reavell à vapeur de 60 ch.	1 Reavell-Diesel.	A 3 cyl. conduit par 2 cyl. Diesel 80 à 100 ch.
Chaudières auxiliaires	1 verticale.	1 cylindrique chauf. au pétrole.	2 verticales.	1 cylindrique.	1 cylindrique.
Mode de renversement de marche	Décalage de l'arbre à cames.	Glissement longitudinal de l'arbre à cames.	Substit. de cames.	Substit. de cames.	Par substitution d'arbres à cames.
Graissage	Par gravité.	Forcé.	Par gravité.	Par gravité.	Par gravité.
Type de bâtis	Bâtis-glissières en fonte, carter fermé.	Bâtis-glissières en fonte, carter fermé.	Bâtis-glissières en fonte.	Bâtis-glissières en fonte.	Colonnes acier, bâtis-glissières en fonte, écrans.
Puissance développée par m³ de volume de cylindre et par tour/m.	6,2 ch eff.	11,2 ch eff.	11.2 ch eff.	14,4 ch eff maxim.	6.6 ch eff.
Poids de l'installation en tonnes	»	240	»	»	220
Consommation de combustible par cheval-heure en kg	0,195 environ.	0,210	0,210	0,210	0,190
Consommation d'huile de graissage par cheval-heure en gr	»	»	7	»	3

Digitized by Google

douce et un circuit d'eau salée; chacun de ces circuits peut être alimenté par deux pompes différentes.

L'échappement des cylindres moteurs se fait dans un conduit quadrangulaire en tôle, garni de pièces réfractaires. Ce conduit est amené jusqu'au foyer de la chaudière, d'une part, et directement à la cheminée, d'autre part.

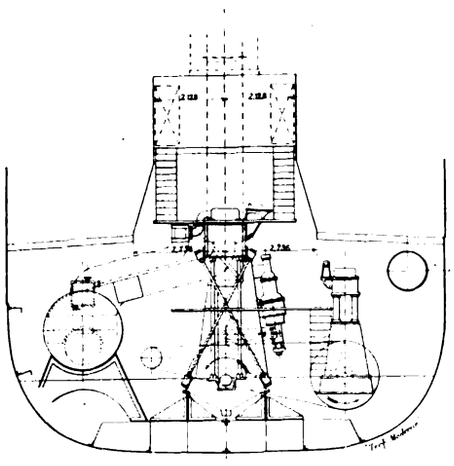


FIG. 1. — Machine du Juno (*vue par bout*).

Les auxiliaires de coque fonctionnent soit à l'air comprimé, soit à la vapeur; l'air comprimé est pris dans deux des gros réservoirs dont nous avons parlé plus haut. La vapeur peut suppléer à l'air comprimé et réciproquement. La vapeur d'échappement des auxiliaires est dirigée dans un petit condenseur à surface qui est disposé pour refroidir aussi l'eau douce qui circule dans l'un des circuits des moteurs.

Les essais de cette installation ont été très satisfaisants. Malgré la légèreté apparente des bâtis, le fonctionnement mécanique n'a rien laissé à désirer. On a pu relever des ordonnées moyennes de 7 kg 35, et même plus. Nous avons indiqué plus haut la faible consommation des moteurs Werkspoor.

Nous complétons cet article par deux tableaux. Le tableau I (p. 256 à 259) donne les caractéristiques principales des navires à moteurs du type Diesel, en service ou en construction.

Le tableau II (p. 260) donne la comparaison des résultats donnés par quelques-uns des navires à moteur ayant fait récemment leurs essais. Nous ajouterons que le cargo *Emmanuel-Nobel*, dont les essais ont suivi de peu ceux du *Juno* et qui possède deux moteurs Werkspoor identiques à celui de ce dernier navire, a donné les mêmes résultats satisfaisants. On a réalisé une puissance de 2878 ch indiqués sur les pistons, à 119 tours.

C. N.

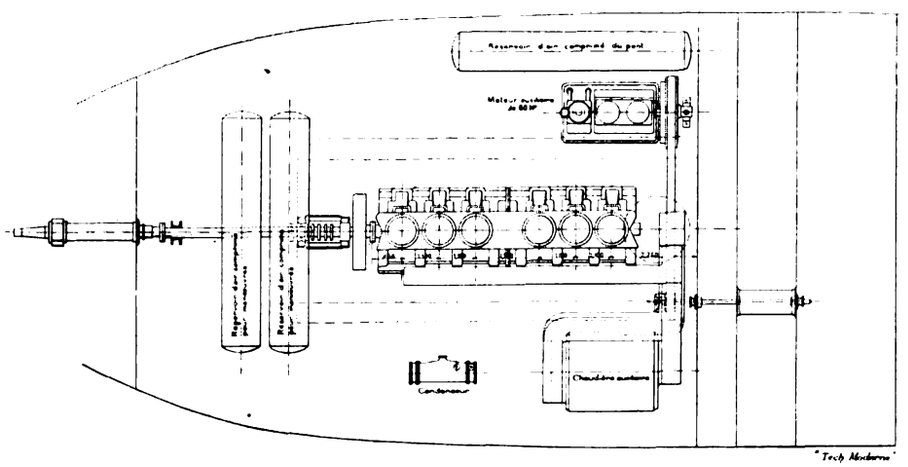


FIG. 2. — Machine du Juno (*vue en plan*).

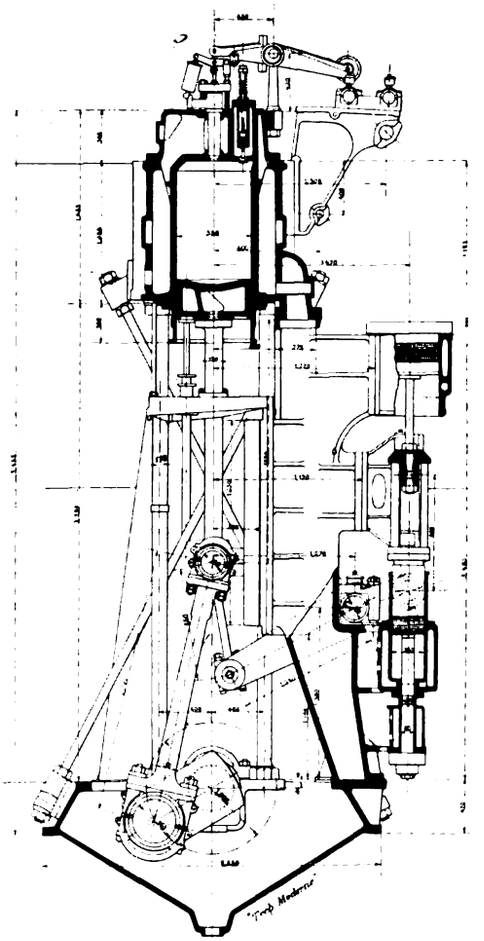


FIG. 3. — Machine du Juno (*coupe*).

MÉTALLURGIE

MATÉRIEL ET OUTILLAGE MÉCANIQUE DE LA FONDERIE [1]

(*Suite.*)

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons étudié les ateliers de fonderie et le matériel : souffleries et appareils de fusion (cubilots et fours).

Dans la seconde, dont nous commençons la publication, nous examinerons plus spécialement : les poches de fonderie, l'outillage de moulage et les machines à mouler.

LES POCHES DE FONDERIE. — Au sortir du four, le métal fondu est reçu dans des poches, d'où on le verse dans les moules. Cette règle comporte certaines exceptions; ainsi, dans la fonderie de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 5 (1er mars 1912), p. 171; n° 7 (1er avril 1912), p. 225; n° 9 (1er mai 1912), p. 332; t. V, n° 1 (1er juillet 1912), p. 21.

Digitized by Google

bronze, les petits moulages s'obtiennent en coulant directement le métal du creuset; il en est de même dans la fonderie d'acier pour les petits moulages, ainsi que dans la fonderie de l'aluminium et des alliages plus chers.

Dans les anciennes fonderies, on employait des poches en fonte de 1 à 4 cm d'épaisseur; aujourd'hui, elles sont généralement en tôle d'acier, revêtue d'un garnissage en vieux sable mélangé d'eau et de paille hachée.

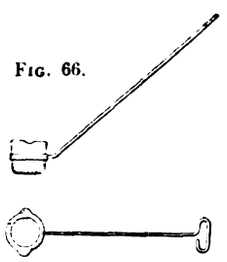


Fig. 66.

Fig. 67.

Fig. 66 et 67. — Poche à main de 25 kg de capacité.

La capacité des poches de fonderie varie beaucoup et va des petites *poches à main*, pouvant contenir de 25 à 200 kg de métal, aux grandes *poches sur truck* employées pour la fonte et l'acier et contenant jusqu'à 60 tonnes et plus.

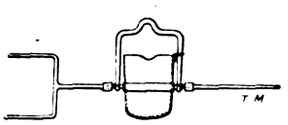
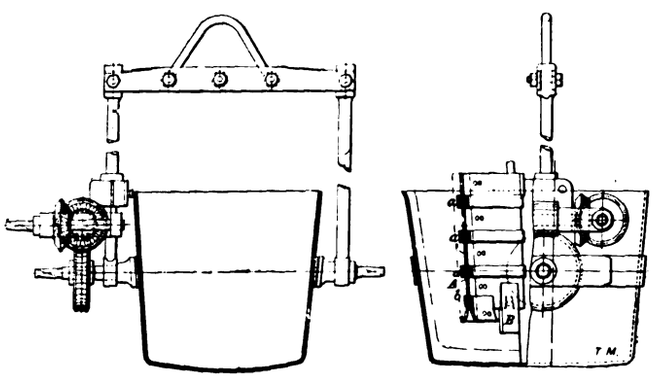


Fig. 68. — Poche à double poignée.

Au point de vue de leur manœuvre, on peut diviser les poches de fonderie en poches *basculantes* et *en poches non basculantes*, les premières universellement employées dans la fonderie de fer, les secondes spéciales à la coulée de l'acier. Toutefois, on fait également usage de *poches basculantes* sur trucks dans les aciéries Bessemer pour charger les convertisseurs de fonte liquide.

La capacité des *poches à main* est limitée par la nécessité de leur transport par un, deux, trois ou au plus quatre ouvriers. Celles dont la manœuvre ne nécessite qu'un seul homme (fig. 66 et 67) contiennent 25 kg de métal; elles servent à la coulée des

Fig. 69. — *Coupe par les tourillons.* Fig. 70. — *Coupe transversale.*



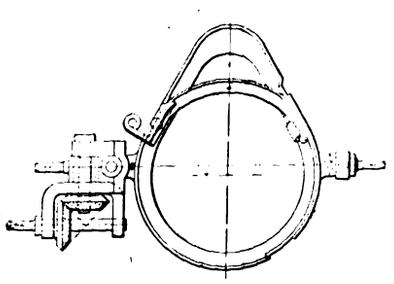


Fig. 71. — *Vue en plan.*

Fig. 69 à 71. — Poche de fonderie, système Goodwin et How, à écumage automatique, construite par MM. Thwaites brothers.

très petits moulages ou à l'alimentation des masselottes. Les *poches à double poignée* (fig. 68) sont portées par deux ou trois hommes et reçoivent généralement 150 kg de métal, quelquefois 200 kg. Dans toutes ces poches, la poignée est indépendante et munie d'un collier dans lequel on engage la poche tronconique.

Toutes les poches d'une capacité supérieure à 150 ou à 200 kg sont manutentionnées à l'aide de grues, de ponts-roulants ou de chariots. Celles de 250 à 1 500 kg de capacité se basculent généralement au moyen d'un levier à bras; au-dessus de 1 500 kg et jusqu'à 10 et 12 t, elles sont basculées à l'aide d'un engrenage simple ou double, à vis sans fin. Beaucoup de poches de fonderie américaines sont cependant manœuvrées par engrenages droits, simples pour les petites dimensions, doubles pour les grandes.

Il existe de nombreux modèles de poches de fonderie manœuvrées par grues; à titre d'exemple, nous donnons ici les détails de construction d'un type — système Goodwin et How, — construit par MM. Thwaites Brothers, Ltd (fig. 69 à 71). La poche a une section horizontale ovoïde dont l'extrémité la plus petite forme bec de coulée; elle est emboutie d'une seule pièce ou bien à fond rivé. Une cloison intérieure dépassant le bord de la poche, mais ne descendant pas jusqu'au fond, force le métal à passer au-dessous d'elle pour sortir par le bec de coulée; en même temps, elle retient l'écume qui surnage et l'empêche de tomber dans le moule.

Fig. 72. — *Élévation longitudinale.*

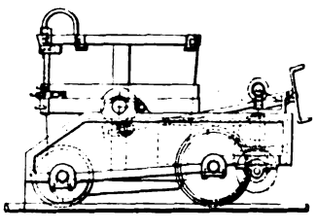


Fig. 73. — *Vue en dessus.*

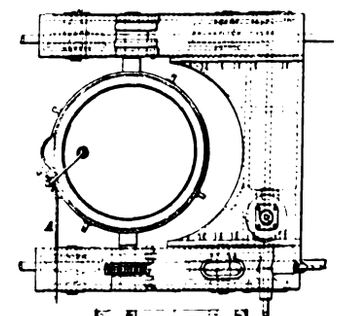


Fig. 74. — *Élévation et coupe transversale.*

Fig. 72 à 74. — Poche de fonderie d'acier de 19 t sur chariot construite par MM. Thwaites brothers Ltd.

En raison de l'incommodité que présente la manutention des grandes poches au moyen de grues, on les monte généralement sur chariots roulant sur rails; cela se fait notamment dans les fonderies d'acier pour des capacités de 5 à 60 t. Ces poches et leurs chariots sont entièrement en tôle et en moulages d'acier. Les boîtes de fusées d'essieu sont pourvues de ressorts et semblables aux boîtes à graisse des wagons de chemins de fer, du moins dans les types lourds. Des tampons à ressort sont disposés sur les chariots. Le mouvement de bascule est commandé par vis sans fin et des becs de coulée se trouvent ordinairement de chaque côté de la poche. Cependant, pour

Fig. 75. — *Élévation et coupe.* Fig. 76. — *Vue de côté.*

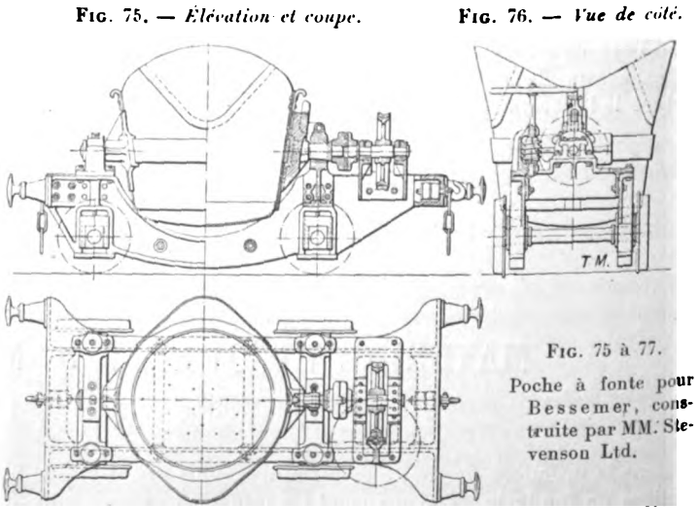


Fig. 75 à 77.
Poche à fonte pour Bessemer, construite par MM. Stevenson Ltd.

Fig. 77. — *Plan.*

l'acier, on coule généralement par une tubulure disposée au fond de la poche et fermée par un tampon garni de matière réfractaire. La tige de ce tampon, protégée du contact du métal liquide par

Digitized by Google

un conduit en terre réfractaire, se recourbe en ∩ à sa partie supérieure et se relie à un levier de manœuvre A (fig. 73). En tout cas, on fait toujours basculer la poche après la coulée pour vider la scorie.

Nous donnerons encore, en terminant ce chapitre, les dessins d'une poche sur chariot pour le chargement de la fonte au Bessemer (fig. 75 à 77). On y remarquera le grand développement des deux becs de coulée destinés à bien guider le métal jusque dans le convertisseur. Cette poche se bascule dans les deux directions par un engrenage à vis sans fin, relié par un accouplement au loquet qui tient la poche immobile pendant les transports. Les longerons et les traverses du chariot sont des pièces en acier moulé.

Les poches de coulée doivent être regarnies soit de nuit, soit le matin du jour de la coulée, et séchées. Pour l'acier, on dame fortement le garnissage du fond.

En ce qui concerne la pratique de la coulée, il importe d'opérer à température bien déterminée ; pour le contrôle de cette température, on tend à faire de plus en plus usage du pyromètre. La fonte versée très chaude dans la poche y est amenée par refroidissement dans celle-ci à la température désirée.

Outillage de moulage. — 1° *Les Châssis*. Le moule du fondeur n'est autre chose que l'empreinte dans une matière plastique, en l'espèce le sable, de l'objet à reproduire ou de son modèle. Pour soutenir extérieurement cette matière plastique, on se sert de cadres en fonte ou en acier, parfois en bois, appelés châssis.

Fig. 78.

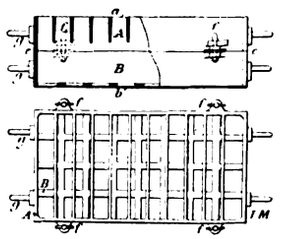


Fig. 79.

Fig. 78 et 79. — Châssis en deux pièces.

Remarquons toutefois que si la grande majorité des moulages sont moulés et coulés en châssis, il en est un certain nombre qu'on moule ou coule différemment. C'est ainsi, comme nous le verrons plus loin, qu'on fait certains moules dans le sol de la fonderie (*moulage à découvert*) ; d'autres fois, les moules sont faits en châssis mais n'y restent pas pour la coulée (*coulée en mottes*), ce qui a l'avantage de réduire le nombre des châssis identiques pour une grande quantité de moulages. Les moulages en fonte dure sont obtenus dans des moules dont une grande partie est constituée par une forme métallique. Enfin, on pratique aujourd'hui la coulée en moules permanents pour lesquels on n'emploie plus du tout de sable.

Les châssis sont ordinairement en deux pièces, un seul joint suffisant dans la plupart des cas pour le moulage, — mais ils peuvent comporter aussi trois ou un plus grand nombre de pièces superposées, si la forme compliquée des objets à mouler nécessite plusieurs joints.

Les figures 78 et 79 représentent un type de la très grande majorité des châssis en usage dans les fonderies ordinaires. On remarquera la disposition intérieure, très différente, des deux parties de dessus et de dessous. Le *dessus* comporte une série de barrettes ou traverses minces et d'une certaine hauteur ; ces barrettes sont destinées à retenir le sable du moule par frottement et à l'empêcher de s'effondrer dans le vide intérieur. Au contraire, le *dessous* est fermé par une sorte de grille à barreaux plats, qui n'a d'autre but que de soutenir le sable du moule pendant sa manutention. Le même rôle est rempli par une légère saillie intérieure *c*, dans les *pièces intermédiaires* telles que C (fig. 80). En outre, ces barreaux plats laissent une plus grande hauteur disponible, les parties les plus profondes du moule étant généralement situées dans cette portion du châssis.

Lorsqu'on moule dans le sol, on recouvre le moule enterré d'un *châssis de dessus* (fig. 82 et 83).

Les châssis sont munis de poignées *g* pour leur manutention, de tourillons *h* pour leur retournement (lorsqu'ils ne peuvent être retournés à la main), d'oreilles et de goujons à clavette, pour leur assemblage et leur repérage. Les châssis de dessus pour moules dans le sol portent des nervures extérieures *a* pour servir de guides aux piquets de repérage qu'on enfonce dans le sol.

Nous ne pouvons parler des châssis sans décrire, au moins succinctement, les procédés de moulage auxquels ils correspondent.

Fig. 80.

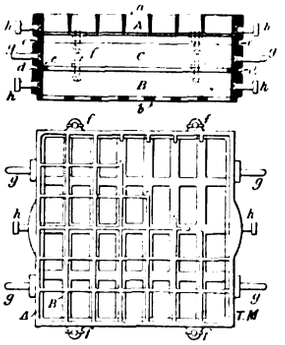


Fig. 81.

Fig. 80 et 81. — Châssis en trois pièces.

Pour mouler à l'aide d'un châssis

Fig. 82.

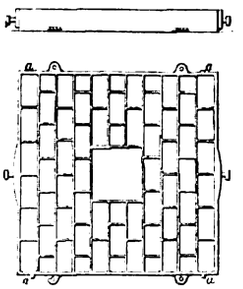


Fig. 83.

Fig. 82 et 83. — Châssis de dessus pour le moulage dans le sol.

en deux pièces, on procède par retournement. A cet effet, on place la partie A (fig. 78) sens dessus dessous, la face *a* reposant sur le sol ; on la remplit de sable non tassé, puis on pose sur le sable le modèle dont on règle la position de telle façon que le plan de son joint coïncide avec le plan supérieur *cc* du châssis. Le mouleur comprime alors le sable juste assez pour qu'il résiste à la compression ultérieure du sable dans le châssis de dessous B ; il fait le joint du moule, puis couvre la surface d'une couche de sable spécialement destinée à former surface de séparation. Après quoi, la partie de dessous B est placée retournée sur la partie A ; on la remplit de sable que l'on *serre* à travers le fond *b* ; on pratique des évents pour le dégagement des gaz de la fonte à la coulée — cela s'appelle *tirer du vent* ; — la partie de dessous B est alors prête. On retourne le tout, on enlève la partie de dessus A, on en sort tout le sable, puis on fait le joint de la partie B qu'on nettoie, lisse et saupoudre de sable. Sur la partie B, on replace la partie A qu'on refait alors comme il a été dit précédemment pour B.

Les moules ainsi confectionnés sont séparés, le modèle en est extrait, puis après réparation, nettoyage, séchage, mise en place

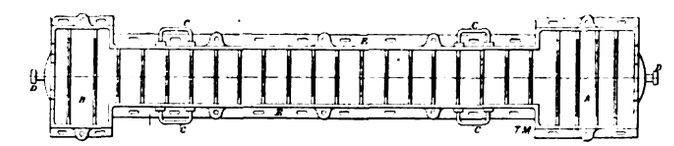


Fig. 84.

Fig. 84 et 85. — Moule pour colonnes en fonte.

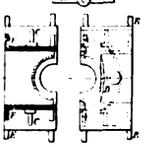


Fig. 85.

du noyau (*remoulage*) et passage au noir de fonderie, les deux châssis sont de nouveau assemblés et surmontés du bassin de coulée. Ce bassin communique avec les trous ou jets de coulée destinés à alimenter la pièce.

Les châssis peuvent avoir toute forme désirable ; ils peuvent être carrés, rectangulaires, circulaires ou polygonaux, suivant les nécessités, la forme des pièces et le besoin d'économiser le sable. Ils reçoivent également des formes spéciales pour certaines fabrications. C'est ainsi que les figures 84 et 85 montrent un moule spécial pour colonnes en fonte ; la partie A correspond au

Digitized by Google

chapiteau et la partie B à la base. Comme on le voit, les traverses sont évidées circulairement et l'extrémité des châssis est également évidée pour le passage du noyau ménageant le vide central.

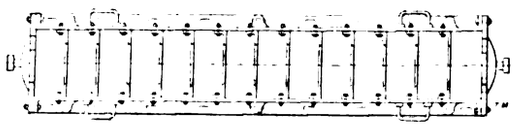


Fig. 86. — Châssis « mille pièces ».

Les longs châssis qui doivent être descendus dans des fosses pour être moulés debout sont munis de plaques arrière, destinées à retenir le sable soumis à la pression élevée du métal fondu.

Les grands châssis de ce genre sont très encombrants, aussi utilise-t-on fréquemment des châssis dit *mille pièces* (fig. 86) formés de deux flasques latéraux, de deux flasques transversaux et de traverses boulonnées; ces châssis peuvent s'allonger à volonté et sont peu encombrants lorsqu'ils sont démontés.

Fig. 87.

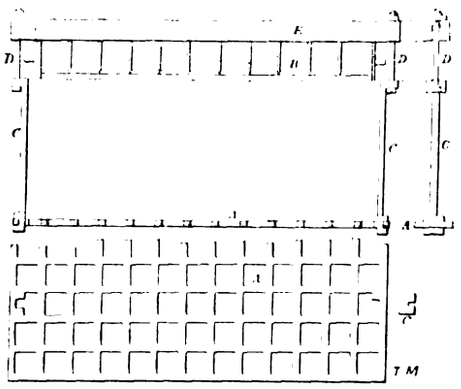


Fig. 88.

Fig. 87 et 88. — Moulage dans le sol.

Lorsque les moules sont faits dans le sol, pour empêcher le soulèvement du châssis de dessus B (fig. 87 et 88) par la poussée du métal liquide, on établit à une certaine profondeur, au-dessous de l'emplacement du moule, une grille A dans les bords de laquelle sont fixées des tiges à griffes C. On engage dans les griffes supérieures de ces tiges, les têtes des boulons de serrage D qui maintiennent le châssis de dessus B serré par des traverses E. La grille A sert d'ailleurs à plusieurs fins : d'abord pour ce boulonnage; en second lieu, pour éviter d'avoir à creuser une fosse chaque fois qu'on fait un moule nouveau et enfin, pour recevoir un lit de mâchefer perméable pour le dégagement des gaz.

Fig. 89. — *Élévation.*

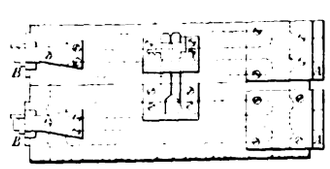


Fig. 90. — *Plan.*

Fig. 89 et 90. — Châssis en bois à charnières.

Pour soutenir le sable dans les châssis, surtout s'ils sont grands, on emploie, en sus des barrettes et des grilles qui en font partie intégrante, des ferrures d'assemblage dites *clous de mouleur.*

En outre des châssis de fonte, on fait des châssis d'acier laminé et soudé, toutefois pour les petits châssis seulement, car ils manquent de la rigidité nécessaire. Dans les pays où le bois est abondant comme au Canada et aux Etats-Unis, on trouve de nombreux châssis en bois surtout dans la fonderie de bronze. Ces châssis (fig. 89 et 90) sont généralement à charnière A avec loquet B. Ils se ferment ainsi instantanément pour le serrage du sable et s'ouvrent pour le démoulage, ce qui permet la coulée en mottes et réduit beaucoup le nombre des châssis nécessaires au travail en série.

Matériel de noyautage et de moulage au trousseau. — Nous avons vu dans ce qui précède comment on prépare, en châssis, les moules qui donnent aux pièces leurs contours extérieurs. Pour ménager les vides intérieurs des moulages, on insère, dans les moules en châssis, des pièces complémentaires appelées *noyaux*. D'autres parties des moules qui ne sont pas destinées à ménager des vides intérieurs doivent parfois être faites de la même façon que les noyaux; ce sont des portions correspondant à des profils en saillie à l'intérieur du moule, en contre-dépouille, et qu'il serait impossible d'obtenir par la méthode de préparation des moules déjà décrite.

Fig. 91. — Grille modèle.

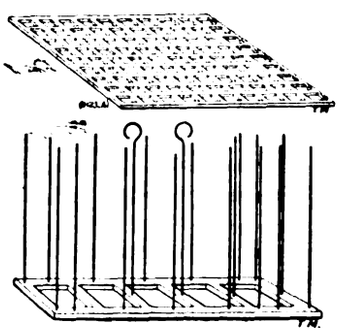


Fig. 92. — Grille horizontale.

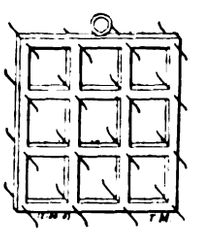


Fig. 93. — Grille verticale.

Ces noyaux et ces parties de moule sont constitués généralement par un squelette ou armature métallique, le plus souvent en fonte. Parfois, on fait usage de *grilles* en fonte, dans lesquelles sont fixés des tiges et des crochets destinés à soutenir le sable ou l'argile qui forme le noyau. Ces grilles peuvent être moulées d'après des modèles en fonte, tels que celui de la figure 91. Un atelier de fonderie disposera d'un jeu de ces grilles-modèles au moyen desquelles il pourra faire des armatures de noyaux de formes variées; on ménagera, en certains endroits, des évidements plus grands, ou on modifiera le contour. La section des barres de ces grilles peut varier de 12 à 35 mm de côté. Les grilles qui s'emploient horizontalement (fig. 92) ou verticalement (fig. 93) sont généralement munies d'œils permettant de les enlever.

Les parties de moule en contre-dépouille s'appuient généralement sur une base pleine en fonte portant des tiges d'armature pour maintenir le sable. Ces plaques de base sont ou rectangulaires, ou façonnées au contour du moule (fig. 94 et 95). Parfois aussi, ces parties de moule sont obtenues par moulage dans des boîtes à noyaux.

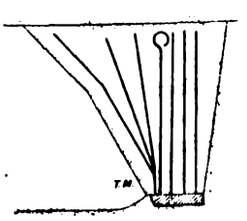


Fig. 94.

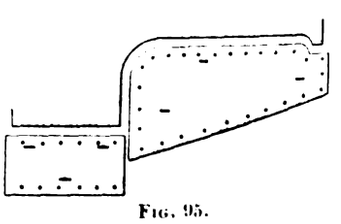


Fig. 95.

Fig. 94 et 95. — Plaques d'armatures de parties en contre-dépouille.

Un autre type d'armature consiste en un corps creux, cylindrique ou conique, percé de trous, appelé *lanterne* (fig. 96 à 98), servant à la confection des noyaux de grosses dimensions. Ces lanternes en fonte ou en tôle sont montées sur des tourillons et souvent munies, à leurs extrémités, d'un carré destiné à recevoir une manivelle en vue de leur façonnage. Sur ces lanternes, on enroule un toron de chanvre ou de foin filé pour empêcher que le sable ne bouche les trous. On les revêt ensuite de la quantité de terre ou de sable voulue et on les façonne sur le tour. Tantôt, on leur donne une forme ayant à peu près le profil intérieur du vide que doit remplir le noyau; tantôt, au contraire, on se contente de lanternes cylindriques que l'on garnit à la demande. Tel est le cas pour la

Digitized by Google

lanterne représentée par les figures 96 et 97. Celle-ci est destinée au moulage de tambours de grues. Le noyau façonné sur ces lanternes comporte une partie centrale large, correspondant au tambour et deux parties cylindriques correspondant aux passages de l'arbre. Le noyau central est maintenu par des grilles circulaires ou plaques de fonte perforées B, entretoisées par des

Fig. 96.

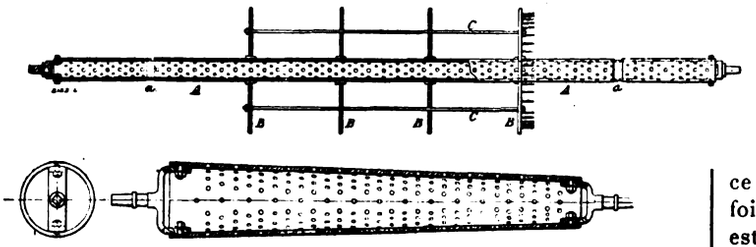


Fig. 97.

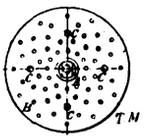


Fig. 98.

Fig. 96, 97 et 98. — Lanternes pour noyaux.

tirants C boulonnés. Ces tirants sont, après moulage, extraits par des trous ménagés dans la pièce à cet effet ; quant aux plaques d'armature du noyau, elles doivent être brisées et, à cette fin, elles sont perforées.

Lorsque le noyau est terminé au tour sur sa lanterne, on le porte à l'étuve, et le chanvre ou le foin se carbonise, en donnant de la porosité à la masse du noyau. Les gaz qui se dégagent du métal peuvent ainsi s'échapper par l'intérieur de la lanterne.

Dans les noyaux de petit diamètre, on substitue aux lanternes creuses des *axes* pleins, en fonte ou en fer, garnis ou non de cannelures et pourvus de tourillons quand le noyau doit être tourné. Quand le noyau est fait en sable dans des boîtes à noyaux, les axes ne comportent pas de tourillons.

Les *boîtes à noyaux* que nous avons déjà mentionnées par deux fois sont de simples moules, souvent en bois, parfois métalliques, dans lesquels on tasse du sable d'étuve à la forme soit des noyaux à produire, soit des pièces accessoires des moules dont il a été question plus haut.

La composition des *sables à noyaux* est très variable. Pour les noyaux cylindriques, on peut employer une composition de : une partie de sable neuf, une partie de sable vieux et une partie de crottin de cheval. On les fait aussi en terre ou en sable mélangé de paille hachée et de matières organiques. On peut se dispenser des armatures en employant notamment quatre parties de sable de rivière et une partie de farine de seigle ou 1 l d'huile de lin. On fait encore des sables à la résine, que l'on agglomère avec de la terre glaise délayée dans l'eau et passée au tamis fin.

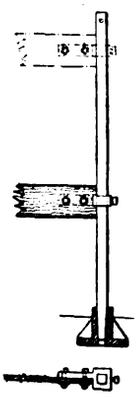


Fig. 99. — Axe de planche à trousser.

Outre le façonnage au tour et le moulage en boîtes à noyaux, il existe encore un autre procédé de préparation des noyaux sur lanternes, c'est le *moulage au trousseau*. Nous en dirons quelques mots ici, car ce genre de moulage, qui dispense de l'emploi des modèles, est employé pour certaines fabrications, telles que celles des poulies de transmission, par exemple. Le moulage au trousseau se fait autour d'un axe sur lequel pivote un volet ayant le profil de la pièce à produire, et qu'on appelle *trousse* ou *planche à trousser*. Dans le tracé de son profil, on tient compte, évidemment, du retrait des pièces à produire. La figure 99 représente un axe ou pivot pour planche à trousser. Cet axe est une barre de fer ronde ou carrée tournant dans une crapaudine enfoncée dans le sol et solidement maintenue ; il porte des colliers, qu'on peut serrer à toute hauteur voulue au moyen de vis, et auxquels on fixe les planches à trousser. Pour les noyaux, cet axe est disposé au centre d'une plaque perforée, de forme variable, suivant que le noyau lui-même doit être évidé. Sur cette plaque, on dispose la lanterne ou l'on construit un noyau en briques ou en pisé. On donne à ce noyau un profil un peu inférieur à celui qu'il doit avoir définitivement, et on le recouvre d'une couche d'argile à laquelle on donne le profil définitif au moyen de la planche à trousser. Cette planche est amincie en biseau le long de son profil pour obtenir un travail net et permettre, en même temps, l'évacuation de l'excédent d'argile.

Pour compléter le chapitre du troussage, nous indiquerons comment, sur un noyau de ce genre, on peut terminer un moule. A cet effet, le noyau une fois obtenu au trousseau de la façon que nous venons d'indiquer, est recouvert de ce qu'on appelle une *fausse pièce*. C'est, en somme, un modèle en sable de la pièce dont on recouvre le noyau, afin de façonner sur le tout le moule extérieur. Cette fausse pièce en sable s'obtient également à l'aide d'une trousse, comme le montre la figure 100. Lorsqu'elle est préparée, on la recouvre d'une *chape* en argile qu'on applique à la main et sur laquelle on tasse le moule en sable. Quand le moule est terminé, on l'enlève et on gratte la fausse pièce, c'est-à-dire qu'on fait disparaître le sable qui la constitue, afin d'obtenir entre le noyau et le moule le vide correspondant à la pièce. Les boîtes à noyaux dont nous avons parlé servent, conjointement au moulage au trousseau, pour obtenir les engrenages.

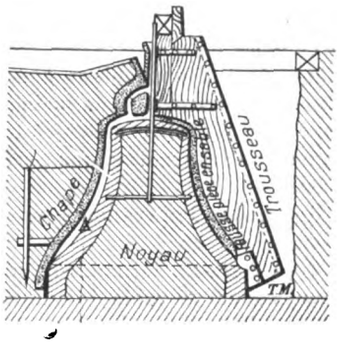


Fig. 100. — Moulage au trousseau. — A, vide obtenu après l'enlèvement de la fausse pièce.

Lorsqu'on a troussé la périphérie, on place sur la circonférence des mottes contenant une ou plusieurs dents et obtenues dans des boîtes à noyaux. Les turbines se troussent de la même façon. On fait également au trousseau des coudes de tuyaux, etc.

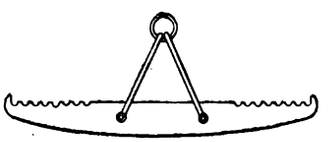


Fig. 101.

Les noyaux sont manutentionnés et transportés à l'aide de dispositifs divers, tels que ceux que représente la figure 101 pour les noyaux cylindriques.

L'outillage du mouleur comporte encore une foule d'accessoires, notamment des *coulées* (fig. 102) généralement coniques A, quelquefois en tronc de pyramide B, pour ménager les trous par lesquels on verse le métal liquide. Afin d'écrémer le métal, c'est-à-dire d'en enlever la scorie qui pourrait être entraînée, on ménage une poche circulaire, par exemple, F (fig. 103) communiquant avec la coulée, d'une part, et avec le moulage, d'autre part. Les raccords de cette chambre à l'entrée et à la sortie sont dirigés tangentiellement, ce qui force le métal à prendre un mouvement giratoire. Le métal plus lourd passe à la périphérie, tandis que la scorie, plus légère, se rassemble au milieu et s'échappe par un orifice ménagé en ce point et par un canal ascendant.

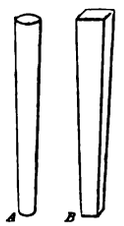


Fig. 102. — Coulées.

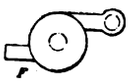


Fig. 103.

Toutes les parties du moule qui doivent être baignées par le métal liquide sont badigeonnées à l'aide d'un *enduit* (noir de fonderie) à

Digitized by Google

base de charbon, destiné à boucher les pores de la surface du moule en même temps qu'à empêcher l'adhérence du sable au métal. Il faut également pourvoir à l'échappement des gaz qui se dégagent de la fonte liquide en voie de solidification. Pour cela, on perce les moules, à l'aide de longues aiguilles, pour y pratiquer des *évents*, ou, comme disent les fondeurs, pour *tirer du vent*. On le fait encore au moyen de petits tubes en fer noyés dans le sable, lorsque les moules de grandes dimensions contiennent des remplissages en mâchefer, brique ou coke.

Les différentes parties du moule sont ensuite séchées soit à l'air, soit à l'aide d'un foyer extérieur, soit encore à l'étuve à 500°. Après quoi, on procède au remoulage, c'est-à-dire à l'assemblage des différentes parties du moule.

Machines a mouler.

Dans le chapitre précédent, nous avons donné, en même temps qu'une description succincte du matériel de moulage à la main, quelques indications pour rappeler les procédés classiques de ce mode de travail. Pour bien comprendre l'utilité et le rôle économique des machines à mouler, il est, en effet, nécessaire d'analyser le travail à la main ; par là, on se rend compte des imperfections inhérentes à ce travail et des économies de temps qu'un outillage mécanique perfectionné doit permettre de réaliser.

Reprenons l'opération complète de préparation d'un moule à la main.

Tout d'abord, le mouleur, plaçant le modèle en bois dans un châssis garni de sable, le noie dans ce sable à peu près à moitié ou jusqu'à la ligne de plus grand diamètre ; ce sable est tassé grossièrement à la main autour du modèle, la surface en est dressée *grosso modo*, puis saupoudrée d'un isolant, destiné à empêcher l'adhérence du sable dont on va ensuite la recouvrir. Le moule ainsi obtenu correspond à la moitié inférieure de la pièce ; il n'est que provisoire et s'appelle la *fausse partie*.

A cette fausse partie, dans laquelle on laisse le modèle, on superpose le châssis de dessus et l'on *serre* le sable sur le modèle. Ce châssis de dessus donne donc la moitié supérieure du moule qu'on retourne. On *cherche* alors *le joint* ; autrement dit, on lisse la surface du sable avec les outils de mouleur jusqu'à ce que la coupe du moule corresponde exactement à la section de plus grand diamètre de la pièce, condition nécessaire pour pouvoir enlever le modèle sans détériorer le moule. On saupoudre le joint d'isolant, on place dans le moule supérieur obtenu le modèle en bois extrait de la fausse partie, on surmonte le tout d'un châssis et l'on y serre du sable de manière à obtenir le moule inférieur. La fausse partie ne servant plus à rien est détruite.

Ainsi, dans l'ensemble de cette opération, nous trouvons trois éléments particulièrement laborieux :

1° *Préparation d'une fausse partie* qui doit être détruite ;

2° *Recherche du joint*, opération délicate, essentielle et longue ;

3° *Serrage du sable* à la main avec assez d'énergie pour que le moule ne se détériore pas dans les manipulations ultérieures.

Nous devons y ajouter une quatrième opération : exécution des *raccords* ou même réparation des parties de sable détachées et tracé des *coulées*.

Quand les deux parties de moule sont terminées, on assemble les châssis, après y avoir placé les noyaux, s'il y a lieu : c'est *le remoulage*.

Le premier moyen de gagner du temps qui se présente à l'esprit, c'est de supprimer la préparation de la fausse partie et la confection du joint, dès qu'on a un certain nombre de pièces identiques à reproduire. Pour cela, on établit une *couche*.

La *couche* n'est autre chose qu'une fausse partie dont le joint est soigneusement défini, et dont le sable est remplacé par une matière plus consistante telle que le plâtre, l'argile ou un mélange de sable et de litharge durci à l'huile. On place le modèle sur cette couche et l'on opère comme précédemment. La même couche sert à la confection de toute une série de moules.

Si, maintenant, des deux parties de moule obtenues par la méthode ordinaire, on prend une empreinte en plâtre ou en métal en fermant le moule par une partie plate, on obtient deux plaques sur lesquelles le modèle apparaît en relief et qui peuvent servir à leur tour à la confection de moules en sable ; ce sont des *plaques-modèles* dites *doubles* (fig. 104), parce qu'il en faut deux pour reproduire un moule. Si l'on accole deux de ces plaques-modèles dos à dos, on pourra utiliser chacune des faces de l'ensemble à la reproduction de l'une des moitiés du moule. Un moyen plus simple d'arriver au même résultat consiste à interposer un cadre d'une certaine épaisseur entre les deux châssis assemblés. On coule alors du plâtre ou du métal dans le moule et l'on obtient une plaque de l'épaisseur du cadre reproduisant sur chacune de ses faces la moitié du modèle.

Le *moulage sur plaques-modèles* fera donc gagner le temps nécessaire à la confection de la fausse partie et à la recherche du joint.

Le *serrage mécanique* du sable dans le moule réalisé d'un seul coup par un moyen quelconque, pression d'un piston mû par l'eau, l'air comprimé ou simplement par levier, devait épargner également un temps précieux et une besogne assez longue. Cependant, ce perfectionnement a été plus long à mettre au point que le moulage sur couche ou plaque-modèle. L'énergie du serrage à la main peut, en effet, être proportionnée à son gré par le mouleur suivant la forme des pièces ; l'expérience lui dicte la mesure nécessaire en chaque point d'un même moule. Le serrage mécanique ne se prête pas à ces nuances et ce fut là une cause d'échec dans les débuts des machines à mouler. Aujourd'hui, on a vaincu cette difficulté et l'on peut dire que le moulage à la machine ne connaît plus d'obstacle insurmontable.

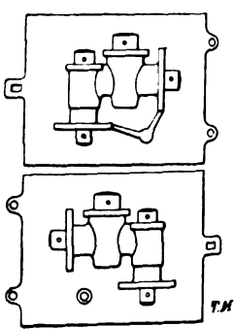


Fig. 104. — Plaques-modèles.

Le *démoulage*, c'est-à-dire la séparation du moule et du modèle, ou de la plaque-modèle, paraît une opération simple et rapide. En réalité, elle est assez délicate. Pour réussir, sans que le moule en souffre de dégradation, nécessitant des *raccords* longs et minutieux, il faut que le démoulage soit fait bien d'aplomb. Le moindre faux mouvement, le plus léger tremblement de la main de l'ouvrier, se traduisent par une dégradation ou une déformation du moule. C'est ce qui a fait, depuis longtemps, rechercher des moyens mécaniques de démoulage et l'on peut dire que l'introduction, dans la pratique de la fonderie, de la simple machine à démouler a été un énorme progrès.

Enfin, pour faciliter le démoulage et soutenir certaines parties du moule, on a imaginé les *peignes*.

Le peigne n'est autre chose qu'une plaque modèle de laquelle on aurait découpé le modèle même, de façon à permettre à ce dernier de la traverser. On comprend que le modèle étant disposé dans l'évidement du peigne, lorsqu'on soulèvera le châssis avec le peigne, ce dernier soutiendra le sable enveloppant le modèle et protégera le moule.

Ces quatre éléments :

1° *Plaques-modèles* ;
2° *Serrage mécanique du sable* ;
3° *Démoulage mécanique* ;
4° *Peignes*,

connus et employés séparément depuis un temps plus ou

Digitized by Google

moins long, ont, par leur combinaison, donné naissance à la *machine à mouler moderne*.

Pour la clarté du sujet, il serait utile de donner ici une classification des machines nombreuses autant que variées qui ont été créées pour réaliser le moulage et le démoulage mécaniques; cependant, nous ne le tenterons même pas. Les autorités en la matière s'accordent, en effet, à reconnaître que toute classification simple et rationnelle est chose impossible et d'ailleurs parfaitement inutile.

Essaie-t-on de considérer les machines au point de vue du *système de démoulage*, — qui peut se faire *au-dessus* ou *au-dessous* de la plaque-modèle, *avec* ou *sans* peigne ? — On réunit dans une même catégorie des machines d'un caractère très différent, quant au mode de serrage, à l'agent moteur et au champ d'action.

De même, lorsqu'on divise les machines d'après leur *mode de commande* : par moteur humain, par pression mécanique, par pression hydraulique, par pression pneumatique, on rassemble en un même groupe les machines les plus dissemblables au point de vue du mouleur.

On n'est pas plus heureux lorsqu'on ébauche une classification d'après le *mode de serrage*.

Nous préférons donc, suivant l'heureuse méthode adoptée par M. E. Ronceray dans une conférence faite par lui, en juin dernier, à Saint-Dizier, au Groupe des fondeurs de Champagne, traiter d'abord isolément les différents facteurs du moulage mécanique pour montrer ensuite, par quelques exemples, la façon dont on peut les combiner dans la pratique.

Démoulage. — Supposons le moule serré à la main ou autrement sur sa plaque-modèle.

Un premier procédé de démoulage consiste à soulever le châssis au-dessus de la plaque-modèle.

Un second, à faire descendre la plaque-modèle en laissant le châssis fixe. Dans l'un et l'autre cas, le moule peut être ou n'être pas soutenu par un peigne.

Le premier système est beaucoup plus employé que le second.

Dans cette opération, lorsque des parties délicates du moule se brisent au démoulage, elles tombent et se perdent, ce qui rend les réparations difficiles. On a donc eu l'idée de reproduire mécaniquement le procédé de démoulage à la main en sortant la plaque-modèle par-dessus, d'où la nécessité de faire pivoter la table de moulage de 180° autour d'un axe horizontal, après avoir claveté le châssis à la table. On appuie sous le moule un plateau de démoulage, on déclavette et l'on sépare le moule de la plaque-modèle, en soulevant celle-ci ou abaissant celui-là. Cela oblige à fixer la plaque-modèle sur une plaque renversable. Naturellement, on utilise la seconde face de la plaque renversable pour y fixer une seconde plaque-modèle. Parfois, la plaque renversable ou table de moulage est réduite à un simple cadre, dans lequel on fixe la plaque-modèle à double face.

La démouleuse pure et simple, — c'est-à-dire la machine qui ne réalise mécaniquement que la seule opération du démoulage, — permet l'emploi de châssis légers et laissant peu de sable autour de la pièce puisque le serrage à la main est conservé. « Remarquons aussi, dit M. Ronceray (1), que, presque toujours, elle permet l'obtention de pièces parfaites si le démoulage est suffisamment précis et les modèles, bien faits. Elle est, de plus, toujours légère et éventuellement transportable, ce qui peut être avantageux pour la suppression d'une partie de la manutention du châssis et du sable que nécessite presque toujours la machine à mouler complète. Elle réalise donc les deux économies principales... »

C'est pour cela que cet éminent spécialiste préfère une démouleuse soignée à une machine à mouler imparfaite, et notamment à celle qui emploie la force humaine comme moyen de serrage. Ces quelques mots suffisent pour expliquer le succès qu'a rencontré la démouleuse, partout où l'on dispose de bons *serreurs* de sable.

Serrage mécanique. — Les différents moyens de serrage mécanique sont :

1° La force humaine, appliquée par des leviers;

2° La pression par un fluide (eau sous pression ou air comprimé);

3° La pression par un moyen mécanique;

4° La gravité.

La force humaine appliquée par leviers est généralement insuffisante pour produire le degré de serrage nécessaire; certaines machines l'utilisent cependant.

Le fluide peut agir par pression sur un piston qui transmet l'effort sur le moule, ou par pression sur une membrane intérieure ou extérieure au moule.

Dans certaines machines américaines, il soulève la plaque-modèle, le châssis et le sable et laisse retomber le tout sur une enclume. Ces machines sont dites « Jarring » ou « Jolt ramming ». Le tassement du sable est produit, en fait, par la pesanteur, d'une façon analogue à celle qu'emploie l'épicier pour tasser de la farine dans un sac en papier en laissant retomber ce sac sur le comptoir. On parvient ainsi à donner au moule une dureté étonnante.

La pression par moyens mécaniques est réalisée de diverses manières, par leviers à genouillère, vis, etc. Certains types allemands, de date toute récente, utilisent même l'énergie électrique.

Il y a encore un autre moyen de produire le serrage du sable, qui consiste à imiter le geste du mouleur serrant à la main une poignée de sable et la lançant avec force sur son modèle.

Dans un certain nombre de machines on utilise pour cela la gravité; le sable serré mécaniquement tombe sur le modèle d'une hauteur de 5 à 6 m.

La grande majorité des machines à mouler sont mues par un fluide sous pression, mais, à cet égard, il y a divergence absolue de vues entre les constructeurs européens et américains.

En effet, tandis que les premiers donnent la préférence à l'eau fortement comprimée (50 à 100 kg) pour produire le serrage, parce que c'est un agent moteur à la fois souple, silencieux, puissant et économique, les Américains paraissent l'ignorer complètement et croient que l'air comprimé dont ils se servent exclusivement est le fluide moteur par excellence, avec lequel l'eau ne saurait rivaliser.

Les résultats remarquables et constants obtenus en divers pays d'Europe par les machines hydrauliques permettent d'affirmer qu'en la circonstance, ce ne sont pas les Américains qui ont raison.

Ces généralités étant exposées, il sera beaucoup plus facile de comprendre le fonctionnement des quelques machines que nous allons maintenant étudier.

(*A suivre.*)

L. Descroix,
Ingénieur,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

(1) *Loc. cit.*

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHIMIE INDUSTRIELLE

Quelques applications industrielles de la chimie des colloïdes.

La chimie colloïdale a réalisé depuis peu d'importants progrès, susceptibles d'applications industrielles immédiates. Nous allons en décrire quelques-unes relatives à la préparation de certains corps minéraux, et à la chimie des colorants.

Préparation de l'or colloïdal. — Nouveau procédé par réduction au moyen du formol.

120 cm³ d'eau provenant de la distillation d'eau, déjà distillée au réfrigérant d'argent, sont chauffés dans un bécher en verre d'Iéna. On ajoute 2 cm³ d'une solution de chlorure d'or, contenant 6 gr de $AuCl^4H.4H^2O$ par litre, et 3 cm³ à 3 cm³,5 de carbonate de soude pur (en solution 0,18 normale). Lorsque le liquide bout, on ajoute par petites portions et en agitant énergiquement 3 à 5 cm³ d'une solution de formol obtenue en étendant à 100 cm³, 0 cm³,3 de solution commerciale de formol. En quelques secondes, la solution devient rouge.

L'auteur a imaginé deux autres procédés. L'un est un perfectionnement de la méthode au phosphore de Gay-Lussac, l'autre est une méthode par germe obtenue par la combinaison des deux méthodes précédentes.

Cuivre colloïdal. — Le cuivre colloïdal présente un grand intérêt parce que son étude complète pourra permettre de déterminer la composition des verres rouge-rubis au cuivre. Paal et Leuze ont obtenu des solutions colloïdales de cuivre possédant une couleur rouge analogue à celle des verres rouge rubis.

Tungstène colloïdal. — Le tungstène colloïdal a une grande importance à cause de son application industrielle à la fabrication des lampes électriques à incandescence. Dans le procédé de Kuzel, le tungstène métallique pulvérisé très finement, est traité alternativement par les acides et par les alcalis. Le grain métallique devient si fin, qu'il passe en solution colloïdale. Par précipitation du sol, on obtient une masse plastique, dont on peut faire des fils fins sans agglutinant. Les lampes faites avec ces fils sont économiques et de longue durée.

Le molybdène, le silicium, le titane, le thorium se prêtent au même traitement.

Pourpre de Cassius. — Ce précipité, employé pour la décoration du verre et de la porcelaine, se prépare comme suit : 200 cm³ d'une solution de 3 gr d'or en $AuCl^4H$ par litre, 256 cm³ d'une solution de 3 gr d'étain en $SnCl^2$ par litre et un léger excès d'acide chlorhydrique sont versés, en agitant énergiquement, dans 4 l d'eau. Après trois jours de repos, le pourpre s'est déposé, on le lave à l'eau et on le sèche. On est arrivé à préparer synthétiquement ce pourpre par mélange d'or colloïdal et d'oxyde d'étain colloïdal. On précipite ce mélange par un acide très étendu. Si on a mélangé des proportions convenables d'or et d'étain, on a une pourpre ayant la même composition que celle qui est préparée par la première méthode. Pour les usages de la céramique, on se sert de pourpre contenant une forte proportion d'étain.

Bleu de tungstène et bleu de molybdène. — Biltz a montré que ces deux colloïdes pouvaient être employés comme colorants inorganiques, et que les colloïdes minéraux sont fixés par la fibre aussi bien que les matières colorantes. La soie, par exemple, est teinte directement. Biltz prépare le bleu de molybdène en réduisant par l'hydrogène sulfuré une solution acidulée de molybdate d'ammoniaque.

Ferrocyanure de cuivre. — Lorsqu'on verse du chlorure de cuivre en solution étendue dans une solution de ferrocyanure de potassium, on obtient un hydrosol brun rouge, qui se trouble et finit par se coaguler par addition de la liqueur de cuivre. Le ferrocyanure de cuivre ainsi obtenu entraîne du potassium, et sa formule générale est : $(FeCy^6)\ Cu_m\ K_n$, dans laquelle $m+\frac{n}{2}=2$.

Cette propriété a beaucoup d'importance en chimie analytique; si l'on essaye de titrer du ferrocyanure de potassium au moyen de chlorure de cuivre, la présence des ions cuivre est indiquée avant qu'une quantité d'ions cuivre correspondant aux ions ferrocyanure ait été ajoutée.

Beaucoup de précipités se comportent d'une façon analogue. C'est ce qui explique pourquoi on n'obtient jamais de résultats exacts dans le titrage des sels de zinc par le ferrocyanure de potassium ou par le sulfite de soude.

Matières colorantes. — Les travaux de Pelet-Jolivet ont conduit à d'intéressantes relations entre l'ascension capillaire d'une part et la coagulation, la teinture et la charge électrique d'autre part.

Il résulte de ces travaux que toutes les influences qui diminuent la charge électrique des molécules colloïdales et qui, par la suite, provoquent la coagulation, favorisent la teinture de la fibre, par des colorants chargés d'électricité de même signe.

Pour la teinture des fibres textiles, il faut observer les règles suivantes :

1° Les acides diminuent la coloration des colorants basiques et favorisent la teinture par les colorants acides. Tous les acides exercent une action semblable pour une même concentration en ions hydrogène. C'est donc l'ion hydrogène qui est actif.

2° Les bases agissent exactement à l'inverse des acides.

3° En ce qui concerne l'action des sels, les ions chargés de signe contraire à ceux de la matière colorante, augmentent la coloration; des ions de même signe diminuent la coloration.

Les ions plurivalents exercent une action plus énergique que les ions monovalents. V. D.

Un nouveau procédé rapide et précis pour doser les traces de fer dans les produits de sucrerie et de raffinerie.

On sait qu'il est intéressant de rechercher les traces de fer dans les produits obtenus en sucrerie et en raffinerie, et ceci aux différents stades de la fabrication. Il a été démontré, en effet, que la coloration grise ou jaune sale que présentent le sucre brut de canne ou de betterave, ainsi que la raffinade (cette coloration est surtout constatée au début de la campagne) est presque toujours produite par la présence d'une teneur anormale en fer. Actuellement, dans les sucreries et dans les raffineries, on détermine cette teneur en fer par l'une des deux méthodes colorimétriques au sulfocyanure ou au ferrocyanure de potassium. Or, ces deux procédés nécessitent la destruction préalable par calcination de la matière organique.

MM. Eastick, Ogilvie et Lindfield (1) ont décrit une méthode qui semble présenter de nombreux avantages. Elle est, au dire des auteurs, rapide, précise et peut être employée directement

(1) *Zeitschrift des Vereins der deutschen Zücker-Industrie*, février 1913.

Digitized by Google

avec la solution des échantillons à examiner (surtout pour les produits obtenus en raffinerie), sans qu'il y ait lieu de faire de calcination. Au reste, il s'agit également d'une méthode colorimétrique qui met en œuvre le sulfure d'ammonium.

On prépare d'abord une solution type de fer contenant 0 gr 00002 de fer par centimètre cube. Pour cela, on prend 10 cm³ d'une solution obtenue en dissolvant 10 gr de sulfate ferreux cristallisé pur dans 1 litre d'eau distillée et on les dilue à 1 000 cm³ par addition d'eau distillée.

On dissout ensuite, dans 100 cm³ d'eau, une prise d'essai de 3 à 10 gr (suivant la teneur présumée en fer) du produit à analyser. Cette solution est faite dans une éprouvette de forme déterminée. Dans des éprouvettes semblables, on prépare d'autres solutions en dissolvant dans 100 cm³ d'eau des quantités croissantes de la solution ferreuse-type. Ceci fait, on verse dans chaque éprouvette 2 cm³ d'une solution de sulfure d'ammonium fraîchement préparée, on agite avec une baguette en verre et on laisse reposer dix minutes. Comme dans le procédé colorimétrique de Nessler pour la détermination de l'ammoniaque libre et combiné, la comparaison des différentes solutions et un simple calcul donnent ensuite la teneur en fer du produit examiné.

M. B.

Procédé de fabrication de la potasse, de la silice et de l'alumine à partir du feldspath.

Voici un procédé très intéressant indiqué par Edward Hart (1):

Le feldspath, qui ne doit pas contenir beaucoup moins de 12 °/₀ de potasse, est fondu avec un poids égal de sulfate de potassium et du charbon. Le produit de cette fusion est pulvérisé très finement, puis traité en vase clos par de l'acide sulfurique dilué. On obtient ainsi, d'une part, un résidu constitué par de la silice très pure qu'on n'a plus qu'à laver et à calciner avant de pouvoir la livrer au commerce et, d'autre part, une solution contenant de l'alun de potasse ainsi que de petites quantités de sulfates d'autres métaux (fer, manganèse, sodium). En se refroidissant, cette solution laisse déposer l'alun, tandis que les autres sulfates restent dissous. L'alun de potasse est recueilli, puis décomposé par chauffage en vase clos et en solution aqueuse avec un excès de sulfure de potassium : l'alumine se précipite avec un peu de soufre (cette alumine peut être transformée facilement par la suite en sulfate d'alumine par dissolution dans l'acide sulfurique dilué). Quant au sulfate de potassium, il reste dans les eaux-mères filtrées.

M. B.

Procédé de cuivrage galvanique des objets en plâtre.

L'objet en plâtre à cuivrer est d'abord chauffé à 50° dans un four bien aéré, puis il est placé dans un bain de paraffine à 50° — 60°. Quand il ne se dégage plus de bulles gazeuses, on l'en retire et on le laisse refroidir. On badigeonne alors sa surface avec une couche mince de collodion photographique ne contenant pas de sels d'argent et dilué dans neuf volumes d'un mélange d'alcool et d'éther. Lorsque cet enduit est sec, on le recouvre de graphite, on assujettit les connexions, on passe une seconde fois au graphite et on termine par une immersion dans une solution à 10 °/₀ de sulfate d'alumine ou d'alun. Ceci fait, on relie l'objet en plâtre au pôle négatif d'une source électrique et on électrolyse, avec 3 volts et 1 ampère par décimètre carré, dans un bain de sulfate de cuivre contenant 5 à 8 °/₀ d'acide sulfurique, l'anode étant constituée par une plaque de cuivre. Il se dépose rapidement sur l'objet en plâtre une mince couche métallique (2).

M. B.

(1) *Journal of Ind. and engin. Chemistry*, t. IV, p. 827.
(2) *Cheminal News*, t. CVI, p. 225).

Méthode simple pour déterminer les points de fusion élevés.

On sait combien on rencontre de difficultés lorsqu'il s'agit de déterminer un point de fusion supérieur à 250° C. Les bains d'huile et d'acide sulfurique, dont on fait ordinairement usage, dégagent des vapeurs abondantes et désagréables aux températures élevées; de plus, ils brunissent rapidement, enfin ils s'échauffent et se refroidissent très lentement. Le bloc Maquenne, qui présente également ce dernier inconvénient, ne se trouve pas dans tous les laboratoires. E. Havas (1) propose donc d'avoir recours dans ce cas à une méthode analogue à celle du bain de mercure, qui est très répandue en France et peu employée en Allemagne, et qui consiste à chauffer le corps à la surface d'un peu de mercure contenu dans un petit creuset. Il remplace le mercure, qui ne saurait plus être employé, à partir de 200°, par un alliage formé de deux parties d'étain et d'une partie de plomb (point de fusion : 170° C).

On remplit de cet alliage fondu un petit creuset de porcelaine ou de nickel, on y introduit le thermomètre, puis on place un petit grain de la substance à la surface du bain et, en chauffant lentement, on arrive très exactement à la température de fusion. On peut de la sorte déterminer des points de fusion, atteignant jusqu'à 450° C, en employant des thermomètres, dans lesquels l'espace libre est rempli d'azote. Après l'expérience, on enlève facilement la pellicule de substance avec une spatule. Quant à l'alliage, il se refroidit en quelques minutes.

M. B.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Dispositif automatique pour la mise à la terre des conducteurs électriques rompus.

Un tel dispositif doit remplir les conditions suivantes :

1° Mise à la terre automatique et sûre des brins rompus par une terre franche;

2° Mise à la terre du conducteur rompu assez rapide pour

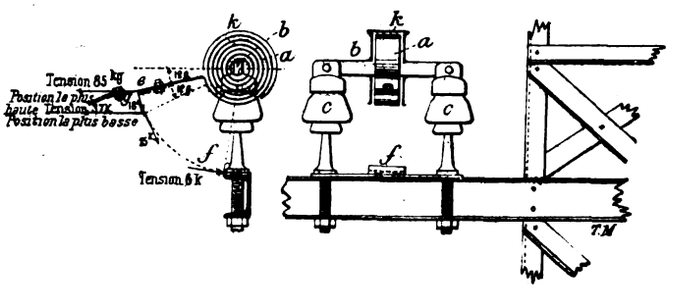


FIG. 1 et 2. — Dispositif système Déthiollaz pour la mise à terre automatique des conducteurs rompus (*vue de côté et vue de face*).

qu'elle ait lieu avant tout contact avec les lignes télégraphiques placées au-dessous et à plus forte raison avec le sol;

3° Eviter dans le dispositif toute articulation que la poussière ou l'oxydation risquerait d'empêcher de fonctionner.

DESCRIPTION DU DISPOSITIF. — La réalisation de ces conditions a conduit M. Déthiollaz (2) à adopter comme dispositif un simple ressort en spirale plat *a*, en acier trempé, calé sur un axe métallique *b*, porté par deux isolateurs *c* (fig. 1, 2 et 3).

L'extrémité libre porte un contact *e*, et une lame flexible *g*, à laquelle est fixée l'extrémité du fil de traversée; cette lame, qui peut suivre, sans grande fatigue du métal, les variations de flèche du conducteur, permettra à l'attache de celui-ci de toujours travailler en traction, ce qui convient mieux à sa raideur.

(1) *Chemiker-Zeitung*, 10 décembre 1912.
(2) *Revue Electrique*, 7 février 1913.

Digitized by Google

Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

Chaque extrémité du conducteur de traversée est fixée à un ressort, qui, de ce fait, se trouve tendu dans des conditions déterminées; si le conducteur se rompt, les deux ressorts se détendent brusquement, en entraînant chacun le brin qui lui est adjacent, et viennent buter contre le contact *f*, relié à la terre; si celle-ci est de faible résistance, les tronçons rompus seront inoffensifs.

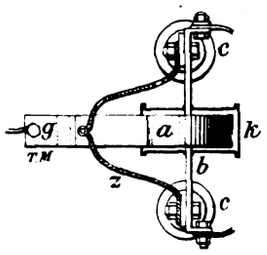


FIG. 3. — Dispositif système Déthiollaz (*vue en plan*).

Le ressort est shunté par un câble en cuivre nu *z*, très souple. La présence de cette espèce de bobine de self n'apportera donc aucun trouble sur les lignes.

Un petit capot *k* empêchera le ressort d'être enrobé par la glace.

Des essais ont permis de constater que les efforts latéraux, provenant de l'action du vent sur le fil, ont peu d'effet sur le ressort : les spires n'ont donc pas besoin de guides sur le côté.

CALCUL DU RESSORT. — Le ressort est déterminé de manière que sa plus faible tension, qui correspond à la flèche maximum du conducteur, soit telle que la durée de sa fermeture de mise à la terre soit très inférieure au temps que met, en tombant, le tronçon rompu pour venir en contact des fils à protéger. On sait que les règlements imposent que les conducteurs d'énergie passent au minimum à 2 m au-dessus des fils longeant les voies ferrées, et, dans les autres cas, à 1 m.

Le ressort n'a à vaincre, en se fermant, que l'inertie du tronçon de fil qu'il entraîne : pour déterminer le temps qu'il mettra à se fermer, il faut donc, pour se placer dans les plus mauvaises conditions, admettre que la rupture a lieu à l'attache située de l'autre côté de la traversée; en un mot, on doit compter que le ressort aura à entraîner la portée entière du conducteur.

Pour fixer les idées, nous prendrons comme exemple une traversée de chemin de fer.

Les traversées de chemin de fer sont habituellement les plus importantes; leur portée varie entre 20 et 30 m, celle des routes dépasse rarement 20 m. C'est pourquoi nous avons choisi 30 m pour notre application. Nous avons compté sur un fil de 6 mm de diamètre; sa section, avec les tensions généralement adoptées, est suffisante pour les plus importants transports d'énergie, attendu que, sur une aussi petite longueur, on peut admettre une densité de courant très élevée.

En pratique, les portées sont souvent plus faibles, notre exemple répond donc à presque tous les cas. En effet, lorsque les fils auront des dimensions inférieures à celles de cette application, il ne peut en résulter, avec un même ressort, qu'une fermeture plus rapide, puisque sa durée est proportionnelle à la masse du fil rompu entraîné par le ressort.

Nous avons alors :

Portée de la traversée.	30 m
Diamètre du fil.	6 mm
Section du fil.	28,27 mm²
Tension minimum du fil.	1,3 kg : mm²
Flèche correspondante, environ. . .	0,65 m
Tension maximum du fil.	3 kg : mm²
Flèche correspondante, environ . .	0,35 m

Il en résulte pour le ressort :

Effort minimum du fil sur le ressort, environ 37 kg correspondant à une tension de ce dernier de.	15 kg
Effort maximum, 85 kg, correspondant à une tension du ressort de.	18 kg
Section de la lame du ressort. . .	70 mm × 4 mm
Nombre de spires.	13
Diamètre extérieur du ressort, environ.	200 mm
Travail minimum du métal par mm².	25 kg : mm²
Travail maximum — —	30 kg : mm²

Cette fatigue est admissible, la charge de rupture de l'acier trempé pour ressort étant comprise entre 110 et 120 kg par millimètre carré.

Il en résulte, pour la durée de la fermeture du ressort, 0,156 sec. environ.

Le fil en tombant, mettra 0,64 sec. pour venir en contact avec la ligne télégraphique, ou autre, placée à 2 m au-dessous du conducteur d'énergie; dans les cas où cette distance est de 1 m, le temps sera de 0,45 sec.

Cette application montre que toutes les traversées rencontrées en pratique, peuvent être protégées à peu de frais par ce dispositif de dimensions restreintes, bien que l'exemple choisi s'applique à une portée qui n'est pas souvent dépassée. D'ailleurs, rien ne s'oppose à l'application de ce système à des portées de 40 ou 50 m et à des fils de section plus forte; le ressort devra être établi en conséquence.

On remarque aussi que la fermeture du ressort sur le contact de mise à la terre a lieu avant que le fil rompu vienne toucher les lignes à protéger, quoique nous ayons adopté l'hypothèse la plus défavorable; dans tous les autres cas de rupture, elle sera encore plus rapide. D.

Variations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif.

M. A. Larsen (1) a étudié par la méthode stroboscopique les variations périodiques d'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif : l'intensité lumineuse d'une lampe Osram de 10 bougies, 220 volts, varie entre 7 et 13, 4 bougies avec un courant de 50 périodes. Les variations sont d'autant plus faibles que le filament est plus gros.

L'intensité lumineuse d'une lampe alimentée par du courant continu est plus faible que celle de la même lampe alimentée par du courant alternatif de même tension effective : ainsi l'intensité lumineuse de la lampe Osram de 10 bougies, fonctionnant avec du courant continu à 220 volts, est multipliée par 1,016 lorsque cette lampe fonctionne avec du courant alternatif à 220 volts et 50 périodes. En pratique, la consommation en watts est la même dans les deux cas.

Une lampe à filament métallique de 10 bougies peut remplacer la lampe à arc à courant alternatif pour l'éclairage des disques à secteurs blancs et noirs employés dans les mesures de glissement. V. B.

Nouvelle utilisation des courants de Foucault.

M. Emile Bachelet a inventé un appareil de transmission électrique qui sert à rendre les corps plus légers tout en les propulsant. M. Bachelet a construit d'abord un premier appareil de démonstration, puis un modèle de voie ferrée en miniature qui lui a servi à montrer comment certaines forces magnétiques peuvent être utilisées, non seulement pour faire mouvoir des corps à des vitesses considérables, mais aussi pour diminuer sur eux l'effet de la pesanteur, en les maintenant, en quelque sorte, en équilibre dans l'air. (Force de soulèvement ou d'allègement.)

Il s'agissait d'employer, pour en tirer un résultat utile, les courants de Foucault dont l'influence nuisible dans les moteurs, et en général dans la plupart des appareils électriques, cause tant d'ennuis aux constructeurs. M. Bachelet a fait de curieuses

1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 27 février 1913.

Digitized by Google

recherches sur la manière dont se comportent ces courants parasites par rapport aux divers métaux.

Dans les électro-aimants, construits en vue de ses essais, M. Bachelet emploie un courant alternatif monophasé de 60 périodes à 220 volts et 5 ampères. Au moyen d'un interrupteur synchrone, de son invention, il est parvenu à faire monter le voltage à 400 volts. Donc, en employant un courant faible, on peut créer, au moyen de l'interrupteur spécial, un courant engendrant une force de soulèvement trois fois plus forte; inversement, si l'on a besoin d'un courant de voltage donné, on peut l'obtenir en partant d'un courant initial trois fois plus faible. Les métaux magnétiques et anti-magnétiques ont donné lieu, de concert avec ces électro-aimants, à des forces d'allègement d'intensités variables. L'aluminium est, de tous les métaux anti-magnétiques essayés, celui qui donne lieu aux forces de soulèvement les plus intenses.

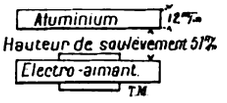


FIG. 1. — Soulèvement d'un disque d'aluminium par les courants de Foucault.

Suivant que l'aluminium est placé au-dessus ou au-dessous de l'électro-aimant, il est soulevé par rapport à lui ou il le soulève (fig. 1).

La figure 2 représente le dispositif imaginé par M. Bachelet et réalisé dans son laboratoire pour démontrer la possibilité d'utiliser pratiquement le phénomène. AAA sont les électro-aimants de soulèvement, avec simple enroulement primaire et noyau de fer doux. Les électro-aimants sont excités, par groupes de huit, au moyen de balais placés aux angles de la plaque d'aluminium D, et que des ressorts maintiennent en contact avec le rail qui sert à la transmission du courant. Ces organes ne supportent donc d'autre charge que la légère pression des ressorts quand le véhicule est en équilibre dans l'air. E est un rail guide. En couplant les électro-aimants par groupe de huit, on économise de l'énergie, et le véhicule désaimante le groupe sur lequel il vient de passer en préparant l'aimantation du groupe sur lequel il va passer.

Le véhicule B est représenté principalement par un cylindre

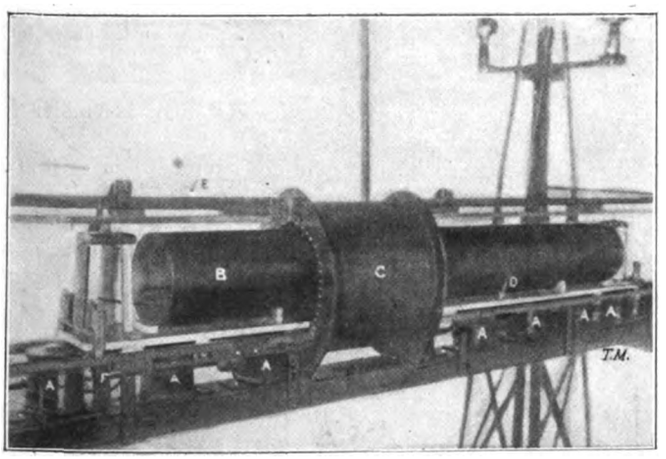


FIG. 2. — Dispositif de laboratoire pour adapter l'emploi des courants de Foucault à la propulsion d'un corps mobile.

en fer pesant environ 20 kg. La hauteur de soulèvement au-dessus des électro-aimants est de 12 mm. On pourrait aussi faire porter les électro-aimants par le véhicule et les soulever par rapport à des plaques fixes d'aluminium. M. Bachelet, dans l'*Engineer*, prévoit qu'on pourrait fonder sur ce principe un mode de transport des voyageurs et des marchandises, susceptible de permettre la réalisation de vitesses dépassant 250 km à l'heure.

C. L.

HYDRAULIQUE

Boîte de retenue pour conduite d'eau.

Indépendamment des graviers que l'on fait déposer dans des chambres de décantation, les eaux canalisées dans les conduites de fort diamètre entraînent avec elles des détritus flottants, plus ou moins volumineux, que l'on est obligé d'arrêter avant qu'ils arrivent sur les appareils récepteurs : roues, turbines, etc. La société des Fonderies et des Ateliers de Construction de Machines Rosedale (North Side, Pittsburgh, Pennsylvanie) a établi à cet effet une boîte de retenue qui paraît particulièrement bien comprise et dont nous donnons ici le dispositif (1).

L'appareil (fig. 1) se compose d'une boîte en fonte à deux tubulures, l'une pour l'arrivée de l'eau, l'autre pour la sortie. Les flèches tracées sur la figure indiquent le sens de la marche de l'eau. Celle-ci traverse la boîte en passant dans un cylindre perforé, en cuivre ou en laiton, qui laisse échapper le liquide, mais retient toutes les impuretés que ce liquide transporte avec lui : feuilles mortes, débris de bois, d'écorces, etc.

Les impuretés ainsi arrêtées sont poussées hors du cylindre, au moyen d'une palette en hélice montée sur un arbre manœuvré à l'aide d'un volant; elles sont recueillies dans un récipient placé en contre-bas du cylindre perforé. Lorsque ce récipient est plein, on abaisse sur son orifice le clapet que l'on voit à gauche de la figure, et on le ferme ainsi, pour interrompre la communication avec le courant de l'eau qui passe dans le corps principal de la boîte de retenue. Le récipient en question se trouvant de la sorte, isolé, on enlève son tampon de fermeture placé sur le côté; ce tampon est muni, à cet effet, de deux poignées, dont une est figurée sur le dessin (fig. 1). On débarrasse ensuite le récipient des détritus qui y sont accumulés.

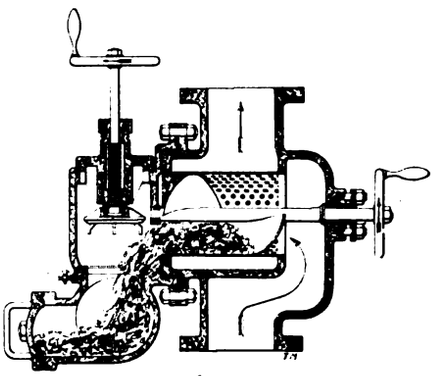


FIG. 1. — Boîte de retenue pour conduite d'eau.

Après avoir vidé le récipient et avoir replacé son tampon de vidange, on remonte le clapet, et l'appareil — qui d'ailleurs n'a pas cessé de donner passage au courant d'eau — est prêt à se remplir de nouveau.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure, l'appareil est construit simplement mais solidement; les assemblages des diverses parties sont disposés de manière que le tout soit bien étanche.

La palette en hélice est montée avec très peu de jeu dans le cylindre perforé; son arbre tourne dans des bagues en bronze dont l'une forme presse-garniture. De même, la vis de manœuvre du clapet tourne dans un écran en bronze et dans un presse-garniture.

Un robinet d'air se trouve placé sur le récipient, en vue de faire disparaître le vide qui pourrait régner dans celui-ci et qui empêcherait l'enlèvement du tampon de vidange. P.-B. D'A.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Raccords filetés pour jonctions de tuyaux.

Les raccords filetés servant à joindre deux tuyaux ont été fabriqués, pendant longtemps, comme le montrent les figures 1

(1) Voir *Power*, 31 décembre 1912, p. 965.

Digitized by Google

et 2 ci-dessous, c'est-à-dire avec des surfaces de joints planes, et normales à l'axe des tuyaux. Pour assurer l'étanchéité du joint, dans ce genre de raccords, il est nécessaire d'interposer entre les faces planes des deux demi-raccords, une rondelle spéciale (voir fig. 1), dont la nature varie d'après celle du fluide circulant dans les tuyaux, d'après la pression de ce fluide, etc.

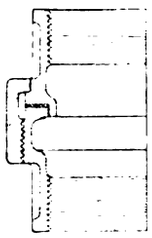


Fig. 1. — Raccord à joint plat avec une seule rondelle.

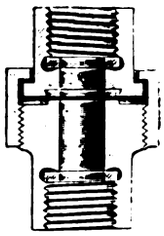


Fig. 2. — Raccord à joint plat avec trois rondelles.

Les rondelles habituellement employées sont en cuivre, en métal mou, en amiante, en cuir, en caoutchouc, etc. Elles bouchent les interstices qui restent entre les surfaces métalliques, et, surtout, elles rachètent les différences de parallélisme que présentent inévitablement ces surfaces, soit au moment de la pose, soit à la suite des vibrations des tuyaux, de leur dilatation, etc. Ces rondelles étant plus ou moins élastiques, il devient nécessaire, le plus souvent, de les resserrer, quelque temps après la pose, sous peine de voir se déclarer des fuites aux joints.

Parfois, pour donner aux joints une étanchéité plus grande, on ne se contente pas d'interposer une rondelle entre les deux demi-raccords, comme dans la figure 1, on en place une également, entre chaque tuyau et le demi-raccord sur lequel il est vissé; c'est ainsi qu'est disposé le joint représenté par la figure 2. Nous devons dire, cependant, que cette précaution est exagérée : si l'assemblage du tuyau et du demi-raccord est constitué par un filetage suffisamment précis et légèrement conique, il n'y aura pas de fuite entre les parties filetées; il ne pourra s'en produire qu'entre les surfaces planes et les faces de la rondelle qui les sépare.

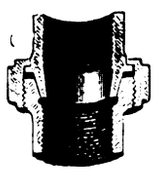


Fig. 3. — Raccord à joint conique.

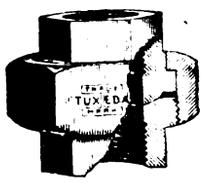


Fig. 4. — Raccord à joint sphérique.

L'expérience a montré, en effet, que l'imperfection des joints de ce genre provient uniquement du manque de parallélisme des surfaces jointives et de l'inégalité de serrage des rondelles placées entre ces surfaces. Pour remédier à ce défaut, il fallait supprimer la rondelle, ce qui diminuait de moitié le nombre des surfaces de joint, et, par suite, les chances de fuite; il fallait obliger les deux demi-raccords à venir au contact l'un de l'autre, sans craindre un défaut de parallélisme; il fallait, enfin, que le contact des deux surfaces métalliques fût assez intime pour qu'aucune fuite ne pût se déclarer entre elles.

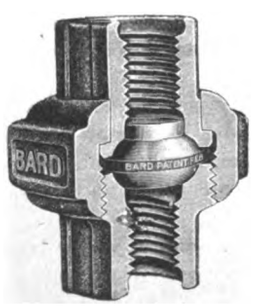


Fig. 5. — Raccord à bague bisphérique pour tuyaux en fer (conduite de vapeur).

Le triple résultat qui vient d'être indiqué est obtenu par l'emploi du joint conique dont un spécimen est représenté par la figure 3. Dans ce joint, le serrage de l'écrou, en faisant pénétrer les deux demi-raccords l'un dans l'autre, les coince, pour ainsi dire, ce qui émousse les aspérités des surfaces, polit celles-ci et produit leur adhérence intime, d'où résulte une étanchéité parfaite. Afin d'avoir toute certitude au sujet de la bonne tenue du joint, on recouvre les surfaces d'une légère couche de céruse, de blanc de zinc, de graisse graphitée, etc.

Pour que ce joint donne de bons résultats, il est indispensable que les axes des deux demi-raccords soient parfaitement dans le prolongement l'un de l'autre, ce qui exige une certaine précision dans l'exécution. Il arrive aussi que les tuyaux en se dilatant, ou en se déformant, font subir aux deux demi-raccords un déplacement qui les désaxe; or, le moindre défaut de coïncidence entre le cône mâle et le cône femelle peut amener une fuite. C'est là une cause d'ennuis lorsqu'on emploie des raccords à joint conique. Pour parer à cette difficulté,

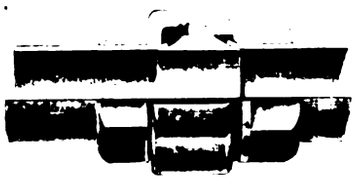


Fig. 6. — Raccord à bague bi-conique pour tuyaux en cuivre (conduite d'eau chaude).

Fig. 7. — Raccord à bague bi-conique pour tuyaux en plomb (conduite d'eau froide).

on a abandonné l'emploi des assemblages coniques et on a adopté des joints à surfaces sphériques : celles-ci donnent au joint une certaine élasticité et permettent un léger désaxement sans risques de fuites.

L'emploi des joints sphériques ne coûte pas plus, d'ailleurs, que l'emploi des joints plats et des joints coniques. Grâce à la création d'un outillage perfectionné, précis et à grande production, la fabrication des menus objets de ce genre est peu coûteuse.

Parmi les raccords à joint sphérique, il faut distinguer ceux qui se composent de deux demi-raccords, l'un mâle et l'autre femelle, disposés comme celui de la figure 4 ci-contre, et ceux qui sont formés de deux demi-raccords femelles entre lesquels on interpose une bague à profil sphérique. La figure 5 représente un raccord à bague de ce genre, tel qu'on l'emploie habituellement pour assembler les tuyaux en fer des conduites de vapeur.

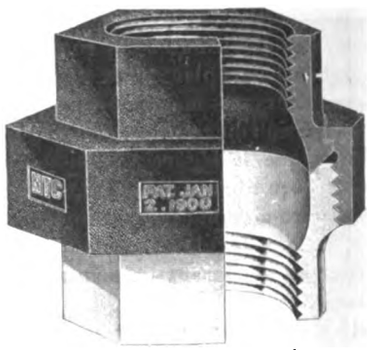


Fig. 8. — Raccord à joint sphérique partie en bronze et partie en fer ou en fonte malléable.

A titre de comparaison, nous donnons sur les figures 6 et 7, deux joints à bague employés l'un pour les tuyaux en cuivre des canalisations d'eau chaude, et l'autre pour les tuyaux en plomb des canalisations d'eau froide. Dans ces deux joints, la bague ne joue pas seulement un rôle au point de vue de l'étanchéité : elle sert également à retenir les tuyaux qui, en raison de la nature du métal, ne peuvent être filetés comme les tuyaux en fer ou en acier qui se montent sur le raccord représenté par la figure 5.

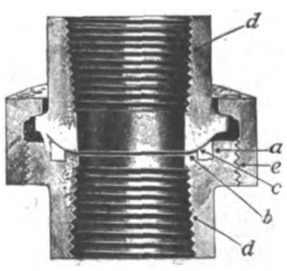


Fig. 9.

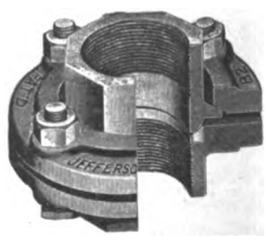


Fig. 10.

Fig. 9 et 10. — Raccords à joint sphérique munis d'une simple bague en bronze. — *a*, bague en bronze sur laquelle se fait le joint; *b*, épaulement qui doit rester en contre-bas de la surface de joint; *c*, surface sphérique *d*, filetages coniques; *e*, filetage cylindrique.

Digitized by Google

La construction des raccords à joint sphérique, tel que celui de la figure 4, a donné lieu à des variantes qu'il est intéressant de noter. C'est ainsi que la figure 8 représente un raccord formé de deux demi-raccords, dont l'un est en fer ou en fonte malléable, tandis que l'autre est en bronze; ils sont réunis par un écrou en fer ou en fonte malléable. Le joint fer ou fonte sur bronze est très

FIG. 11. — Raccord à écrou.

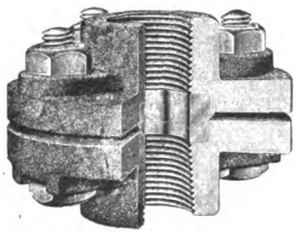


FIG. 12. — Raccord à brides.

FIG. 11 et 12. — Raccords à joint sphérique munis de deux bagues en bronze.

étanche; il ne s'oxyde pas; il donne un serrage doux; il est donc naturel que, par raison d'économie, on ait exécuté en fer ou fonte deux des pièces du raccord tandis que la troisième restait en bronze.

On est même allé plus loin : afin de réduire la quantité de bronze entrant dans la composition du raccord, on a fait les trois pièces en fer (ou en fonte), et on s'est contenté d'insérer dans l'une d'elles une bague en bronze sur laquelle se fait le joint à portée sphérique. Tel est l'exemple montré par la figure 9. On conserve ainsi au joint sa douceur, sa facilité de serrage, son inoxydabilité, tout en diminuant considérablement son prix de revient.

La figure 10 représente un joint du même système que celui de la figure 9, mais dont le serrage, au lieu d'être fait par un écrou fileté, est obtenu au moyen de brides et de boulons.

Le joint « fer sur bronze » est excellent, avons-nous dit; le joint « bronze sur bronze » est encore meilleur; aussi, malgré une légère augmentation du prix de revient, emploie-t-on assez souvent des raccords où une bague en bronze est insérée dans chacun des demi-raccords, comme le montrent les figures 11 et 12.

Le bon effet des bagues sphériques est tel, qu'on en a étendu l'emploi non seulement aux jonctions de tuyaux filetés, c'est-à-dire de moyens diamètres, mais encore aux gros tuyaux dont les assemblages se font à l'aide de brides et de boulons, tels que ceux des prises de vapeur de machines, des conduites d'échappement, etc. Les constructeurs qui établissent leurs joints de tuyauteries à l'aide de bagues sphériques sont aujourd'hui fort nombreux. P. B. d'A.

Tocs de sûreté.

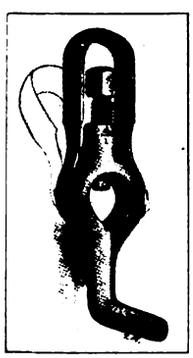


FIG. 1. — Toc muni d'un étrier protecteur.

A la suite d'un précédent article (1) sur les tocs de sûreté, plusieurs lecteurs nous ont écrit : « les tocs que vous préconisez sont assurément ceux qu'il faut employer désormais pour éviter tout accident; mais, nous avons dans notre outillage un grand nombre de tocs établis suivant l'ancienne forme, nous ne devons pas songer à les mettre au rebut et à les remplacer par d'autres; ce serait une dépense vraiment trop forte ! »

A cela, nous répondrons : une dépense de quelques centaines, voire même d'un millier de francs, n'est rien, si elle doit vous éviter un accident, qui, d'ailleurs, peut avoir des conséquences pécuniaires fort importantes.

Aux industriels qui ne peuvent se décider à procéder au remplacement de leurs anciens tocs, nous indiquons une mesure moins radicale qui est cependant de nature à leur donner plus de sécurité; elle consiste :

Soit à ajouter au toc un étrier protecteur qui supprime, pour ainsi dire, la saillie dangereuse de la vis (fig. 1). Cet étrier est articulé; on lui fait prendre la position indiquée en pointillé, lorsque la tête de la vis doit être manœuvrée avec une clef.

Soit à enlever la vis à tête saillante (A de la figure 2), et à la remplacer par une vis creuse (B de la même figure), entièrement noyée dans le bossage du toc.

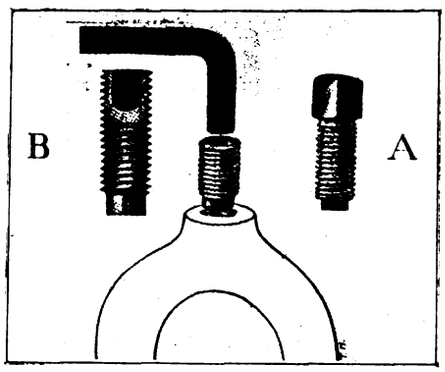


FIG. 2. — Toc dont la vis à tête saillante a été remplacée par une vis creuse noyée.

L'une ou l'autre de ces modifications est de nature à améliorer considérablement les conditions de sécurité des anciens tocs. Ces modifications sont d'ailleurs peu coûteuses. P. B. d'A.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 2 (15 juillet 1912), p. 71.

MÉTALLURGIE

Prix de revient de l'épuration des gaz de hauts fourneaux (1).

Frais d'exploitation de l'épuration au premier degré. — On considère le cas de *trois hauts fourneaux* passant chacun 100 t de coke par vingt-quatre heures et produisant $3 \times 20\,000 = 60\,000$ m³ de gaz par heure (production réelle $3 \times 18\,750 = 56\,250$ m³) :

a) *Main-d'œuvre.*

2 mécaniciens à 4 fr	8 fr	par jour
2 aides à 2,50	5 »	—
Soit.	13 fr	—

b) *Matières diverses.* — Huile de graissage des ventilateurs et de leurs électromoteurs, étoupes, etc., 4 fr. 50 par vingt-quatre heures.

c) *Force motrice.* — La dépense de force comporte : 1° la force nécessaire pour élever l'eau d'épuration des colonnes et des ventilateurs; 2° celle des ventilateurs.

Le *volume d'eau* maximum, à élever uniformément à 30 m de façon à obtenir une pression de 10 à 15 m en haut des colonnes, comprend, pour 60 000 m³ de gaz-heure :

Pour les refroidisseurs.	$60\,000 \text{ m}^3 \times 2\,l =$	120 000	l-h
Pour les ventilateurs. .	$60\,000 \text{ m}^3 \times 1{,}5 =$	90 000	—
Soit en tout		210 000	—

La force nécessaire aux pompes centrifuges actionnées par électromoteurs étant d'environ 0,2 kw par mètre cube d'eau (prix du kilowatt-heure admis : 0 fr 04), la dépense horaire est de :

$(210 \times 0{,}2 \times 0{,}04)$	1,68
Les trois *ventilateurs* consomment 70 ch, soit en tout $3 \times 70 = 210$ ch correspondant à $210 \times 0{,}680 = 142{,}8$ kw-h à 0,04, soit	5,72
Dépense de force motrice par heure	7,40
Soit en pleine marche en 24 heures.	177,60

d) *Entretien et réparations.* — Dans une installation comprenant : 1° des refroidisseurs à colonnes sans claies; 2° des pompes et des ventilateurs actionnés par électromoteurs à courant continu bien protégés : 4 fr. 90 par jour.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 6 (15 mars 1913), p. 230, et *La Revue de Métallurgie*, 10 octobre 1912, p. 771.

Digitized by Google

Les frais d'exploitation bruts de l'épuration au premier degré par voie humide s'établissent donc comme suit par vingt-quatre heures :

a) Main-d œuvre proprement dite	13 fr
b) Matières diverses pour graissage, etc . . .	4,50
c) Force motrice (voir ci-dessus).	177,60
d) Entretien, réparations, imprévus	4,90
Frais bruts par 24 heures.	200 fr
Frais annuels (365 jours). . . . 73 000 fr	

Le volume de gaz réel par heure pour les trois hauts fourneaux étant de 56 250 m³, et la dépense horaire correspondante de 200 : 24 = 8 fr 33, il en ressort une dépense brute, pour 1 000 m³ de gaz, de 0 fr 08. Les frais d'enlèvement des boues et des poussières sèches sont évalués à 0 fr 08 pour 1 000 m³ de gaz. Les intérêts et amortissements varient avec les circonstances telles que : importance des usines, longueur des tuyauteries, emplacement choisi pour l'épuration par rapport aux anciennes tuyauteries, existence ou suppression des bassins de décantation; admettons pour fixer les idées un chiffre de 0 fr. 10 : nous trouvons que les frais d'exploitation *nets* pour l'épuration de 1 000 m³ de gaz au premier degré s'élèvent au maximum à (0,148 + 0,08 + 0,10) = 0 fr 328, chiffre établi sur la base des conditions les plus défavorables.

Evaluation des avantages de l'épuration au premier degré. — Etant donnée l'importance des frais annuels d'exploitation d'une épuration par voie humide au premier degré, on pourrait renoncer à son installation, si l'on ne se rendait pas compte des avantages indiscutables qu'elle procure malgré l'importance des frais annuels, et qui sont :

a) Economie de gaz aux appareils à air chaud ou augmentation de la température du vent;

b) Economie de gaz et augmentation de vaporisation aux chaudières;

c) Possibilité d'appliquer l'épuration au second degré et, par suite, d'employer des moteurs à gaz moyennant une dépense supplémentaire relativement peu élevée.

Si l'on examine les avantages ci-dessus pour le cas particulier de trois hauts fourneaux de 100 t chacun, produisant ensemble 56 250 m³ de gaz par heure, on trouve les chiffres suivants :

a) *Appareils à air chaud.* — Pour une élévation de température du vent de 100°, l'*économie de coke* est de 50 kg par tonne de fonte, en partant d'une température de 650° à 700° pouvant être portée facilement à 750° et 800° dans des appareils à air chaud de dimensions données; en prenant pour base le prix de 20 fr par tonne pour le coke, on obtiendrait, au cas d'une mise au mille de coke de 1 000 °/₀₀, une économie par tonne de fonte de 0,050 × 20 = 1 fr, soit 100 000 fr pour une production annuelle de 100 000 t.

La question d'économie de coke peut ne présenter qu'un intérêt relatif, mais l'emploi du gaz épuré aux appareils Cowper donne une disponibilité de gaz supplémentaire utilisable pour produire de la force motrice; la balance des gaz pour les trois fourneaux considérés s'établit comme suit :

	SANS ÉPURATION	AVEC ÉPURATION au 1er degré
Consommation des appareils Cowper.	50 °/₀ = 28 125 m³	40 °/₀ = 22 500 m³
Disponibilité pour force motrice	50 °/₀ = 28 125	60 °/₀ = 33 750
Gaz total par heure. .	56 250 m³	56 250 m³

Le volume de gaz supplémentaire produit par l'épuration soit (33 750 — 28 125) = 5 625 m³ par heure, vaporisant sous des chaudières (5 625 : 1,2) = 4 687 kg d'eau par heure, représente, raison de 3 fr par tonne de vapeur, une économie horaire de 14 fr 06, soit, pour un an (6 000 heures), 84 000 fr, permettant d'amortir en un an les frais de toute l'épuration au premier degré évalués ci-dessus à 73 000 fr.

On bénéficie également de la suppression du nettoyage des appareils Cowper et de la durée indéfinie des empilages, pourvu que le fonctionnement de l'épuration et la combustion aux appareils soient convenablement réglés et contrôlés.

b) L'économie produite par la *vaporisation* meilleure des *chaudières*, brûlant du gaz épuré, est très importante : elle doit être calculée sur un volume de gaz disponible de (33 750 — 5 625) = 28 125 m³ par heure; on trouve alors pour la production de vapeur par heure :

Sans épuration. .	28 125 : 2 = 14 062 kg
Avec épuration. .	28 125 : 1,2 = 23 437
Soit une augmentation de . . .	9 375 kg de vapeur par heure

qui, à raison de 3 fr par tonne de vapeur et de six mille heures de marche par an, représentent une valeur de 168 750 fr, venant s'ajouter à l'économie réalisée pour les appareils Cowper. L'épuration des gaz au *premier degré* à 0 g 5 de poussières dans une usine à trois hauts fourneaux de 100 t, sans tenir compte de l'économie de coke possible, procurera donc l'économie annuelle suivante :

Consommation moindre aux appareils Cowper	84 000 fr
Vaporisation meilleure aux chaudières. . .	168 750
Réduction des frais d'entretien aux appareils Cowper et aux chaudières	7 250
Economie brute annuelle	260 000
Frais de l'épuration, boues, etc., maximum à déduire	80 000
Économie nette	180 000
Représentant les intérêts d'un capital d'environ	3 500 000 fr

ÉPURATION AU SECOND DEGRÉ PAR VOIE HUMIDE. — Pour consommer, dans des moteurs à gaz, les gaz rendus disponibles par l'épuration au premier degré, il faut épurer au second degré les gaz destinés à alimenter les moteurs (machines soufflantes de hauts fourneaux ou de Bessemer, dynamos génératrices de force électrique, ou machines de trains de laminoirs).

L'épuration est susceptible de procurer des avantages importants, mais on doit tenir compte, pour chaque usine, des conditions spéciales dans lesquelles on se trouve.

Installation de l'épuration au second degré. — Lorsqu'une usine dispose d'une épuration au premier degré, l'installation d'une épuration au second degré ne présente aucune difficulté; les appareils traitent, en effet, du gaz déjà épuré (teneur maximum en poussières : 0 g 5 par mètre cube), dont la teneur finale ne devra pas dépasser 0 g 03 pour réduire au minimum les frais d'entretien des moteurs à gaz, tout en leur assurant un fonctionnement ininterrompu et une sécurité de marche comparable à celle des machines à vapeur.

L'épuration au second degré s'effectue au moyen d'appareils *Theisen*, dont les caractéristiques sont les suivantes :

	GAZ ÉPURÉ par heure	NOMBRE de tours par minute	FORCE en chevaux nécessaire	FORCE correspond. des moteurs à gaz
Petit modèle I. .	1 000 à 2 000 m³	700	20 à 25 ch	600 ch
Modèle III. . . .	6 000 à 9 000	450	50 à 60	3 000
Modèle IV. . . .	13 000 à 18 500	380	80 à 100	6 000
Grand modèle V.	24 000 à 30 000	300	140 à 155	10 000

La consommation d'eau correspondante (épuration au second degré) comporte de 0l8 à 1l25 par mètre cube de gaz, pour un degré d'épuration de 0 g 01 à 0 g 03 par mètre cube, suivant la nature des poussières. Ces appareils, donnant lieu à des entraînements d'eau considérables, sont munis de séparateurs d'eau.

Dans beaucoup d'usines, on emploie simplement pour épurer les gaz au second degré des *ventilateurs* à force centrifuge (types *Schiele*, *Zschokke*, *Dinnendahl*, etc.) comportant une injection d'eau au-dessus de l'arbre avec un nombre de tours élevé, de

Digitized by Google

façon à projeter contre les parois avec le maximum d'énergie; les poussières légères en suspension dans le gaz qu'on amalgame ainsi avec l'eau injectée par les pulvérisateurs.

Les caractéristiques d'un ventilateur Schiele au second degré traitant 4500 m³ de gaz par heure (un moteur à gaz de 1 500 ch), sont les suivantes :

Nombre de tours par minute	1 300
Différence de pression	150 mm d'eau
Force nécessaire	12 à 15 ch

L'injection d'eau comporte dans ces appareils environ 1 litre par mètre cube de gaz, et le degré d'épuration atteint de 0 g 02 à 0 g 05, suivant la nature des poussières à traiter.

S'il s'agit de poussières légères, on fait passer le gaz dans deux ventilateurs du second degré conjugués, le refoulement du premier aboutissant aux ouïes du second, disposition compliquée qui est inutile dans la plupart des cas.

Si les moteurs se trouvent près de l'épuration, on emploie pour les ventilateurs des caisses de refoulement servant de séparateurs d'eau ou des filtres comportant deux claies superposées, garnies d'une couche de copeaux provenant du rabotage mécanique d'un bois dur; le gaz traversant ces filtres du haut en bas y abandonne la totalité de l'eau entraînée, qui s'écoule sur le fond incliné du compartiment et par un tuyau en siphon; les poussières fines étant retenues dans le ventilateur-épurateur au second degré, il ne s'en dépose que des traces sur le filtre qui doit être rarement rechargé.

Frais d'exploitation de l'épuration au second degré par voie humide. — Le choix des appareils épurateurs et le volume de gaz à traiter ont une grande influence sur l'importance de ces frais.

Supposons, par exemple, que la totalité des gaz disponibles de trois fourneaux de 100 t (30 000 m³ par heure), soit appliquée à des moteurs à gaz, développant pour le soufflage des fourneaux et pour la production de force électrique, une force totale sur les arbres des moteurs de 30 000 : 3 = 10 000 ch effectifs. Les frais peuvent être évalués comme suit :

a) *Main-d'œuvre.* — Cette dépense est nulle, si les appareils épurateurs du second degré sont disposés rationnellement dans le même bâtiment que ceux du premier degré, les mêmes mécaniciens pouvant être, en effet, chargés de tout le service; ces appareils ne demandent aucun travail de nettoyage, mais seulement une surveillance suffisante, de même que ceux du premier degré, pour lesquels la main-d'œuvre a été largement comptée à cet effet.

b) *Matières diverses.* — On comptera pour l'huile de graissage, les étoupes, etc., un maximum de 4 fr par vingt-quatre heures moteurs électriques et ventilateurs munis de paliers graisseurs automatiques).

c) *Force motrice.* — Cette dépense comprend, de même que pour le premier degré, deux facteurs distincts, savoir : 1° eau d'injection; 2° appareils épurateurs proprement dits.

Le *volume d'eau* peut être évalué à 1 l par mètre cube de gaz; et il est préférable de prélever cette eau sur la conduite du bassin sous pression de 30 m; on trouve, dans le cas considéré, pour 30 m³ d'eau nécessitant environ 8 kw à 0 fr 04 = 0 fr 32 par heure, soit, pour vingt-quatre heures de pleine marche, 7 fr 70.

La force motrice proprement dite des épurateurs comporte (appareils Theisen) environ 140 à 150 ch; les ventilateurs Schiele simples n'absorbent que 108 ch; si l'on admet un maximum de 150 ch, soit environ 100 kw à 0 fr 04, la dépense correspondante sera de 4 fr par heure, ou bien, pour vingt-quatre heures de pleine marche, 96 fr.

d) *Entretien et réparations* : Ces dépenses très faibles peuvent être évaluées, y compris les imprévus, à 3 fr 30 par jour au maximum.

Dans ces conditions, le total est de :

a) Main-d'œuvre (comptée au premier degré)	» »
b) Matières diverses	4 fr
c) Force motrice (eau d'épuration)	7,70
— (épurateurs proprement dits)	96 »
d) Entretien, réparations et divers	3,30
D'où dépense totale par 24 heures	111 fr

Soit 4 fr. 63 par heure de marche ou bien 0 fr 154 pour 1 000 m³ de gaz par heure. La dépense annuelle pour 6 000 h de marche de tous les moteurs développant 10 000 ch, atteindrait donc 27 780 fr pour l'épuration au second degré proprement dite.

Si l'on tient compte de la quote-part des frais d'épuration au premier degré, il y a lieu d'ajouter à ce chiffre la dépense précédemment évaluée à 0 fr. 328 pour 1 000 m³, ce qui répond à un total de (0,328 + 0,154) = 0 fr 482; il en ressort une dépense d'épuration maximum, par cheval effectif, à 3 m³ de gaz de (0,482 × 3) : 1 000 = 1,446 centime ou bien par *kilowatt-heure* de (1,446 : 0,670) = 2,16 centimes dans le cas le plus défavorable.

Épuration des gaz de hauts fourneaux par voie sèche. — L'épuration par voie humide des gaz de hauts fourneaux présente de nombreux inconvénients inhérents au procédé lui-même, savoir : 1° le volume d'eau considérable à élever et à décanter; 2° le traitement des boues d'épuration difficiles à enlever et à manipuler, surtout en hiver, dans les pays froids, si l'on ne dispose pas d'un crassier suffisant à proximité.

L'usine du *Halberg* (Sarrebruck) a réalisé la première installation d'épuration à sec basée sur l'emploi de filtres en tissu spécial, que la maison Beth, de Lubeck, a réussi à fabriquer après de longs tâtonnements. Une épuration d'essai pour 5 000 m³ par heure, ayant fonctionné à l'usine du Halberg pendant environ deux ans, a été remplacée par une installation neuve de 15 000 m³, que l'on a agrandie pour traiter 66 000 m³.

Une autre épuration à sec, pour 18 000 m³ par heure, fonctionne à Dudelange, et cette Société a commandé une épuration identique (180 000 m³ par heure) pour ses hauts fourneaux d'Esch-sur-Alzette.

Le *principe* de cette épuration consiste à abaisser tout d'abord la température du gaz en dessous de son « point de rosée », puis à la relever de quelques degrés; on assure ainsi l'arrivée aux filtres d'un gaz parfaitement sec qui n'encrasse pas les mailles, et assez froid pour ne pas endommager la matière des filtres.

Cette épuration fonctionne comme suit :

Le *refroidissement* du gaz trop chaud peut être réalisé par rayonnement dans le collecteur de gaz bruts, puis ensuite, dans des colonnes refroidisseuses disposées en vue d'une évacuation facile des poussières en marche; on abaisse la température du gaz à 70°-80° environ, et ce résultat est obtenu facilement en cas de hauts fourneaux traitant de la minette de Lorraine avec température aux gueulards variant entre 100°-150°.

Le *réchauffage*, avant les filtres, a lieu dans une caisse comportant des tuyaux disposés de façon à éviter les dépôts de poussières, et à l'intérieur desquels on fait circuler de la vapeur. Etant donnée la tendance générale vers la suppression des chaudières à vapeur et vers l'emploi de moteurs à gaz, il est préférable de réaliser ce réchauffage par des gaz chauds pris sur les carnaux de fumée des appareils Cowper, ou bien encore par des calorifères à air chaud alimentés par la combustion d'une faible quantité de gaz épuré; l'appareil est réglé de façon à ce que la température des gaz arrivant aux filtres ne dépasse pas 80° à 90° en marche normale, c'est-à-dire en vue d'une augmentation de température d'environ 10°; une élévation momentanée de la température à 100 ou 120° ne présente aucun danger.

Les *filtres Beth* forment des groupes de 12 tuyaux flexibles chacun, mesurant 3 m de hauteur pour 200 mm de diamètre et fixés, par la partie inférieure ouverte, sur un cadre placé dans une caisse métallique: l'extrémité supérieure fermée est supportée par un cadre mobile verticalement et secouant les filtres à intervalles déterminés au moyen d'un mécanisme spécial placé à l'extérieur de la caisse.

Digitized by Google

Le gaz traverse la paroi des filtres de l'intérieur vers l'extérieur, grâce à l'aspiration produite par des *ventilateurs* répondant à une différence de pression de 350 mm d'eau et donnant une pression au refoulement de 200 mm d'eau.

Après un certain temps, malgré les secousses imprimées aux filtres, les mailles s'obstruent; un dispositif spécial permet de *dégager les mailles* par un courant de gaz inverse, c'est-à-dire circulant de l'extérieur vers l'intérieur des tuyaux filtrants; ce soufflage en sens contraire se produit automatiquement toutes les quatre minutes, pour chaque groupe de filtres successivement, par l'oscillation d'un papillon admettant, dans le compartiment correspondant, du gaz épuré sous 200 mm de pression ramené par un tuyau et réchauffé légèrement; simultanément, le secoueur entre en fonction; le soufflage ne dure que de quinze à vingt secondes, et la poussière tombe dans le fond du compartiment, d'où on l'extrait plus facilement en marche.

Le gaz épuré indique, suivant la nature des poussières et le calibre des mailles des filtres, des teneurs en poussières variant entre 0 g 01 et 0 g 03 par mètre cube, correspondant par suite au gaz épuré au second degré de l'épuration par voie humide; son emploi dans les appareils Cowper et sous les chaudières procure un rendement supérieur à celui d'un gaz humide et d'une température beaucoup plus basse.

On réalise un réglage exact des températures du gaz avant son arrivée aux filtres Beth, dont la durée atteint alors facilement six mois et plus. On peut éprouver de la difficulté à traiter du gaz très chaud, en raison des grandes surfaces refroidissantes dont l'intérieur doit être maintenu propre pour empêcher la réduction de la transmission de chaleur, par suite des dépôts de poussières qui sont le meilleur des calorifuges. Un petit moteur commande les secoueurs; un petit ventilateur d'aérage, avec cheminée d'évacuation pour les gaz, sert, en cas de réparation, à l'un ou à l'autre des compartiments.

Des vis transporteuses amènent les poussières aux entonnoirs placés au-dessus d'une voie à poussières avec wagonnet spécial. De nombreuses installations nouvelles sont en cours d'exécution par les soins de la maison Dingler, de Zweibrücken. Il est à espérer qu'on trouvera le moyen de généraliser l'épuration à sec en supprimant l'eau d'injection, les boues, leur décantation et leur transport.

Frais d'exploitation de l'épuration par voie sèche. — Les frais d'exploitation de l'épuration par voie sèche peuvent être évalués en supposant que l'on épure la totalité des gaz fournis par trois hauts fourneaux de 100 t chacun, soit 56 250 m³ de gaz par heure; ces gaz sont utilisables, à volonté, dans des appareils divers (Appareils Cowper, chaudières ou moteurs), l'épuration étant en réalité du second degré.

a) *Main-d'œuvre.* — Deux mécaniciens et deux aides (nuit et jour), à 4 fr et à 2 fr 50 par homme et par poste, soit, main-d'œuvre, par vingt-quatre heures : 13 fr.

b) *Matières diverses.* — Huile, étoupes, etc., mais sans les filtres : 3 fr.

c) *Force motrice.* — Il n'y a plus d'eau à élever, et la faible quantité à injecter en certains cas, pour refroidir plus efficacement le gaz avant les filtres, est négligeable; il n'y a donc plus à tenir compte que du travail des ventilateurs-aspirateurs des gaz à filtrer refoulant ce gaz épuré à 200 mm d'eau, et de la force très faible consommée par l'appareil secoueur. La force totale pour 60 000 m³ étant évaluée à 200 ch, soit 134 kwh à 0 fr 04 le kilowatt-heure, la dépense horaire de force motrice est de 5 fr 36 ou bien, pour vingt-quatre heures de marche : 128 fr 64.

d) *Entretien.* — L'usine du Halberg évalue à un minimum de six mois la durée des filtres; la dépense maximum est de 0 fr 01 par 1 000 m³ de gaz épuré, c'est-à-dire de 0 fr 5625 par heure ou, par vingt-quatre heures : 13 fr 56.

Entretiens divers et imprévus : 4 fr 80.

Les frais bruts par vingt-quatre heures sont donc de 163 fr.

La dépense annuelle, pour trois cent soixante-cinq jours de pleine marche de l'épuration : 59 495 fr.

La dépense horaire maximum étant de $163 : 24 = 6{,}79$, les frais d'épuration bruts de 1 000 m³ sont de $(6{,}79 \times 1\,000) : 56\,250 = 0$ fr. 12.

Il y a lieu d'ajouter les frais d'intérêt et d'amortissement; si on admet un chiffre identique à celui qui correspond à l'épuration par voie humide, bassins de décantation compris, soit 0 fr 10 pour 1 000 m³, la dépense est de $(0{,}12 + 0{,}10) = 0$ fr 22 pour 1000 m³, sans dépenses d'enlèvement des boues inexistantes ici; on admet que l'installation est disposée pour le chargement automatique des poussières sèches dans les wagonnets ou wagons.

Avantages de l'épuration à sec. — Le chiffre de 0 fr 22 pour 1 000 m³ ainsi calculé, ne peut être valablement comparé à celui de 0 fr 328 établi pour l'épuration au premier degré, en ce sens que l'épuration à sec ne fournit que du gaz sans humidité et épuré au second degré; elle permet ainsi de réduire la consommation de gaz aux appareils Cowper à 35 °/₀, et de ne brûler aux chaudières que 0m³,8 de gaz par kilogramme de vapeur.

La balance des gaz comparée, pour les trois hauts fourneaux de 100 t considérés précédemment : sans épuration, avec épuration au premier degré par voie humide et avec épuration à sec, s'établit comme suit :

	SANS ÉPURATION	ÉPURAT. ORDIN. 1er degré	ÉPURAT. A SEC
Consommation des appareils Cowper	50 °/₀ = 28 125 m³	40 °/₀ = 22 500 m³	35 °/₀ = 19 688 m³
Disponibilité pour force motrice. .	50 °/₀ = 28 125	60 °/₀ = 33 750	65 °/₀ = 36 562
Total égal. .	56 250	56 250	56 250
Gaz par 1 kg d'eau vapor. aux chaudières	2 m³	1,2 m³	0,8 m³
Vapeur correspondante par heure.	14 062 kg	23 437 kg	45 700 kg
Force développée par une machine à vapeur (10 kg).	1 400 ch eff	2 340 ch eff	4 570 ch eff

Lorsque l'on alimente des moteurs à gaz dont les dimensions et la distribution sont calculées pour des gaz froids, on doit ramener le gaz filtré de la température de 80°-90° à celle de 30° au maximum. Ce refroidissement peut se produire automatiquement dans la conduite de refoulement du ventilateur lorsque les moteurs sont éloignés de l'épuration à sec; souvent, pour les soufflantes à gaz, ce refroidissement doit être obtenu en injectant de l'eau froide dans le gaz épuré au moyen de refroidisseurs appropriés. Comme pour l'épuration humide, on traite 30 000 m³ de gaz par heure, produisant 10 000 ch effectifs; la consommation d'eau est de 2 l environ par mètre cube de gaz à refroidir de 90° à 30°, c'est-à-dire $30\,000 \text{ m}^3 \times 2 \text{ l} = 60$ m³ d'eau par heure, nécessitant, pour une hauteur de refoulement totale d'environ 30 m, 0 kw $2 \times 60 = 12$ kwh à 0 fr 04, soit 0 fr 50 par heure, ce qui répond à $(0{,}50 \times 1\,000) : 30\,000 = 0$ fr 017 pour 1 000 m³ de gaz. Les frais de l'épuration à sec (*moteurs à gaz*) comportent, en conséquence $(0{,}22 + 0{,}017) = 0$ fr 237 pour 1 000 m³, soit par cheval effectif $(0{,}237 \times 3) : 1\,000 = 0{,}711$ centime, ou bien par kilowatt-heure $(0{,}711 : 0{,}670) = 1{,}07$ centime.

L'économie produite par l'application de l'épuration à sec au gaz de moteurs, comparée à l'épuration au second degré par voie humide, comporte $(0{,}482 - 0{,}237) = 0$ fr 245 pour 1 000 m³, soit pour les 30 000 m³ considérés 7 fr 35 par heure, ou enfin, pour 6 000 heures de pleine marche des moteurs à gaz d'une force totale de 10 000 ch, 44 000 fr par an.

C. LORDIER,
Ingénieur civil des Mines.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Action des basses températures sur les explosifs. — Les expériences ont donné les résultats suivants :

1° La sensibilité aux amorces des explosifs les plus divers est considérablement diminuée aux basses températures et l'action du refroidissement se fait sentir à la fois sur le détonateur et sur l'explosif lui-même;

2° La force des explosifs refroidis, mesurée dans un plomb de Trauze, ne paraît pas sensiblement diminuée du fait du refroidissement, à condition que l'amorçage soit assez puissant pour déterminer la déflagration totale de l'explosif;

3° Quand le régime de détonation est atteint, la propagation de l'onde explosive n'est pas influencée du fait du refroidissement.

Deux hypothèses peuvent être faites, pour expliquer cette diminution de sensibilité des explosifs sous l'influence du refroidissement : ou bien celui-ci détermine une modification physique de l'explosif, d'où résulte un accroissement de son inertie vis-à-vis de l'onde produite par le détonateur; ou bien la quantité de chaleur apportée par ce dernier, nécessaire pour élever les premières tranches de l'explosif de la température ordinaire à celle pour laquelle s'établit le régime de détonation, devient insuffisante quand, l'explosif étant fortement refroidi, l'écart entre la température initiale et la température minimum de déflagration s'est accrue dans de notables proportions.

Des expériences, actuellement en cours, permettront vraisemblablement de se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses.

(Note de MM. *André Kling* et *D. Florentin*, présentée par M. Vieille, Académie des Sciences, 3 mars 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Les moteurs de traction à courant monophasé. — Les moteurs monophasés sont de deux types : série ou à répulsion. Le moteur série, composé de l'excitation, d'un enroulement de compensation et de l'induit, a donné de bons résultats aux basses fréquences utilisées pour la traction monophasée. Quoique peu employé en France et en Allemagne, il est assez répandu dans les autres pays; le courant de court-circuit peut être réduit en plaçant, dans le fond des encoches, les connexions-résistances entre induit et collecteur.

Le moteur à répulsion est caractérisé par le fait que le courant est induit dans l'induit en court-circuit au lieu d'y être amené. Au synchronisme, il se produit un champ tournant dû à l'action du court-circuit, et qui élimine toute production d'étincelles à cette vitesse.

Une bonne vitesse de commutation est réalisée par différents procédés : la Compagnie Thomson emploie le montage répulsion pour les vitesses jusqu'à une et deux fois celle du synchronisme; au-dessus, elle réalise le montage série-répulsion, en alimentant l'enroulement de compensation en dérivation, à des tensions proportionnelles à celles d'alimentation du moteur. On obtient ce résultat en reliant le point commun excitation-compensation à des points variables du secondaire du transformateur d'alimentation. La Société Brown-Boveri monte, sur le moteur à répulsion, des doubles lignes de balais avec décalage par un côté, système Déry. La Société A. E. G. construit le moteur à répulsion, type compensé, avec quatre lignes de balais pour deux pôles.

Tous ces moteurs demandent beaucoup de balais, dont le prix et l'entretien sont d'autant plus élevés, qu'il a été constaté que les balais vivent près de cent fois moins en monophasé qu'en courant continu. La surface frottante est, d'autre part, proportionnelle à la fréquence et au couple de démarrage à obtenir.

Pour la commutation du moteur série à vitesses variables, M. Latour recommande le montage d'un enroulement de correction en série avec celui de compensation et shunté par une résistance appropriée; il y a là une source de perte d'énergie croissant avec la fréquence, variant de 1/3 à 1/4 °/₀ de la puissance, pour les moteurs ordinaires de fréquence 15.

Le réglage de ces différents moteurs peut s'effectuer par différents procédés :

1° Par la tension appliquée, laquelle peut être modifiée au moyen de prises variables sur le secondaire du transformateur;

2° Par le décalage de balais, qui modifie le couple. On peut se servir, dans ce but, de la méthode Déry, comprenant deux balais fixes et deux balais variables, déjà indiquée pour les moteurs à répulsion. On peut même combiner ce procédé avec celui de la variation de tension;

3° Au moyen d'un régulateur d'induction. Il y a d'ailleurs lieu de remarquer qu'un régulateur, faisant varier l'induction de seulement un tiers, donnera une régulation dans le rapport de 1 à 4.

M. Latour fait observer que le freinage est facile à obtenir avec les moteurs monophasés, puisque le moteur série peut débiter sur des rhéostats, et que le moteur à répulsion compensé s'auto-excite à grande vitesse.

Quant à la récupération (1) proprement dite, elle ne peut évidemment être intéressante que si les moteurs récupèrent avec un bon cos. φ, sinon il vaudrait mieux l'éviter. En plaçant un transformateur série sur l'excitation, on obtient du courant watté avec cos. $\varphi = 1$; comme dans le triphasé, au-dessus du synchronisme, le moteur débite en génératrice.

Des difficultés, dues aux courants telluriques, se produisent pour les communications télégraphiques et téléphoniques au voisinage des lignes monophasées. On y remédie en augmentant la tension sur les lignes télégraphiques, ou bien en neutralisant, au moyen de capacités et selfs appropriées, les quinze périodes du courant monophasé parasite. Pour le téléphone, dans lequel on ne peut tolérer les harmoniques gênantes développées, on élimine ces harmoniques au moyen d'un procédé analogue de neutralisation.

(Communication de M. *Marius Latour*, Société Internationale des Électriciens, 5 mars 1913.)

Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes. — Au poste récepteur de T. S. F. installé à Montpellier, l'auteur a eu l'occasion d'observer qu'en utilisant plusieurs antennes placées dans le voisinage les unes des autres et reliées à des appareils récepteurs, les conditions de réception par l'une d'elles sont notablement modifiées par le réglage des autres.

Dans un premier groupe d'expériences, on dispose de deux antennes A et A', l'une et l'autre horizontales, A' étant installée à quelques mètres au-dessous de A et parallèlement à celle-ci. Elles ont à peu près la même longueur (70 m environ); mais A est formée de trois fils distants entre eux de 1 m, tandis que A', constituée par un seul fil, correspond à une longueur d'onde un peu moindre. L'antenne A est en relation avec un récepteur R (récepteur par dérivation simple, modèle Ducretet); l'antenne A' est en relation avec le primaire d'un récepteur par induction R'.

En général, l'antenne A' influe peu sur les conditions de réception par A, c'est-à-dire qu'il importe peu que A' soit isolée, ou reliée directement à la terre, ou reliée à celle-ci par la self de R', *pourvu toutefois que cette self n'ait pas précisément la valeur nécessaire pour établir la résonance, c'est-à-dire la meilleure réception en* R'. Si l'on réalise, en effet, cette condition, l'audition en R par l'antenne A diminue brusquement et tout déréglage de A' — R', soit par augmentation ou par diminution de self, soit par l'isolement de A' par rapport à R', améliore l'audition par A.

Ce résultat n'a d'ailleurs rien d'étonnant; on conçoit que, l'antenne A' étant mise dans les conditions où elle reçoive et utilise l'énergie, A puisse alors en recevoir ou en utiliser une moindre quantité. *Mais la propriété en question ne subsiste pas en ce qui concerne l'action réciproque de* A *sur* A', c'est-à-dire que le réglage de A — R pour les conditions de résonance n'amène pas un minimum d'audition en A'R' : en effet, en déréglant alors A par augmentation de self, on améliore l'audition par A', tandis qu'on l'affaiblit si l'on dérègle A par diminution de la self de R; on passe toutefois par un minimum, car l'isolement complet de A par séparation de A et de R produit une légère amélioration de l'audition par A'.

Il y a là, entre l'action de A — R sur A' — R', une dyssymétrie qui ne tient pas d'ailleurs à la différence des appareils récepteurs R, R', car elle se maintient en permutant les communications, c'est-à-dire en reliant A avec R' et A' avec R. Elle se produit encore, comme on l'a constaté, en mettant des détecteurs électrolytiques ou des détec-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 12.

Digitized by Google

teurs à cristaux, ces détecteurs pouvant être de nature différente et permutés d'une façon quelconque pour R et R'.

Cette dyssymétrie peut donc être liée soit à la différence de dimensions des antennes, soit à leurs positions respectives. Et, ainsi que M. le commandant Ferrié a bien voulu le suggérer, il y a intérêt à élucider ce point pour jeter quelque lumière sur les théories encore obscures, relatives à la réception des ondes hertziennes. D'après certains physiciens, il y aurait deux propagations, l'une à travers l'éther de l'atmosphère, l'autre à travers l'éther du sol, d'où la possibilité d'interférences dans la production desquelles la position relative des antennes, placées l'une au-dessus de l'autre, jouerait un rôle important; pour d'autres, l'énergie utilisée dans chaque antenne proviendrait de l'énergie reçue et de l'énergie rayonnée, ce qui ferait intervenir, pour une même position relative des deux antennes, les dimensions respectives (capacité, self-induction) de chacune d'elles.

Pour approfondir ce point, l'auteur a permuté les deux antennes, mettant à la partie supérieure l'antenne A à trois fils, et il a recommencé les déterminations indiquées plus haut. On a observé la même dyssymétrie, qui ne semble donc pas liée à la position des antennes et qui peut se résumer de la façon suivante :

La réception par la petite antenne A' est améliorée lorsque l'antenne A est reliée à la self qui la règle à sa résonance ou à une self de valeur supérieure. Au contraire, l'audition de la grande antenne A est toujours diminuée si A' est réglée à sa résonance; elle est toujours améliorée par le déréglage de A', soit qu'on agisse sur la self d'antenne, soit qu'on modifie le secondaire du circuit de résonance.

(Note de M. *Georges Meslin*, présentée par M. E. Bouty, Académie des Sciences, 17 février 1913.)

Phénomènes mis en jeu dans le detecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques. — Dans une note précédente (23 mai 1910), l'auteur a déjà fait connaître le principe d'un détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans le secours d'une force électromotrice auxiliaire. Il a repris son étude dans le but de le perfectionner et d'en faire un détecteur dont la sensibilité soit constante, certaine et facile à réaliser. Il a reconnu que l'amalgame *mercure-zinc* était, à ce point de vue, bien plus avantageux que l'amalgame *mercure-étain*. Les nouveaux détecteurs ainsi réalisés, non seulement sont aussi sensibles que les détecteurs électrolytiques ordinaires, mais leur sont parfois supérieurs. D'autre part, le son engendré par les trains d'ondes dans les écouteurs est extrêmement clair et spécialement favorable à la réception des trains d'ondes musicaux.

Si l'on examine le fonctionnement de ces détecteurs, il est bien certain que la sensibilité de la cellule électrolytique est due au couple électrique qui nait du contact des deux électrodes différentes avec l'électrolyte : mais ce qui est plus intéressant à remarquer, c'est qu'ici l'électrode active, c'est-à-dire l'électrode sensible à contact punctiforme avec l'électrolyte, fonctionne sous l'action d'un courant en sens inverse du courant appliqué quand le détecteur est associé à une source électrique auxiliaire. Bref, l'électrode active agit comme anode suivant le montage habituel. En effet, c'est l'amalgame mercure-zinc qui est attaqué légèrement par l'électrolyte, et qui, par conséquent, constitue le pôle négatif de l'élément. A l'intérieur de cet élément, le courant va donc de l'électrode mercure-zinc vers l'électrode sensible. Ce sens est bien inverse du courant normal dans le détecteur polarisé. Il importe, d'ailleurs, de remarquer que la haute sensibilité de ce détecteur est due précisément à ce que la tension critique λ' d'un tel détecteur, lorsqu'on applique sur l'électrode active le pôle négatif d'une source électrique auxiliaire, est précisément égale à la force électromotrice formée par le couple intérieur de la cellule électrolytique ainsi formée.

Ces recherches ont conduit l'auteur à penser qu'à la théorie qui fait mettre en jeu une dépolarisation de l'électrode active sous l'action de l'onde pour expliquer le fonctionnement des détecteurs électrolytiques, il pourrait être intéressant de joindre une hypothèse sur le mécanisme de l'action des ondes hertziennes sur cette dépolarisation. Il a été conduit à supposer que le platine, corps extrêmement poreux et condensant rapidement des gaz en lui-même, se comporterait comme une sorte de *limaille agglomérée* (expérience de M. Branly, radioconducteur à limaille agglomérée dans du soufre), qui, en quelque sorte, *cohérerait* sous l'action des ondes, ce qui aurait pour effet de chasser les gaz occlus dans le platine, c'est-à-dire précisément de dépolariser l'électrode sensible.

Si l'on tient compte, d'autre part, du *skin-effect* pour les courants de haute fréquence, qui est tel que, pour la fréquence 10^8, l'intensité des oscillations n'est plus que le centième de l'intensité superficielle à la profondeur de $0^{mm},029$, on s'explique aisément pourquoi le fil de l'électrode sensible doit être : 1° en platine (métal poreux); 2° en fil très fin (skin-effect); 3° très court (effet total du courant hertzien avant toute diffusion dans l'électrolyte).

Remarquons, d'ailleurs, que cette théorie semble pouvoir expliquer facilement la plupart des phénomènes secondaires observés dans le fonctionnement d'un détecteur électrolytique avec ou sans force électromotrice :

1° Fonctionnement sans pile, même avec deux électrodes en platine sous l'action d'ondes énergiques, avec naissance d'un courant inverse au courant décelé lorsqu'on lui applique une source auxiliaire;

2° Possibilité de fonctionnement, comme l'auteur l'a observé, avec une électrode active en fil de platine extrêmement fin, ayant 5 mm à 6 mm de long, si ce fil a été, au préalable, porté à l'incandescence, c'est-à-dire dépolarisé dans sa masse;

3° Fonctionnement de plusieurs détecteurs montés en parallèle, comme si chacun d'eux existait seul, malgré la duplicité des points de contact de l'électrode active avec l'électrolyte, ce qui est contraire à la condition de sensibilité du détecteur.

(Note de M. *Paul Jégou*, présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 3 février 1913.)

GÉNIE MARITIME

Recherche de modèles-types de moteurs et de chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre. — Les architectes navals se sont placés à un point de vue purement technique pour rechercher quels sont les modèles-types de moteurs et de chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre. Le même problème a été envisagé par les officiers de marine qui ont pour mission d'organiser les flottes. Il existe un nombre si considérable de modèles de machines motrices, de chaudières et d'appareils auxiliaires en service qu'on éprouve de multiples difficultés, quand il s'agit de réparer et de modifier des organes de machines, ou d'entretenir en magasin le stock de pièces de rechange nécessaires à la remise en état rapide des navires avariés. En France, par exemple, il existe 57 modèles différents de tubes d'eau pour chaudières principales. Il en résulte que la flotte de guerre doit disposer d'un effectif très important de mécaniciens et de chauffeurs habiles, car de l'emploi d'hommes inexpérimentés peuvent résulter, non seulement une mauvaise utilisation du matériel, mais aussi des accidents et même de véritables désastres. Cet ensemble de faits a conduit l'auteur à examiner le problème de la simplification du matériel moteur des navires de guerre.

En ce qui concerne la production de la vapeur, les conditions de fonctionnement des appareils évaporatoires laissent encore beaucoup à désirer. Tous les navires mis en service depuis 1892 jusqu'à ce jour, correspondent à la période de développement de l'emploi des chaudières à tubes d'eau, qui ont peu à peu remplacé les chaudières munies de tubes à fumée. On trouve, aujourd'hui, sur le marché, un grand nombre de chaudières à tube d'eau; les types français sont à tubes larges (Belleville, Niclausse, Lagrafel et d'Allest) ou à petits tubes (Du Temple, Guyot, Normand). En Angleterre, on a surtout appliqué les modèles Yarrow, Blechynden, Thornycroft; en Amérique, les systèmes Babcock et Wilcox, et Mosher; en Allemagne, les types Schulz et Dürr. On a construit un très grand nombre de modèles de ces chaudières, mais on ne possède pas de données suffisantes à leur sujet pour procéder à un choix définitif.

En somme, après beaucoup d'études et d'essais, les principales marines de guerre ont choisi un petit nombre de modèles. Les dreadnoughts français, mis en chantier en 1912, seront munis de chaudières Belleville Niclausse ou Du Temple. La marine italienne a adopté, pour la *Regina Margherita*, des chaudières Niclausse, type Garibaldi modifié; pour l'*Amalfi*, des chaudières Belleville, type Varese modifié; pour le *San Marco*, des chaudières Babcock, type Napoli modifié; pour le *San Giorgio*, des chaudières type Agordat modifié. En pratique ces divers modèles ont été l'objet de perfectionnements, mais on ne peut signaler, dans cette branche du matériel naval, aucun progrès réel.

Digitized by Google

Les amirautés autrichienne et allemande n'ont pas cherché à profiter des résultats de la concurrence entre les divers constructeurs et ont adopté un type unique de chaudière qui se rapproche beaucoup, en pratique, de la perfection. Dans ces deux marines, on considère que le grand avantage qui résulte de l'adoption d'un modèle unique contrebalance les petites différences de poids, d'encombrement et de rendement. La marine allemande s'est décidée en faveur de la chaudière Schulz; 170 chaudières de ce type ont été installées à bord des navires *Deutschland*, *Scharnhorth* et *Bremen*, tandis que 90 chaudières Yarrow étaient montées à bord des navires autrichiens *Erzherzog*, *Sanct Georg*, *Zenta* et *Kaïman*. Il est infiniment probable que l'économie de construction, de montage, d'exploitation et d'entretien réalisée grâce à l'adoption d'un type de chaudière unique en Allemagne et en Autriche, a équilibré et au delà l'augmentation de dépenses, due à l'élévation du coût de premier établissement, à l'infériorité du rendement et à l'augmentation de poids mort.

Il est très difficile de modifier avec profit des installations existantes, bien que l'amirauté américaine ait transformé avec grand succès un grand nombre de chaudières Niclausse en chaudières Babcock. Car ce dernier type d'appareil évaporatoire est actuellement le plus répandu à bord des grands cuirassés américains. On semble disposer aujourd'hui de données suffisamment précises pour que l'on puisse adopter, à l'exemple de l'Allemagne, un type unique et définitif de chaudière marine. En effet, on peut se baser sur les résultats de l'expérience pour éliminer un certain nombre de modèles et de dispositifs peu pratiques et même trop excentriques pour être admis à bord des navires de guerre : tels sont, par exemple, les tubes en S, le dispositif Reed servant à fixer les tubes sur les collecteurs, les collecteurs triangulaires, etc.

Il existe actuellement deux types de chaudières que des transformations successives, basées sur une longue expérience, ont amené à un véritable état de perfection. Ce sont : le type à trois collecteurs avec tubes presque verticaux (Yarrow et Odero-Blechynden) et le modèle à collecteur unique avec tubes légèrement inclinés (Babcock-Wilcox).

Ces deux types réunissent les conditions qu'il est indispensable d'exiger d'une chaudière marine, à savoir :

a) Construction simple avec tubes de type unique reliés aux collecteurs par machinage; ce dispositif rend faciles les remplacements, et le nettoyage de chaque chaudière ne comporte qu'un nombre limité d'éléments différents;

b) Fonctionnement et chauffe simples.

Dans ces chaudières, la circulation se fait naturellement, grâce au grand diamètre des tubes droits ou légèrement incurvés qui, étant complètement remplis d'eau, offrent un passage facile à l'eau et à la vapeur;

c) Souplesse de fonctionnement et possibilité de marcher à volonté au tirage naturel ou au tirage forcé;

d) Rendement thermique élevé.

Les chaudières Babcock et Blechynden peuvent être facilement adaptées pour la chauffe au combustible liquide, et on peut en construire des modèles de toutes puissances voulues. On ne trouve dans ces chaudières ni joints à vis, ni joints coniques difficiles à réaliser ou à maintenir étanches en service, ni tubes à courbure prononcée; elles consistent en un petit nombre d'éléments simples qui restent identiques à eux-mêmes, quelle que soit la puissance des chaudières à construire. C'est ainsi que les chaudières Babcock du *Nevada* (3000 Ch) ont pu être construites avec les mêmes tubes et avec les mêmes collecteurs que celles du *Napoli* (900 Ch).

La souplesse de fonctionnement des chaudières Blechynden est très remarquable; ainsi, à bord du *Quarto*, on a pu marcher avec une pression d'air de 150 mm, c'est-à-dire un peu plus que dans le cas des chaudières Babcock, pour lesquelles on diminue l'épaisseur des lames d'eau jusqu'à 50 à 60 mm. Ces deux types de chaudières bien entretenus durent très longtemps; quand certains éléments décèlent des traces de fatigue, il est très facile de les examiner et de les remplacer par des éléments neufs; les chaudières durent ainsi aussi longtemps que le navire. Le rendement thermique est excellent dans les deux cas; en brûlant de la houille et en marchant à une pression raisonnable, la puissance d'évaporation était de 11 à 12; elle aurait atteint 14 à 15 avec du combustible liquide.

Il est difficile de dire quel est celui des deux types de chaudières précités qui l'emporte sur l'autre, et l'amirauté britannique emploie indifféremment le type Yarrow (*Conqueror* et *Lion*) et le type Babcock (*Orion* et *New-Zealand*). A bord des grands cuirassés américains, on ne trouve que des chaudières Babcock, tandis que la marine autrichienne a choisi le type Yarrow à l'exclusion de tous les autres.

Les grands cuirassés américains ont été munis de chaudières à tubes d'eau légèrement inclinés, alors que celles des torpilleurs ont des tubes verticaux.

Au contraire, en Allemagne, tous les navires de guerre, à quelque classe qu'ils appartiennent, ont des chaudières Schulz, ayant toutes des tubes de même diamètre (36 mm) et de même épaisseur (3 mm). Il semble, à première vue, que ces tubes soient trop lourds pour les petits navires et trop légers pour les grosses unités, où ils doivent s'user trop vite et abréger la durée des chaudières. Or, si l'on considère un contre-torpilleur dont l'appareil moteur pèse environ 400 t, l'augmentation de poids à laquelle donne lieu l'adoption des tubes de 3 mm × 36 mm est de 12 à 14 °/₀ du poids total du faisceau tubulaire, c'est-à-dire qu'elle représente 15 à 20 °/₀ du poids de l'appareil moteur, soit 8 t. Etant donnée la puissance des machines dont on munit aujourd'hui les contre-torpilleurs, cette augmentation de poids est tout à fait négligeable. Il est moins aisé de calculer l'influence que la diminution de l'épaisseur des tubes peut avoir sur la durée des faisceaux tubulaires des grands navires. Cependant, si l'on considère que les chaudières Babcock comportent des tubes pratiquement horizontaux de 81 et de 46 mm de diamètre, il est facile de voir que le démontage sera rendu beaucoup plus commode et beaucoup plus économique par l'adoption de tubes verticaux d'un type unique de 36 mm.

D'autre part, à la suite des essais remarquables du *Goeben* (30 nœuds) et du *Friedrich der Grosse* (23 nœuds 5), l'amirauté allemande admet que les chaudières munies de tubes d'un diamètre moyen, fonctionnant à la houille ou au combustible liquide, peuvent donner toutes garanties, à condition qu'on dispose de chauffeurs expérimentés, d'eau condensée très pure et de tubes en acier spécial. Cette manière de voir a été pleinement confirmée par les excellents résultats d'essais du *Dante Alighieri*, du *San Giorgio* et du *Quarto*, de la marine italienne.

Il semble donc à l'auteur très logique et opportun d'adopter, pour toutes les catégories de navires de guerre, un modèle de tube unique de 35 à 40 mm, à grand rayon de courbure, monté verticalement dans des chaudières à trois collecteurs. Les surchauffeurs n'ont pas atteint encore le degré de perfection voulu pour qu'on puisse déterminer d'une manière certaine le modèle de tube qui leur convient le mieux.

Considérons un cuirassé, un croiseur, un contre-torpilleur et un torpilleur de haute mer munis respectivement de machines de 25000, 22000, 18000 et 8000 Ch, la chaudière type, chauffée au pétrole qu'il conviendrait d'adopter pour ces quatre bâtiments aurait les caractéristiques suivantes :

Surface de chauffe	500 m²
Volume de la chambre de combustion	20 m³
Longueur	4m,75
Largeur	4m,50
Hauteur	3m,50
Diamètre des tubes	36 mm
Epaisseur des tubes	3 mm
Puissance développée avec une pression d'air de 120 mm d'eau	4500 Ch
Avec 100 mm —	4000 —
Avec 75 mm —	2600 —
Avec 50 mm —	2000 —

Le torpilleur comporterait 2 chaudières, le contre-torpilleur 4, le croiseur 9, le cuirassé 12.

L'augmentation de tonnage serait compensée par l'économie des frais de premier établissement et d'exploitation. On peut munir tous les bâtiments d'une flotte de chaudières pouvant fonctionner à volonté au combustible liquide ou à la houille. Cependant, quand on brûle uniquement du combustible liquide, il est avantageux d'employer de très grandes chaudières avec chambres de combustion de très grand volume, qui ne peuvent convenir dans le cas du chauffage à la houille ni par conséquent dans le cas du chauffage mixte.

En ce qui concerne les machines motrices, l'adoption relativement récente de la turbine à vapeur, à bord des navires, a donné lieu à une très active concurrence entre les divers systèmes. Le tableau

Digitized by Google

suivant indique l'état actuel de la question dans les principales marines.

PAYS	SYSTÈME DE TURBINES EN SERVICE
Allemagne.	6 (Parsons, Curtis, AEG, Schichau, Bergmann, Zoelly).
France	5 (Parsons, Breguet, Rateau, Schneider-Zoelly, Laval).
Angleterre.	2 (Parsons, Brown-Curtis).
Italie	5 (Tosi, Parsons, Curtis, Zoelly, Bergmann).
Etats-Unis.	4 (Parsons, Curtis, Zoelly, Westinghouse).

D'autre part, les modes d'installations varient pour les mêmes types de turbines, par exemple en ce qui concerne les appareils de régulation. L'emploi de la turbine a pris une extension considérable en très peu de temps, et plusieurs constructeurs ont atteint des résultats très remarquables en ce qui concerne l'économie de consommation, la simplicité de construction et la sécurité de fonctionnement. La question de l'uniformisation du type des turbines adoptées sur une flotte de guerre a une grande importance, et cependant la marine allemande ne semble pas avoir envisagé ce problème avec son esprit de simplification habituel.

L'auteur pense qu'au double point de vue théorique et pratique la turbine qui paraît réaliser la plus grande simplicité de construction et l'économie maximum aux faibles vitesses conviendrait, par conséquent, le mieux aux exigences du service à bord des navires de guerre. Ce programme correspond à une turbine à action (HP) et à réaction (BP), système préconisé par Parsons et que la plupart des autres constructeurs ont adopté.

Peut-on adopter un type de turbine unique à bord de tous les navires d'une flotte ? Une telle question eût semblé ridicule il y a quelques années, car les machines des contre-torpilleurs devaient alors satisfaire à des conditions de vitesse, de solidité, d'économie de combustible tout à fait différentes de celles qui correspondaient aux cuirassés. Aujourd'hui, au contraire, la turbine s'adapte à toutes les catégories de navires, grâce à l'adoption des transmissions par engrenages interposées entre les turbines et les arbres porte-hélice. Le 22 octobre 1912, la Parsons Marine Steam Turbine C° avait adapté ce genre de transmission à un nombre de machines, dont la puissance dépassait 100 000 Ch montées à bord de navires de guerre et de navires marchands. A la même époque, MM. Westinghouse avaient de leur côté dépassé ce chiffre tant en machines fixes qu'en machines marines.

Donc l'adoption de la transmission par engrenages permet d'unifier les types de turbines en service sur les bâtiments des flottes de guerre. Si l'on considère les navires de 25 000, 22 000, 18 000 et 8 000 Ch, étudiées plus haut, on pourrait les munir de turbines à action (HP) et à réaction (BP) développant 7 000 Ch à 2 000 tours avec une surcharge possible de 20 °/₀. Le torpilleur comporterait 1 turbine, le contre-torpilleur 2, le croiseur 3 et le cuirassé 3 ou 4.

En ce qui concerne les moteurs à combustion interne, une de leurs principales caractéristiques est qu'ils peuvent être constitués par la juxtaposition d'éléments semblables : il est donc possible de passer d'une puissance à une autre en donnant à chaque moteur le nombre de cylindres élémentaires voulu.

(Communication de M. *Leonardo Fea*, Collegio degli Ingegneri Navali e Meccanici, Spezia, 22 décembre 1912.)

MACHINES THERMIQUES

Sur une cause d'explosion de chaudière. — Le 17 décembre dernier, un récipient d'eau, installé dans le sous-sol d'un immeuble parisien et chauffé par un foyer intérieur, a fait explosion, blessant 7 personnes et produisant des dégâts importants.

L'appareil, qui avait la forme d'un cylindre vertical, communiquait avec l'air libre par un tuyau d'alimentation, de 2 cm de diamètre, partant des parties inférieures et aboutissant à un bac placé dans les combles. On doit dès lors se demander comment a pu naître une surpression capable de déterminer l'accident : c'est la question que l'auteur de la note a examinée.

Disons d'abord que, habituellement, le récipient possédait une autre communication avec l'atmosphère, grâce à une tuyauterie de circulation d'eau chaude, partant du fond supérieur, pour monter jusqu'à un vase d'expansion, situé également dans les combles, à 25 m au-dessus de la cave et redescendant ensuite au récipient. Cette tuyauterie, quand elle fonctionnait, empêchait l'accumulation de vapeur; mais, le jour de l'accident, un ouvrier avait commis la maladresse de l'intercepter et, dès lors, un matelas de vapeur devait naturellement se produire dans le récipient, transformé ainsi en une véritable chaudière.

Ceci posé, soient, à un instant quelconque t, P le poids d'eau subsistant dans cette chaudière, θ l'excès de sa température sur les 138° correspondant à l'ébullition sous la pression de 25 m; ϖ le poids spécifique de l'eau; E l'équivalent mécanique de la chaleur; r la chaleur de la vaporisation de l'eau à la température $138° + \theta$. Admettons que la chaleur spécifique de l'eau soit égale à l'unité. Désignons enfin par h et s la hauteur et la section du tuyau d'alimentation, par v la vitesse de l'eau dans ce tuyau.

Une première équation s'obtient en écrivant que la quantité de chaleur qdt pénétrant dans la chaudière pendant le temps dt est employée :

1° A élever de $d\theta$ la température de l'eau de la chaudière;

2° A augmenter la force vive de l'eau du tuyau;

3° A vaporiser le poids d'eau capable de remplacer celui qui s'engage dans le tuyau.

Il vient ainsi :

$$(1) \qquad P d\theta + \frac{E\varpi sh}{g} v ds + \varpi r s v dt = q dt.$$

D'autre part, l'excès θ de la température sur celle d'ébullition produit une surpression que nous représenterons par $k\theta$. Appliquée à la base du tuyau, cette surpression donne une force $ks\theta$ qui est égale à la dérivée de la quantité du mouvement de la colonne d'eau, d'où cette seconde équation :

$$(2) \qquad k\theta = \frac{\varpi h}{g} \frac{dv}{dt}.$$

Le coefficient k dépend de la température; mais nous supposerons la variation θ assez faible pour pouvoir le regarder comme constant. L'élimination de θ entre les deux équations précédentes conduit alors à la suivante :

$$(3) \qquad \frac{d^2v}{dt^2} + \frac{Eks}{P} v \frac{dv}{dt} + \frac{kgrs}{Ph} v = \frac{kgq}{P\varpi h}.$$

On peut admettre qu'à l'instant initial v est nul ainsi que θ, et par conséquent $\frac{dv}{dt}$. Dans ces conditions, on voit immédiatement que la valeur initiale de $\frac{d^2v}{dt^2}$ est $\frac{kgq}{P\varpi h}$ et que cette dérivée seconde décroît progressivement jusqu'à s'annuler. A ce moment, il y a un maximum de $\frac{dv}{dt}$, correspondant à un maximum de pression.

L'équation (3) ne paraît pas intégrable en termes finis, lors même qu'on regarde ses coefficients comme constants. Mais on peut calculer numériquement le maximum de $\frac{dv}{dt}$, à condition de se donner les valeurs de P et de q. Si l'on prend pour P la totalité du poids d'eau pouvant rester dans la chaudière et pour q une valeur déduite de la quantité de charbon brûlée en une heure, on parvient à une surpression négligeable. Mais, en réalité, les choses ont dû se passer tout autrement. Les parois non baignées par l'eau liquide se surchauffaient fortement. De plus, par le fait de l'ébullition, la surface de séparation de l'eau et de la vapeur oscillait sans cesse. On conçoit, dès lors, qu'à un moment donné une tranche très mince de liquide ait pu se trouver rapidement chauffée à une température dépassant beaucoup 138°, ce qui revient à dire que, dans l'application de l'équation (3), il faudrait attribuer à P, une valeur très petite et à q une valeur très grande. Comme, en passant de 138° à 143°, la pression monte d'une demi-atmosphère, la possibilité de l'explosion se trouve établie.

La chaudière aurait peut-être résisté si le fond avait été rivé au corps cylindrique; mais ce fond était simplement soudé, et la soudure était évidemment manquée, car le décollement s'est produit sur tout le pourtour, sans déchirer le métal; il n'est pas inutile de signaler également cette autre cause de danger.

(Note de M. *L. Lecornu*, Académie des Sciences, 17 février 1913.)

Digitized by Google

MÉTALLURGIE

Sur la déformation des alliages plastiques et leur recuit après déformation. — Les métaux purs et les solutions solides donnent naissance, lors de leur solidification, à des dendrites qui, par leur limitation mutuelle, divisent le métal solidifié complètement en grains irréguliers de première consolidation; à chaque édifice dendritique correspond une unité cristalline, grain ou cristal allotrimorphique, caractérisée par son orientation cristalline. Le nombre de grains contenus dans un volume donné croît avec la vitesse de solidification, de sorte que l'on peut faire grossir ces grains de première consolidation, à volonté, en augmentant la durée de solidification. En portant à trois jours la durée totale du refroidissement à partir de l'état solide de divers alliages de cuivre avec le nickel, le zinc, l'aluminium et l'étain, on peut obtenir de ces grains dont les dimensions sont de l'ordre de grandeur du centimètre.

Dans un alliage contenant 97,8 °/₀ de Cu et 2,2 °/₀ d'Al, on a même trouvé des grains d'une grosseur telle, qu'il était possible d'y tailler une éprouvette de compression.

L'expérience a montré que, pour un grain isolé, la limite élastique est une quantité vectorielle : l'effet d'une déformation dépend donc de la direction de l'effort. Le recuit, après déformation par translation, amène une division du grain, le nombre de grains ainsi formés semblant décroître avec la valeur de l'effort unitaire subi.

(Note de M. *A. Portevin*, présentée par M. Henry Le Chatelier, Académie des Sciences, 27 janvier 1913.)

Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des matériaux lors du choc. — Les appareils destinés à enregistrer la relation qui existe entre les efforts et les déformations sont basés sur la combinaison de deux mouvements transversaux. Le mouvement horizontal dépend de la déformation de l'éprouvette, c'est-à-dire du rapprochement de ses extrémités. La composante verticale fournie par le dynamomètre doit pouvoir suivre et équilibrer les efforts variables pendant le choc. On pourrait prendre un ressort comme dynamomètre et le soumettre à des chocs longitudinaux, le calcul des vibrations étant plus simple et plus précis que celui des vibrations transversales. De plus, les ressorts longitudinaux sont durs et se rapprochent des ressorts ordinaires. Dans ce but, le prince A. Gagarine, de Saint-Pétersbourg, a construit, en 1904, un appareil au moyen duquel une aiguille enregistre le phénomène observé à l'intérieur d'une sphère creuse. La compression du dynamomètre et l'abaissement de l'enclume causent un déplacement vertical de l'aiguille. La compression de l'éprouvette ou le pliage du barreau, par le rapprochement du mouton et de l'enclume, produit, à l'aide d'une rainure en spirale, un déplacement horizontal du contrepoids de l'aiguille, de sorte que les diagrammes sont tracés sur le réseau de coordonnées d'une petite feuille de plomb, permettant la lecture des efforts en tonnes et des déformations en millimètres. Les abscisses ont été tracées, une fois pour toutes, au moyen d'une machine Emery. L'appareil de percussion donne sur cette machine des diagrammes statiques. Pendant la compression d'un crusher, on peut soulever deux fois la charge et on continue ensuite la compression. En appliquant les méthodes mathématiques existantes et la théorie des vibrations, on voit que l'on peut considérer un tiers de la masse du dynamomètre comme étant en mouvement avec le mouton et ne faisant qu'un avec lui, depuis le début du contact du mouton avec l'enclume jusqu'à son rebondissement. On fixe un style au mouton et on inscrit sa trajectoire sur le tambour Morin; on obtient alors une sinusoïde.

La trajectoire des vibrations libres du dynamomètre, calculée d'après la méthode approchée de Saint-Venant, et la trajectoire calculée d'après les méthodes exactes de Navier et de Fourier, se rapproche beaucoup de la vérité. La méthode des fonctions discontinues donne une courbe qui ne concorde pas avec la courbe tracée par le mouton et qui ne peut trouver ici son application.

Le style fixé à l'enclume donne un tracé qui prouve qu'elle ne fait pas corps avec le mouton, car, au début du choc, la vitesse du mouton est de 377 cm à la seconde, tandis que celle du dynamomètre est nulle.

La vitesse du dynamomètre rattrape ensuite celle du mouton, avec une accélération de 116 cm à la seconde, et atteint 926 cm à la seconde. On constate ensuite des vibrations compliquées dans le dynamomètre. Le son fondamental a la même période que celui qui correspond à la trajectoire du mouton, mais son amplitude ne représente que 28 °/₀ de celle de cette trajectoire. Les sons plus élevés ont des amplitudes supérieures, qui atteignent jusqu'à la moitié de l'amplitude du son fondamental et qui forment une série très lentement convergente. L'interférence des sinusoïdes donne des oscillations qui dépassent de 14 °/₀ l'amplitude de la trajectoire du mouton, et pendant un seul choc l'enclume a le temps de frapper le mouton jusqu'à trois fois avec des efforts 2,76 fois égaux à la première impulsion.

L'analyse mathématique permet de calculer les vibrations d'une tige sous l'influence d'un choc, quand on connaît la force $f(t)$ en fonction du temps. Cependant, l'analyse n'a pas permis, jusqu'à présent, de découvrir la loi des variations de cette force, même dans le cas extrêmement simple d'un coup longitudinal produit par la chute d'un mouton sur une tige fixée à l'autre bout, et l'on manque de bases pour étudier analytiquement ces vibrations. Si l'on considérait la force $f(t)$ comme proportionnelle aux ordonnées de la courbe initiale, on obtiendrait une courbe inexacte.

Il serait préférable de soustraire les ordonnées des vibrations du dynamomètre de celles du mouton; on obtiendrait une courbe dont la région située au-dessous de l'axe des x est positive et représente la compression des parties qui s'entre-choquent. On peut admettre que ces ordonnées expérimentales sont proportionnelles à la force $f(t)$. En introduisant la valeur de $f(t)$ ainsi obtenue dans l'équation des vibrations, on retrouve approximativement la partie de la courbe tracée automatiquement et ayant servi à construire la courbe de compression des parties qui s'entre-choquent, et qui sert de base aux calculs. On ne peut donc utiliser ces calculs que pour la vérification de l'équation des vibrations, dans le cas où le mouton frappe directement sur l'enclume. Cette vérification est sujette à des erreurs plus graves, si on y introduit les éléments de la compression d'un corps plus ou moins plastique, et la loi de variation de la fonction $f(t)$ n'est pas exprimée.

Les diagrammes fournis par l'appareil subissent donc d'importantes perturbations du fait des ondes, et la physique mathématique ne peut servir à étudier le phénomène.

On peut toutefois chercher la loi de ces perturbations, car il y a une étroite concordance entre les résultats des diverses épreuves de résistance à la traction et à la compression et ceux des diagrammes de choc, ce qui indique l'importance de ces diagrammes au point de vue pratique.

Les échantillons essayés appartiennent tous à une même coulée d'acier au chrome nickel, provenant des usines Poutiloff.

La température de la trempe était fixe, mais le recuit a eu lieu à dix températures différentes. Les épreuves ont été les suivantes :

a) Traction statique dans le sens des fibres;

b) Traction statique transversale aux fibres;

c) Compression d'éprouvettes ayant 6 mm de diamètre et 9 mm de hauteur, au moyen de la machine Gagarine dans le sens des fibres;

d) Compression transversale aux fibres;

e) Chocs à la compression, au moyen d'un mouton de 12 591 gr tombant d'une hauteur de 75 cm sur les éprouvettes précédentes dans le sens des fibres;

f) Pliage d'éprouvettes 6 mm × 6 mm, la distance entre supports étant de 25 mm dans le sens des fibres;

g) Choc de pliage transversalement aux fibres.

M. le prince Gagarine a construit un appareil dans lequel un ou plusieurs crushers servent de dynamomètres. Ils sont exempts de vibrations et leur masse est insignifiante. On a fixé dans le mouton un miroir sphérique concave et on a vissé dans le disque une petite vis sur laquelle pivote un miroir de très faibles dimensions (1 mm² de surface), dont la queue bifurquée est maintenue en contact permanent par une vis avec l'embase. Au moment de la chute du mouton, un faisceau de rayons issu d'une lampe se reflète dans le miroir concave, puis dans un miroir-plan, et l'image du foyer se forme sur une plaque sensible.

A mesure que le mouton descend et que l'éprouvette se déforme, le foyer se déplace sur la plaque photographique, de droite à gauche. En même temps, les crushers sont comprimés, et le petit miroir s'incline en indiquant l'augmentation des efforts par un relèvement du point lumineux sur la plaque sensible.

Dans les diagrammes de choc ainsi obtenus, la limite d'élasticité est nettement marquée; la période des vibrations rapides de l'enclume est indiquée par des points sur la ligne tracée; on introduit ainsi le facteur temps, et on peut juger des modifications de la vitesse avec laquelle différentes parties du diagramme ont été enregistrées.

(Communication de M. le prince *A. Gagarine*, VI^e^ Congrès international de l'Association internationale pour l'Étude des Méthodes d'essais des Matériaux de Construction, New-York, septembre 1912).

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Aéroplane mixte, terrestre et marin. — L'appareil comporte un système alaire constitué par deux plans superposés, un plan supérieur *a* échancré à sa partie postérieure médiane pour donner passage à l'hélice, et un plan inférieur *b* d'envergure réduite. Ces deux plans sont reliés à la manière ordinaire par des montants verticaux *c* et des haubans *d*. En outre, un système de montants complémentaires *e* assure la rigidité de la partie centrale.

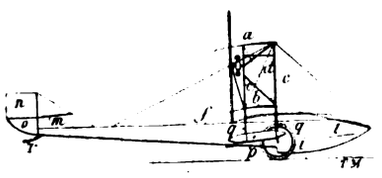


FIG. 1.

En dessous du petit plan inférieur est disposée la coque-fuselage *f* dont la partie inférieure présente un redent, comme certaines coques d'hydroplanes. Cette coque est reliée au système alaire par des barres ou montants convenables *h*. De part et d'autre de la coque, sont agencées deux roues *i* montées sur un axe tranversal *j* situé au-dessus de la ligne de flottaison; cet axe est relié au système alaire par des tiges à ressort. L'axe *j* doit donc pouvoir effectuer un mouvement relatif par rapport à la coque et ses deux parties sont à cet effet articulées sur celle-ci en *t*.

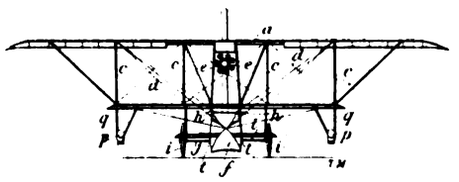


FIG. 2.

A la partie antérieure, la coque présente un petit plan portant fixe ou mobile *l* servant à la fois à assurer la stabilité longitudinale dans l'eau et dans l'air. A sa partie postérieure, la coque est munie d'un plan portant *m* situé à une hauteur convenable au-dessus d'elle, ainsi que d'un gouvernail vertical *n* et d'un gouvernail de profondeur *o* échancré en forme de triangle, de manière à permettre au gouvernail *n* son libre déplacement. La coque comporte en outre à l'arrière une béquille d'appui *r*.

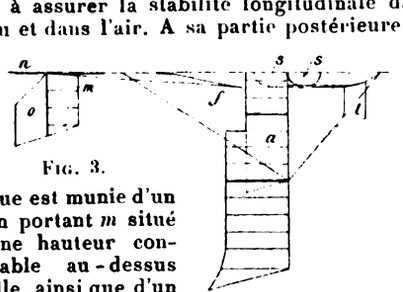


FIG. 3.

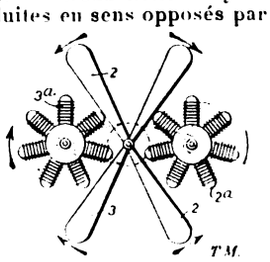
Cette coque-fuselage est très allongée de manière à être immergée en partie sur toute sa longueur; elle est de préférence constituée par un placage d'acajou comme les coques de bateaux de rivières, et présente deux ou plusieurs ouvertures *s* pour le pilote et les voyageurs.

De part et d'autre de la coque sont disposés deux petits flotteurs latéraux *pp* reliés au plan inférieur par des montants *q* et constitués par des cylindres étanches terminés par des parties coniques et présentant une certaine inclinaison à peu près parallèle à l'inclinaison des plans du système alaire. Ces petits flotteurs sont disposés à une hauteur correspondant à la ligne de flottaison de la coque-fuselage, de manière à être immergés en même temps que la coque quand l'appareil est au repos ou à une faible vitesse.

Les flotteurs se prolongent à l'arrière par des petites palettes qui seules appuient sur l'eau lorsque l'appareil a acquis une certaine vitesse.

(*Jérôme Donnet et Henri Lévêque*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 443 895, 8.V.12.)

Hélices aériennes. — Deux hélices ayant même axe, sont conduites en sens opposés par deux moteurs, disposés de part et d'autre, de l'axe de rotation des hélices. Le mouvement se transmet à l'aide de chaînes.

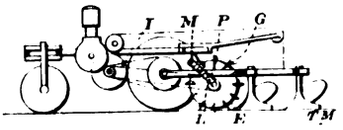


Quand on emploie des moteurs rotatifs, on les monte dans le même plan.

(*H. L. Short, A. E. Short, H. O. Short*, London. Brev. angl., cl. 9, n° 22 750, 16.X.11.)

AGRONOMIE

Charrues automobiles. — Une roue E, conduite par une chaîne, est montée ainsi que des palettes transversales G devant chacun des socs, de façon à couper la surface du sol et faciliter ainsi le labourage.



Le bras L, sur lequel la roue E est montée, porte plusieurs trous M, ce qui permet de modifier son inclinaison.

La tension de la chaîne I, modifie l'action des roues sur le sol.

(*G. Pöhl*, Glauchau, Saxe. Brev. angl., cl. 6 et 144, n° 22 689, 14.X.11.)

AUTOMOBILES

Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière avec vis sans fin placée au-dessous de ce pont arrière. — Dans les commandes de pont arrière par roue et vis sans fin, il y a intérêt à ce que l'axe de la vis sans fin fasse le plus petit angle possible avec le prolongement de l'axe du moteur qui actionne cette vis, afin d'éviter les grandes obliquités de l'arbre de cardan.

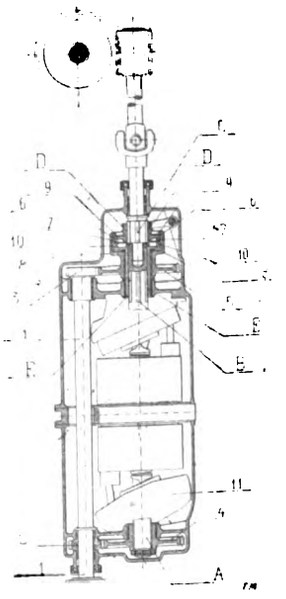
Théoriquement, on peut annuler complètement cette obliquité, en plaçant la transmission hydraulique sur la ligne horizontale de la vis sans fin, avec l'arbre du moteur initial au-dessus, relié à la transmission hydraulique par des engrenages convenables.

Cette disposition est représentée par la figure qui est une coupe verticale par les axes des arbres, et rabattue à gauche.

L'arbre premier moteur 1, porte deux pignons égaux, fixes, 2 et 3; le premier 2, commande la roue 4 montée sur l'arbre A des pompes de compression de la transmission hydraulique, le second pignon 3, commande la roue 5 montée folle, avec roulement à billes, sur l'arbre B des pompes réceptrices de la transmission; les roues 4 et 5 ont le même diamètre.

L'arbre de cardan C porte un manchon d'entraînement D glissant sur clavettes, qui est muni des griffes 6 et 7. Le corps de la roue 5 est prolongé sur l'arrière en forme d'enveloppe cylindrique 8 qui est munie, en bout, des griffes 9, lesquelles peuvent être mises en prise avec les griffes 6 du manchon D. Sur l'arbre B des pompes réceptrices de la transmission hydraulique est monté un fourreau E, fixe sur cet arbre; ce fourreau porte une collerette munie des griffes d'entraînement 10, qui peuvent être mises en prise avec les griffes 7 du manchon D.

Pour marcher avec la transmission hydraulique, il faut embrayer le manchon D avec le fourreau E, en mettant en prise les griffes 7 du premier avec les griffes 10 du second, ce qui rend l'arbre de cardan C solidaire du mouvement de l'arbre B des pompes réceptrices de la transmission hydraulique. La puissance sera transmise de l'arbre 1 à l'arbre A des pompes de compression, par l'engrenage 2-4, puis des pompes de compression aux pompes réceptrices, et de l'arbre B de celles-ci, à l'arbre de cardan par le fourreau E du premier et le manchon D du second. La transmission hydraulique pourra sans obstacle, faire varier la vitesse dans toute son étendue, depuis zéro jusqu'au maximum. La roue 5 tourne folle sur le manchon E.



Pour marcher en avant sans la transmission hydraulique, il faut débrayer le fourreau E et le manchon D, et embrayer le manchon D avec la roue 5, en mettant en prise les dents 6 du premier avec les dents 9 de la seconde, puis on ramène la commande 11 des pompes de compression dans la position perpendiculaire à l'arbre A. L'arbre de cardan C est ainsi rendu solidaire de la roue 5 qui est actionnée par le pignon 3 de l'arbre 1; les pistons des pompes de compression n'ont plus de course; les pompes réceptrices ne sont sollicitées que par le frottement de la roue 5 sur le fourreau E qui est débrayé et n'offre pas de résistance. Par conséquent, rien ne gêne la marche en avant sans l'intermédiaire de la transmission hydraulique.

Si l'on oublie de ramener la commande 11 des pompes de compression dans la position perpendiculaire à l'arbre A, les pistons de ces pompes continueront d'aspirer, puis de refouler dans les pompes réceptrices; mais, comme l'arbre B de ces pompes est fou dans la roue 5, elles n'offriront que très peu de résistance, et la pression de l'huile refoulée sera très faible. Il vaut cependant mieux faire la manœuvre.

On passe de la marche avant à la marche

Digitized by Google

arrière avec l'intermédiaire de la transmission hydraulique par la manœuvre de la commande 11 des pompes de compression, qui est amenée dans la position symétrique de celle de la figure, par rapport à un plan perpendiculaire à l'arbre A.

Par cette nouvelle disposition qui place l'axe de la transmission hydraulique, celui de l'arbre de cardan et celui de la vis sans fin en ligne droite, l'arbre de cardan n'a à corriger que des obliquités accidentelles et on réduit au minimum le travail des résistances passives.

(*Société anonyme des automobiles Delaunay Belleville*, Saint-Denis. Brev. fr., cl. 10, n° 443 519, 8.V.12.)

CHIMIE

Caoutchouc (Préparation de composés analogues au). — On fait agir sur le butadiène ses homologues ou ses analogues des composés métallo-organiques, en particulier, les composés alkylés des métaux alcalin, alcalino-terreux ou du magnésium.

(*Badische Anilin und Soda-Fabrik*, Ludwigshafen, Allemagne. Brev. all., cl. 39 b, n° 255 786, 27.I.12.)

Explosif. — On obtient un explosif en incorporant dans de l'eau de la nitrocellulose et un composé nitré et en les mélangeant avec de la nitroglycérine. On réalise ainsi un explosif dans lequel la nitroglycérine est l'élément constituant. Une émulsion de trinitrotoluène liquide ou de trinitrobenzène dans de l'eau chaude est injectée dans du coton-poudre qui a été auparavant lavé par la méthode ordinaire, agité et chauffé avec de la vapeur et de l'air comprimé. L'eau en est retirée par décantation, pressage, égouttage, chauffage ou par essorage, et la masse est mélangée à la nitroglycérine. On peut employer, par exemple : neuf parties de trinitrotoluène, quatre parties de coton-poudre, soixante-treize et demie parties de nitroglycérine, et treize parties de nitrate de sodium.

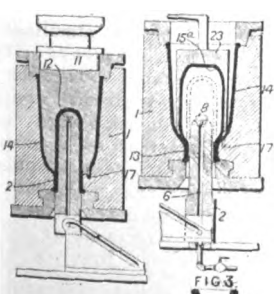
(*A. T. Cocking and Kynock*, Birmingham, Angleterre. Brev. angl., cl. 9, n° 22 311, 10.X.11.)

Isolant calorifuge. — Il est constitué par des mélanges d'amiante en fibres ou en poudre et de liège granulé ou pulvérisé, ou de sciure de bois, agglomérés au moyen d'une matière agglutinante réfractaire, de préférence le silicate de soude.

Avec ces mélanges on confectionne des objets de toutes formes qu'on soumet à une cuisson suffisante pour faire disparaître les matières combustibles (liège, sciure de bois) et former un produit qui est essentiellement en amiante et qui possède une multitude de cellules.

(*Société G. Esvers et M. Gaucher*, Seine-Inférieure. Brev. fr., cl. 15, n° 444 715, 6.VI.12.)

Fig. 1. Fig. 2.



Récipients en verre à double paroi (fabrication mécanique). — Des récipients en verre renfermant de l'air ou le vide entre leurs deux parois et ayant un goulot renforcé sont fabriqués de la manière suivante : du verre fondu est placé dans un moule 1 (fig. 1) muni d'un piston 2; un autre piston 11 est introduit de façon à former un récipient intérieur fermé 12 et un récipient extérieur à fond ouvert 14 comportant un épaulement 17 près du goulot 13. Un moule 23 (fig. 2) est alors introduit à la place du piston 11, et le piston 2 est abaissé.

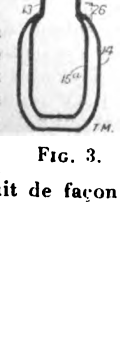


Fig. 3.

De l'air est admis par le passage 6 et la valve 8 dans le piston 2, et se détend dans le récipient intérieur lui donnant sa forme définitive 15.

Le récipient est ensuite enlevé du moule, et le fond du récipient extérieur 14 est chauffé et fermé (fig. 4). Un tube 26 est fondu sur l'épaulement 17, et l'air compris entre les deux parois peut être aspiré. L'ouverture du tube 26 est ensuite fermée.

(*O J. W. Higbee*, Bridgeville, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 56, n° 24 886, 8.XI.11.)

Verrerie. — Ce dispositif concerne le moulage simultané d'un certain nombre d'articles en verre, tels que des bouchons de bouteilles.

Le verre fondu est versé par un bec 9 (fig. 1), dans des pots 18, montés sur une table 17 à rotation intermittente.

Les pots 18 sont reliés l'un à l'autre par un

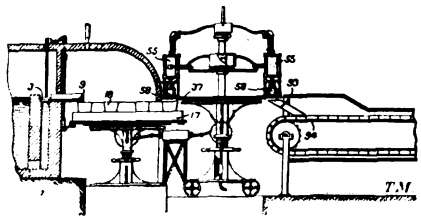
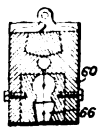


Fig. 1.

canal circulaire, de façon que l'excès de verre d'un pot puisse couler dans le pot voisin.

Quatre jeux de moules 58 sont montés sur une table 37 qui tourne en même temps que la table 17. Chaque jeu de moules consiste en un nombre de cavités 66 (fig. 2 et 3), formées dans les faces voisines de deux blocs de métal 60.

Fig. 2.



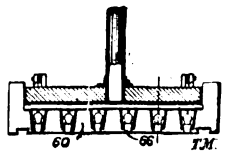


Fig. 3.

Chaque jeu de moules est plongé, à chaque tour, dans l'un des pots 18, et le métal fondu est aspiré.

Le moule est alors relevé, et l'excès de métal est rejeté.

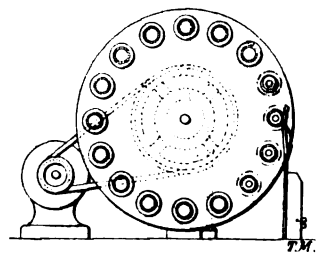
Quand chacun des moules atteint l'extrémité de la table 37, il est ouvert, et les bouchons tombent sur une toile sans fin 94.

L'alimentation en verre fondu dans le bac 9 est réglée par une valve 3, contrôlée automatiquement par la table 17. Les moules sont actionnés automatiquement par des appareils à air comprimé 55.

(*L. Steelmann*, New Jersey and *S. Owen*, New-York, and H. J. S. *Hall*, New-York, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 56, n° 22 907, 17.X.11.)

ÉLECTRICITÉ

Eclairage électrique à interruption périodique du courant d'alimentation. — Un certain nombre de lampes métalliques et, particulièrement, de lampes au tungstène, sont placées sur le pourtour d'un disque, d'un anneau, d'un tambour ou d'une bande sans fin. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : Les lampes s'allument successivement en un point déterminé et sont survoltées; le nombre des lampes est assez grand pour que le filament métallique d'une lampe puisse se refroidir entre deux allumages successifs de cette même lampe. De cette façon, on obtient, en un point déterminé de l'espace, une lumière pratiquement froide et très intense.



(*Société internationale de Lumière froide* [*Procédés Dussaud*], Paris. Brev. all., cl. 21 c, n° 256 162, 14.XII.11.)

Electrodes poreuses en charbon pour piles secondaires (Procédé de fabrication). — Ce procédé a pour but de revêtir les électrodes poreuses en charbon d'une couche de peroxyde de manganèse bon conducteur qui adhère aux électrodes et en emplit uniformément les pores.

Dans ce but, on fait dissoudre du carbonate de manganèse dans de l'acide azotique, puis on fait dissoudre dans l'alcool éthylique les cristaux obtenus à une concentration suffisante. On plonge ensuite les charbons poreux dans cette solution jusqu'à ce qu'ils en soient complètement imprégnés.

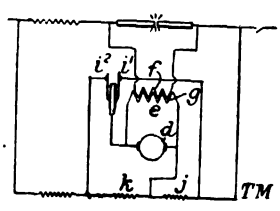
On fait alors sécher les charbons que l'on chauffe jusqu'à une température variant entre 128° et 132°. Après qu'on a ainsi chassé des cristaux le dissolvant et l'acide que ces derniers contiennent, il reste dans les pores et sur la surface du charbon une couche de peroxyde de manganèse de couleur brun sombre, qui y adhère fortement.

Les charbons ainsi préparés peuvent être employés comme électrodes positives pour piles secondaires, en employant alors comme électrodes négatives, des électrodes en plomb poreux dans une solution de chlorure de calcium ou des électrodes en zinc dans une solution de chlorure de zinc.

(*Ever Ready Metallindustrie Gesellschaft m. b. H.*, Allemagne. Brev. fr., cl. 12, n° 443 523, 8.V.12.)

Lampe à arc. — Le courant passant à travers un moteur électrique, qui régularise les électrodes d'une lampe à arc, est contrôlé par un électro-aimant *e* dont un des enroulements *f* est shunté avec les électrodes et dont l'autre *g* est shunté avec l'armature du moteur.

L'armature de l'électro-aimant est actionnée par un ressort et quand le voltage de l'arc est au-dessus ou en dessous de la valeur normale, elle relie le moteur *d* à une résistance *j* ou *k* par un contact i^1 ou i^2, le moteur tournant à ce moment dans le sens nécessité pour le réglage.



Si le moteur tourne trop vite, le courant dans l'enroulement *g* agit sur l'enroulement *f* pour ouvrir le circuit i^1 ou le circuit i^2 et si c'est nécessaire pour renverser le courant dans le moteur.

(*Harlé et Cie*, Paris. Brev. angl., cl. 30, n° 25 138, 11.XI.11.)

Lampes à vapeur de mercure pour éclairage ou stérilisation. — Dans cette lampe, on évite les coups de marteau, ce qui en facilite le transport. Pour cela, le tube longitudinal de la lampe est prolongé à l'intérieur des ampoules, les parties qui pénètrent dans les ampoules

Digitized by Google

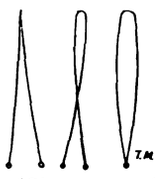
sont munies de perforations aux endroits convenables.

(*P. G. Triquet*, Seine. Brev. fr. cl. 12, n° 444 882, 20.V.11.)

Lampes électriques à incandescence à filament métallique. — Le filament métallique passe sur un certain nombre de supports de forme quelconque. L'invention est caractérisée par ce fait que ces supports sont munis à leurs extrémités de traverses droites ou courbes, dans le but de donner au filament à incandescence un maintien plus ferme, en particulier pendant la fabrication.

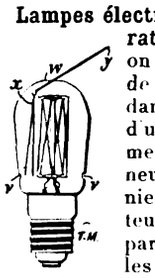
(*Société anonyme des usines Pintsch*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 444 898, 12.VI.12.)

Lampes électriques à incandescence. — Le filament, dont les extrémités sont fixées au socle de la lampe, est disposé suivant une courbe dont les projections sur des plans parallèles à l'axe de la lampe, ont le même nombre de points doubles ou de points de rebroussement et la même longueur totale.



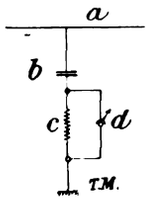
(*Siemens und Halske A. G.*, Berlin. Brev. all., cl. 21 f, n° 255 781, 23.IV.12.)

Lampes électriques à incandescence. Réparation. — Un filament étant usé, on le remplace à l'intérieur même de la lampe, en formant un trou w dans le verre par fusion. A l'aide d'un crochet y, on enlève le filament usé et on place un filament neuf. Les extrémités de ce dernier sont soudées aux conducteurs, et les joints sont séchés par des flammes introduites par les trous v. Les trous sont ensuite fermés.



(*Allgemeines Chemisches Laboratorium O. H. Arendt*, Berlin. Brev. angl., cl. 39, n° 22 235, 9.X.11.)

Mesure des tensions alternatives élevées (Procédé de). — On emploie un voltmètre électrostatique monté en série avec des condensateurs. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : une résistance c est montée en série avec les condensateurs b et en parallèle avec le voltmètre d; on évite ainsi les fausses indications du voltmètre dues aux charges statiques.



(*Siemens-Schuckert Werke G. m. b. H.*, Berlin. Brev. all., cl. 21 e, n° 256 041, 13.IX.11.)

Mesures électriques. — Un galvanomètre à courant alternatif a un électro-aimant 4 (fig. 1) et une bobine mobile 7 recevant du courant alternatif de même fréquence; l'électro-aimant 4 étant en série avec les résistances 5, 6 et la bobine mobile en série avec une capacité ou une inductance 8; ces deux circuits étant en parallèle ou réunis par une résistance 9.

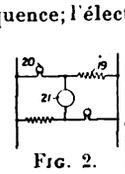


Fig. 2.

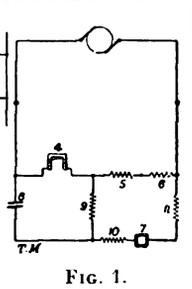


Fig. 1.

Pour mesurer l'inductance ou la capacité, aucune des résistances 5, 6, 10, 11 n'est employée, et le pont 9 constitue une très grande résistance ou bien il est supprimé. L'inductance ou la résistance à mesurer est placée en 8.

L'appareil est connecté de la même façon pour être employé en tant que voltmètre, une capacité constante étant intercalée en 8.

Quand l'appareil est employé en tant que mesureur de fréquence, les résistances 9, 10, 11 sont court-circuitées, la résistance 5 a une forte valeur, et les connections 5, 6 sont supprimées. La self induction de l'électro-aimant 4 et la capacité 8 sont réglées pour amener la bobine mobile au zéro pour une fréquence donnée, toute variation dans la fréquence amenant un déplacement.

Le circuit de la bobine mobile peut être séparé du circuit de l'électro-aimant.

La bobine mobile peut être shuntée sur une résistance qui peut être en série avec une résistance ne variant pas avec la température; ou bien la bobine 21 peut être reliée (fig. 2) à deux circuits, chacun d'eux contenant une résistance 19 et un filament métallique de lampe 20.

(*H. Abraham et J. Carpentier*, Paris. Brev. angl., cl. 37, n° 25 044, 10.XI.11.)

Oscillations électriques de haute fréquence (Dispositif pour produire des). — La figure 1 donne le schéma ordinaire d'une installation pour la production d'oscillations électriques à l'aide d'un courant alternatif.

En A est placé soit un alternateur, soit un transformateur alimenté par un courant alternatif ou un courant continu interrompu. En B, C, peuvent se trouver des bobines de self ou des résistances, en E, un éclateur, en S une bobine de self généralement accouplée (serrée ou lâche) avec une antenne.

Le condensateur D qui se charge toutes les

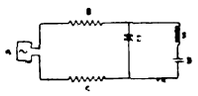


Fig. 1.

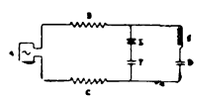


Fig. 2

demi-périodes, se décharge en oscillant lorsque la distance des électrodes de l'éclateur le permet.

Cette disposition des organes de l'émission ne donne pas, en général, des étincelles pures et nettement oscillantes, à raison d'une par demi-période. Il se forme, en effet, généralement une sorte d'arc qui absorbe inutilement de l'énergie en chauffant les électrodes. Ce défaut est d'autant plus accentué que l'énergie employée et que la fréquence du courant sont plus grandes.

La présente invention donne un nouveau moyen d'obvier à l'inconvénient signalé ci-dessus. Elle consiste à intercaler un second condensateur F en série avec l'éclateur ainsi que l'indique la figure 2. De cette façon, on peut obtenir une seule et pure étincelle par demi-période.

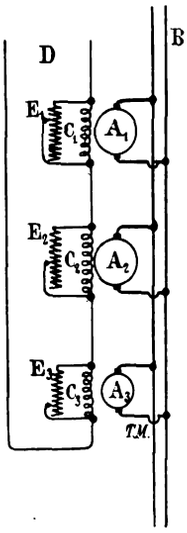
Contrairement à ce qui se passe dans le système utilisant les phénomènes de résonance dans le circuit d'alimentation, le dispositif décrit ci-dessus fonctionne avec des courants alternatifs de fréquences différentes sans nécessiter aucun nouveau réglage. Néanmoins, on peut utiliser la résonance dans le circuit d'alimentation pour obtenir une étincelle toutes les 2 ou 3 demi-périodes. On peut aussi combiner la méthode faisant l'objet de la présente invention avec toutes les autres indiquées ci-dessus, et employer concurremment tous les schémas de montage déjà connus.

En ce qui concerne les valeurs des capacités, le calcul montre que, si leur somme est donnée, pour obtenir le maximum d'énergie, la capacité du condensateur D doit être un peu inférieure à celle du condensateur F. Pour des raisons pratiques, on peut accentuer la différence.

(*Compagnie générale radiotélégraphique*, Seine. Brev. fr. cl. 12, n° 444 356, 5.VIII.11.)

Réglage de vitesse simultané d'un certain nombre de moteurs électriques à courant continu. — Dans certaines applications, plusieurs moteurs électriques, actionnant soit les diverses parties d'une même machine, soit un groupe de machines devant travailler sous la dépendance les unes des autres, doivent avoir leurs vitesses respectives liées entre elles suivant une loi donnée, cette loi devant être, d'autre part, variable à volonté. Autrement dit, la vitesse de chacun des moteurs doit pouvoir être fixée à volonté et indépendamment de la vitesse des autres moteurs, mais ceci fait, les vitesses de tous les moteurs doivent se maintenir automatiquement dans le même rapport tant que l'on ne touche plus aux appareils de réglage et ce rapport ne changeant pas, on doit pouvoir faire varier à volonté simultanément la vitesse de tous les moteurs.

La présente invention (système Joseph Bethenod) consiste en principe à exciter les divers moteurs dont les vitesses doivent être liées entre elles, au moyen d'une distribution à intensité constante. Les enroulements excitateurs des différents moteurs sont alors mis en série entre eux et avec une source quelconque à intensité constante. De cette manière, on réalise très simplement la condition que les changements produits dans la résistance d'une partie quelconque du circuit d'excitation, par exemple par le réglage préalable de la vitesse d'un moteur, ne peuvent pas influencer le courant général d'excitation et par conséquent la vitesse des autres moteurs. La vitesse de chaque moteur peut être réglée par tout procédé connu et en particulier au moyen d'un rhéostat shuntant son excitation. Le fait que l'intensité dans le circuit d'excitation est maintenue constante produit la liaison de la vitesse des différents moteurs, les induits de ceux-ci étant, d'autre part, alimentés par la même source ou des sources différentes en rapport de tension maintenu invariable. Les moteurs peuvent, en outre, être munis de tous dispositifs connus permettant de rendre leur vitesse indépendante de leur charge.



La figure représente schématiquement l'application de l'invention au cas de trois moteurs dont les induits sont désignés par A^1, A^2, A^3 et alimentés par une même distribution B. Les excitations C^1, C^2, C^3 des moteurs sont mises en série entre elles et avec une source D de courant continu. Des shunts réglables E^1, E^2, E^3 permettent de régler séparément la vitesse des différents moteurs.

Enfin, le réglage simultané de la vitesse de tous les moteurs pourra se faire en variant la valeur constante à laquelle est maintenu le courant dans le circuit d'excitation (en agissant pour cela convenablement sur la source de courant constant) ou en variant la tension du réseau B, ce qui peut être obtenu en alimentant celui-ci par une génératrice Léonard ou de toute autre matière connue.

(*Société alsacienne de Constructions mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 442 379, 19.VI.11.)

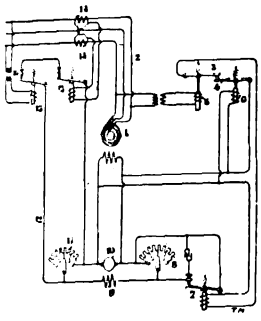
Réglage des générateurs électriques. — Cette invention a pour but de perfectionner le réglage des générateurs électriques en ajoutant au régulateur normal un régulateur spécial qui agit seulement au cas de perturbation anormale.

Le générateur 1 alimente la ligne 2. C'est par exemple un alternateur triphasé. Un régu-

Digitized by Google

lateur, par exemple un régulateur du type Tirrill, maintient le voltage constant sur le réseau.

Ce régulateur comprend les doigts vibrants 3 et 4, actionnés par les solénoïdes 5 et 6 quand le voltage varie sur la ligne 2 et sur le champ du générateur. Ces doigts mobiles, par l'intermédiaire du relais 7 ouvrent et ferment un shunt 10 du générateur 1. Ce régulateur maintient le voltage constant quel que soit le courant débité et si un court-circuit vient à se produire, il s'efforcera cependant de maintenir le voltage, conduisant ainsi le générateur à débiter un courant dangereux.

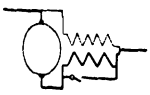


La présente invention conduit à placer un rhéostat 11 en série avec le champ 9 et le rhéostat 8. Autour de ce rhéostat, on place un shunt 12 comportant un interrupteur électro-magnétique 13 dont l'électro est alimenté par des transformateurs d'intensité 14, connectés par exemple comme il est indiqué; un deuxième interrupteur 15, également inséré dans le shunt 12, a son électro alimenté par le transformateur de potentiel 16.

On conçoit aisément que le régulateur normal agit par le relais 7 et le rhéostat 8 pour maintenir le voltage constant quel que soit le courant débité, mais que si le courant s'élève dangereusement ou si une surtension se produit l'un des interrupteurs 13 et 15 au moins s'ouvre, mettant en circuit le rhéostat 11 qui réduit l'excitation quelle que soit d'autre part l'action du relais 7 et de rhéostat 8 sous le contrôle du régulateur, qui en cas de surtension tend aussi à mettre 8 en circuit et au contraire en cas de surcharge tend à l'en retirer.

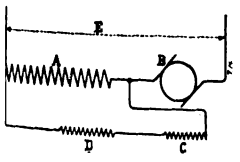
(*Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, Seine, brev. fr., cl. 12, n° 445 069, 17.VI.12.)

Récupération d'énergie électrique avec les moteurs compound. — L'action de l'enroulement principal est supprimée sitôt que prend naissance le courant de retour.



(*Walter Heymann*, Metz. Brev. all., cl. 21 d, n° 256164, 25.V.11.)

Self induction des enroulements des machines et appareils électriques (Procédé pour neutraliser la). — Cette invention (système Joseph Bethenod) permet de réaliser une neutralisation aussi complète que l'on désire de la self-induction d'un enroulement quelconque. — L'invention est représentée schématiquement par la figure 1 dans laquelle A est l'enroulement dont on veut neutraliser la self-induction. — En série avec A est placé l'induit B d'une petite machine auxiliaire dont l'excitation C est en série avec une forte résistance ohmique D, l'ensemble étant pris en dérivation aux bornes de A.



L'induit B présente par rapport à l'enroulement A une résistance et une self-induction négligeables; i désignant le courant dans C et g une constante, on peut écrire sensiblement

$$E = rI + L\frac{dI}{dt} + gi.$$

Or, à cause de la très grande résistance de D, l'ensemble CD agit comme un véritable voltmètre mesurant la tension aux bornes de A, c'est-à-dire $L\frac{dI}{dt}$; il en résulte que i est sensiblement de la forme $h\frac{dI}{dt}$.

On voit qu'en donnant à g une valeur et un signe convenables, par un choix judicieux des constantes de l'induit B, de l'inducteur C et de la résistance D, on pourra s'arranger pour que la somme

$$L\frac{dI}{dt} + gi$$

soit constamment nulle, c'est-à-dire que

$$E = rI$$

ce qui est la condition à réaliser.

La machine auxiliaire B pourra soit constituer l'une des machines d'un petit groupe auxiliaire tournant à vitesse sensiblement constante, soit être mise en bout d'arbre d'une dynamo principale, par exemple dans le cas où A représentera l'un des enroulements d'excitation d'une machine dynamo-électrique.

La dynamo auxiliaire B peut, en outre de l'enroulement C, être munie d'autres enroulements d'excitation séparés ou non.

On peut, dans certains cas, au lieu du montage précédent, alimenter l'ensemble CD par le secondaire d'un transformateur dont le primaire est monté en série avec l'enroulement A.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort, brev. fr., cl. 12, n° 444361, 5.VIII.11.)

Tubes à vide. — Un tube d'éclairage au néon a des électrodes dont la surface ne dépasse pas 1 dm², 5 par ampère de façon à produire un échauffement moindre des électrodes et à éviter, par conséquent, une occlusion rapide des gaz par des dépôts métalliques sur les tubes.

A de longs intervalles pendant l'emploi de ces tubes, du gaz en quantité supplémentaire, peut être introduit par une valve placée au fond et qui, pour purifier le gaz, peut contenir du lithium.

Les variations dans le courant, qui se produisent entre les admissions de gaz, peuvent être empêchées par une résistance automatiquement réglable.

Pour se débarrasser des gaz occlus dans les électrodes, celles-ci sont chauffées par un courant de forte intensité.

Un récipient contenant du charbon de bois et communiquant avec le tube peut être chauffé au commencement de l'échappement, il se refroidit ensuite lentement dans l'atmosphère; la dernière charge de gaz est alors admise et le récipient est refroidi par de l'air liquide.

Le gaz employé peut être séché pour empêcher la formation d'hydrogène dans le tube.

La teinte rougeâtre du néon est atténuée par l'emploi d'un courant de forte densité, soit un ampère pour un tube de 45 mm de diamètre. Un tube de 6 m de long, alimenté par un courant alternatif, nécessite 800 volts. Des tubes très courts peuvent être employés avec du courant continu de faible voltage, une force électromotrice plus élevée étant employée pour l'amorçage. Le tube peut être en quartz et les électrodes en carbone, en fer, en cuivre ou en aluminium.

(*Soc. l'Air liquide* [*Soc. anon. pour l'étude et l'exploitation des procédés G. Claude*]. Brev. angl., cl. 39, n° 24 164, 31.X.11.)

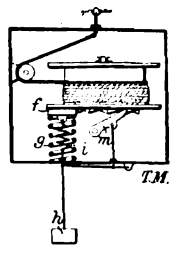
GAZ (INDUSTRIE DU)

Appareil indicateur de naphtaline pour le gaz d'éclairage. — Cet appareil indique la température de saturation du gaz en vapeur de naphtaline, il est constitué par un étranglement refroidi, auquel le gaz peut parvenir en conservant sa température propre. Un manomètre différentiel mesure l'obstruction causée par les cristaux de naphtaline, et la température de saturation cherchée est celle que marque le thermomètre pendant la période où l'obstruction préalablement amorcée se maintient constante, c'est-à-dire pendant laquelle le gaz ne peut plus nourrir les cristaux de naphtaline existant dans l'étranglement et ne peut pas encore les vaporiser. (Pour la description de l'appareil, voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 4 (15 août 1912), p. 141.)

(*Société du Gaz de Paris*. Brev. fr., cl. 15 n° 443 631, 9.V.12.)

GÉNIE MARITIME

Mines sous-marines. — Dispositif de freinage et de blocage dans la descente des mines. Le plomb h est relié au frein à ressort f, g, de façon que lorsque la vitesse à laquelle l'appareil descend croît, et que, par conséquent, la pression au-dessus du plomb croît, le freinage croît; de même, si la vitesse décroît, le freinage décroît.



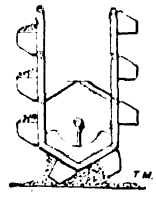
Un ressort i peut être interposé, et la connexion peut avoir un effet amplificateur.

Le plomb peut être relié à un linguet m formant verrou.

(*Harlé et Cie*, Paris. Brev. angl., cl. 9, n° 22 626, 13.X.11.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

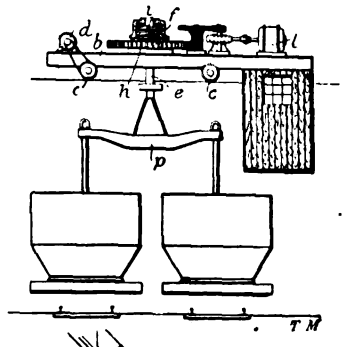
Godets pour la manutention des substances paramagnétiques. — Un système magnétique permet de parfaire le remplissage des godets.



(*Deutsche Maschinenfabrik Ag.*, Duisburg. Brev. all. cl., 81 e, n° 256 833, 25.I.12.)

Transporteur de charbon. — Un transporteur à trolley pour la manutention du charbon, depuis les wagons jusqu'à la trémie du haut fourneau, consiste en un joug p muni de deux bras et capable de tourner autour d'un axe vertical et de se déplacer le long de ce même axe.

Fig. 1.



L'axe e portant le joug est monté sur un trolley b se déplaçant sur des roues c, conduites par un moteur d.

Un second moteur l est relié par un engrenage hélicoïdal et des pignons à la roue h dont le moyeu est fileté et engrène une vis fixée au cadre du trolley. Une boite f tournant sur roulement à billes, fixé sur la roue h est relié à la partie supérieure de l'axe e de sorte que le moteur l sert à élever l'arbre e et le joug p.

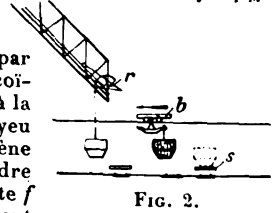


Fig. 2.

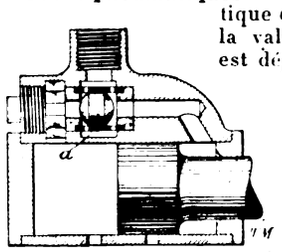
Digitized by Google

Chaque benne *s* remplie par le wagon (fig. 2) est saisie par un bras du joug et emmenée jusqu'à ce que l'autre bras du joug rencontre la benne vide supportée par l'élévateur *r*. Le joug s'empare de cette benne vide, tourne de 180° autour de son axe vertical, la benne pleine est déposée sur le support de l'élévateur et la benne vide est ramenée vers le wagon par le trolley *b* pour être remplie.

(*Pohlig Akt. Ges.*, Cologne, Allemagne. Brev. angl., cl. 78, n° 24 924, 8.XI.13.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

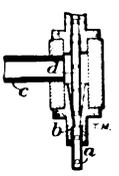
Outils pneumatiques. — Un outil pneumatique du type dans lequel la valve de distribution est déplacée par la compression du fluide, est muni d'une valve *a*, ayant une partie centrale cylindrique et des extrémités sphériques.



(*H. Dörnenburg*, Essen-Ruhr, Allemagne. Brev. angl., cl. 122, n° 22 940, 17.X.11.)

Meulage des billes. (Distribution des billes dans l'appareil à meuler.)

Les billes sont meulées entre des disques ayant un certain nombre de rainures formant meules. Les billes sont conduites dans ces rainures avec une rapidité correspondant à la vitesse de rotation des disques. Ceci est obtenu au moyen d'un jet de fluide. Le tube *a* conduit aux rainures de la machine à meuler; il part d'une tuyère *b* qui est reliée à un conduit *c*, amenant le fluide sous pression. Un tuyau *d*, placé dans la partie conique de la tuyère *b*, conduit les billes depuis une trémie supérieure jusqu'au tube *a*.



(*Norma-Cie*, Cannstatt-Stuttgart. Allemagne. Brev. angl., cl. 60, n° 22 324, 10.X.11.)

Machine à vérifier le profil des engrenages. — Cet appareil a pour but de mesurer le jeu qui peut exister entre les dents de deux roues dentées engrenant ensemble.

La figure 1 est une vue en élévation, la figure 3 est une vue en plan, les figures 2 et 4 sont des vues, respectivement en élévation et en plan, à plus grande échelle, relatives à des détails de l'appareil.

L'appareil comprend deux galets A et B

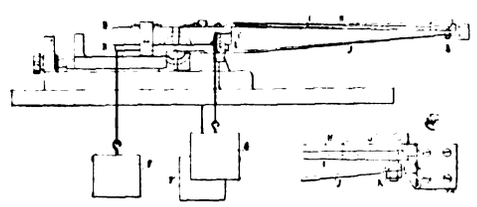


Fig. 1. Fig. 2.

entraînés par deux lames flexibles E et E' dont les extrémités sont fixées ensemble à l'extrémité d'une vis V. La tension est donnée à ces lames par des poids F et F'; l'entraînement est assuré par des vis *v* et *v'* qui fixent les lames sur les galets; le mouvement de déplacement des galets est ainsi donné à l'aide de la vis V en manœuvrant le volant W. Le rayon des galets est tel que, augmenté de l'épaisseur de la lame correspondante, il soit égal au rayon du cercle primitif; on voit aisément que les deux galets roulent exactement l'un sur l'autre sans glissement.

L'une des roues à essayer, C, est montée folle sur le même axe que le galet A; l'autre, D, est fixée sur le galet B à l'aide de brides et de boulons; le contact des dents est assuré à l'aide d'un poids G. Sur le galet A est fixé un levier J; de même, sur la roue C, un levier I. A tout déplacement relatif de A et de C correspond

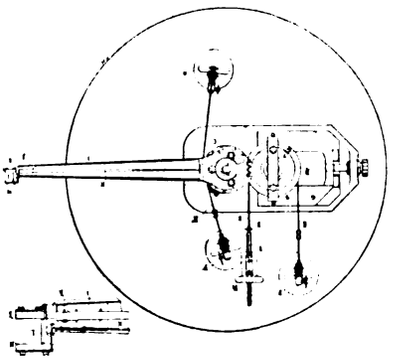


Fig. 4. Fig. 3.

un déplacement angulaire de I et de J; toutefois, pour diminuer la longueur de ces leviers, on a disposé un renvoi à l'aide d'une aiguille H; cette aiguille est en équilibre sur un pivot K fixé sur le levier J. L'aiguille H porte à son extrémité un plateau M muni de stries verticales; un plateau analogue N est porté par le levier I; ces deux plateaux sont réunis par une pièce L aimantée; les stries pratiquées servent à régler la position de la pièce L et à faire varier le bras de levier autour du pivot K.

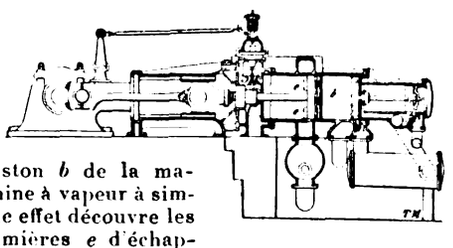
On voit, de cette façon, que tout déplacement angulaire respectif de I par rapport à J se transmet à l'aiguille H; on peut graduer et mesurer le déplacement relatif des deux cercles primitifs.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : A l'aide du volant W et de la vis V, on tire sur les lames E et E'; celles-ci entraînent les galets A et B qui roulent sans glissement l'un sur l'autre; la roue dentée D entraîne la roue dentée C; si les profils n'engrènent pas entre eux d'une façon parfaite, il pourra se produire des déplacements relatifs de la roue C par rapport au galet A, puisque celle-ci est folle sur son axe; ce déplacement sera enregistré par l'aiguille H sur son cadran.

(*Société anonyme des anciens établissements Panhard et Levassor*, Seine, brev. fr., cl. 5, n° 444 600, 10.VIII.11.)

MACHINES THERMIQUES

Compresseur à vapeur tandem à deux étages. — L'une des extrémités du cylindre de la machine à vapeur à simple effet, sert de cylindre à basse pression pour le compresseur, l'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : Le



piston *b* de la machine à vapeur à simple effet découvre les lumières *e* d'échappement de vapeur ménagées dans les parois du cylindre; mais ces lumières ne sont jamais en communication avec la partie du cylindre servant à la compression de l'air.

(*Johann Stumpf*, Berlin. Brev. all., cl. 27 b, n° 256 567, 3.X.09.)

Injecteur pulvérisateur de combustible pour moteurs Diesel et autres. — La présente invention consiste dans une disposition du pulvérisateur, dont le fonctionnement est dérivé de celui des carburateurs employés pour les moteurs à essence, et qui peut procurer une pulvérisation régulière du pétrole.

La figure 1 est une coupe verticale par l'axe de l'appareil suivant XX (fig. 2), la figure 2 est une coupe horizontale suivant YY de la figure 1.

La pièce A fait partie de la culasse du cylindre, ou est fixée sur cette culasse; elle sert de logement au pulvérisateur, B est une pièce de fond, fixe; C, une pièce intermédiaire, fixe; D, une pièce supérieure, fixe; cette pièce D appuie sur les deux premières et les assujettit; E, est l'aiguille d'injection, manœuvrée par une came, ou tout autre dispositif.

Fig. 1.

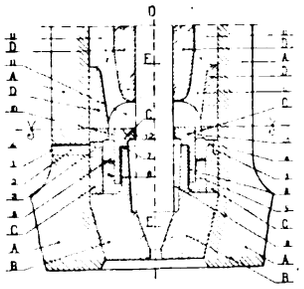
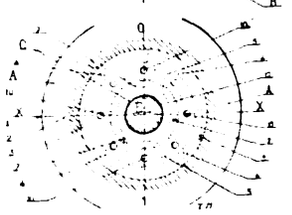


Fig. 2.



Le combustible liquide (pétrole), refoulé par la pompe jaugeuse, arrive en 1 de la pièce A, d'où il est amené par le conduit 2, dans une gorge circulaire 3, pratiquée autour de la pièce C. De cette gorge 3, partent les conduits 4, 4... 4 qui amènent le combustible dans la chambre annulaire 5, d'où le conduit annulaire 6 et les orifices obliques 7, 7... 7 lui permettent de s'introduire dans la chambre de carburation 9, autour de l'aiguille d'injection E.

Les trous 10, 10... 10, mettent en communication la chambre 5 avec les chambres 11, 11... 11, de la pièce supérieure D. Ces chambres 11 sont en communication permanente avec le réservoir d'air comprimé; la pression de cet air est donc en permanence dans la chambre 5.

L'air en pression est aussi en permanence dans la chambre 9, qui communique avec les chambres 11, par un jeu convenable, ménagé entre la pièce intermédiaire C et l'aiguille E.

Le liquide prend son niveau dans la chambre 5 et dans l'espace annulaire 6. Quand la tige E est soulevée, et que le pulvérisateur est en communication avec le cylindre du moteur, l'air se précipite avec une grande vitesse par l'espace annulaire 12, en glissant le long de la paroi de l'aiguille E, et en se détendant un peu pour remplir la chambre 9.

Sous l'influence de la pression permanente exercée par l'air, sur la surface du combustible liquide dans la chambre 5 et de la petite dépression qui se produit dans la chambre 9, le pétrole monte dans l'espace annulaire 6, puis il est lancé par les orifices 7, 7...7 qui forment autant de gicleurs. Ces orifices sont dirigés tangentiellement à l'aiguille E; ils lancent donc le pétrole contre la paroi extérieure de la chambre 9, et ce pétrole tend à prendre un mouvement circulaire en tapissant la paroi de cette chambre.

L'air qui descend par le passage 12 forme une nappe annulaire qui divise et entraîne le liquide; les moments des quantités de mouvement par rapport à l'une sont conservés, et le liquide décrit des hélices en se divisant de plus en plus.

Il résulte de ce mouvement de rotation une dispersion du liquide à son arrivée dans le

Digitized by Google

cylindre, qui s'ajoute à celle qui est due à la détente de l'air et à son élévation de température dans le cylindre ; on obtient par suite un mélange plus intime de l'air avec son comburant.

(*Société anonyme des Etablissements Delaunay-Belleville*. Brev. fr., cl. 5, n° 442 648, 18.IV.12.)

Turbine à explosions. — La figure 1 montre, en coupe schématique verticale, l'ensemble de la turbine à explosions.

La figure 2 donne la coupe transversale de la turbine et la figure 3 la coupe correspondante du compresseur.

La turbine à explosions est constituée de la façon suivante : à l'intérieur d'un corps cylindrique fixe *a* (fig. 2) se trouve un corps tubulaire *b* excentré. Ce corps est calé sur l'arbre moteur *k* et porte à sa périphérie des volets radiaux articulés *c* s'appuyant sur les parois de *a* par l'intermédiaire de garniture d'étanchéité *l*. Ces volets balaient la chambre de section variable *d*. L'enveloppe comporte un ajutage d'admission *e* du mélange explosif comprimé et des fenêtres pour réaliser l'échappement et le refroidissement aérothermique du moteur.

Fig. 1.

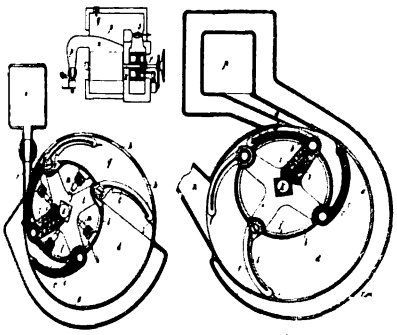


Fig. 2.

Fig. 3.

Le compresseur a une constitution analogue à celle de la turbine ainsi que l'indique la figure 3. Il aspire le mélange explosif dans le carburateur *p'* (fig. 1) par l'intermédiaire de la buse d'admission *n*, et le refoule sous pression dans un réservoir intermédiaire *p* qui alimente la turbine.

L'inflammation du mélange emprisonné dans les chambres d'explosion de la turbine définies entre les parois du stator et du rotor et les volets voisins, s'obtient au moyen de bougies d'allumage *m* ou autres inflammateurs qui reçoivent le courant d'un collecteur distributeur de courant *p* sur les bagues duquel sont disposés des anneaux faisant office de balais et supprimant les frottements et les étincelles d'extra-courant de fermeture ou de rupture.

(*Henri Coanda*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 443 531, 17.VII.11.)

MÉTALLURGIE

Affinage des métaux. — On assimile au métal en fusion une matière pulvérulente produite par l'action de l'acide chlorhydrique, préalablement traité par le mercure, sur une mince plaque d'aluminium. Le métal ainsi additionné de cette matière est ensuite soumis à un courant électrique, dans une cuve garnie d'acide nitrique et de mercure en suspension de manière qu'il se produise une dissociation, sous forme de particules moléculaires affinées, qui viennent s'appliquer contre un support ou plaque d'aluminium où on les recueille.

(*Maurice Caire*, Seine. Brev. fr. cl. 8, n° 444 669, 6.VI.12.)

Alliage de nickel. — Cet alliage présente une grande résistance aux agents chimiques et se laissant travailler facilement. Il contient au moins 50 °/₀ de cobalt et une quantité d'argent pouvant atteindre 1 °/₀.

(*Gebr. Bochers, Chemische Fabriken*, Goslar a. Harz. Brev. all., cl. 40 b, n° 256 123, 21.VI.12.)

Chrome (Procédé permettant d'obtenir ce métal en vue de la fabrication de filaments pour lampes électriques à incandescence, de manchons pour l'éclairage à incandescence par le gaz, etc.). — On prend une combinaison du chrome avec l'hydrogène, l'oxygène, le soufre ou un autre métalloïde ; on forme avec cette combinaison et un liant quelconque, la cellulose, par exemple, des masses pouvant être filées et dans lesquelles on enlève le liant et le métalloïde après avoir réduit le chrome à l'état métallique. On peut, au contraire, prendre le chrome à l'état colloïdal et le porter à haute température dans un gaz neutre pour lui donner de la solidité et le rendre conducteur après l'avoir filé.

(*P. M. C. Séguy*, Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 443 530, 17.VII.11.)

Dispositif pour recouvrir des objets avec du métal. — Le métal maintenu liquide dans un récipient ouvert est chassé de ce dernier par un éjecteur qui est placé dans le liquide même, au-dessous de sa surface, et est pulvérisé par une tuyère de distribution qui y est raccordée directement. Dans ce cas, on peut actionner l'éjecteur à volonté, au moyen d'un agent sous pression froid ou chauffé. Il suffit d'introduire de l'air comprimé froid, étant donné que le chauffage nécessaire est effectué par le placement de l'éjecteur dans le métal liquide.

Dans la figure 1, 1 désigne la bassine de fusion ouverte qui reçoit le métal liquide et dont le chauffage peut être assuré par un brûleur à gaz annulaire ou en couronne 2. Au fond de cette bassine, est disposée l'embouchure de la tuyère 3 de l'éjecteur. L'agent sous pression qui sert à actionner ce dernier est introduit par la tubulure 4. La tuyère est disposée, au moyen d'un pas de vis, dans le support 5. Le métal liquide arrive par de larges trous 6 qui démasquent complètement la partie inférieure de la tuyère 3 à l'orifice de celle-ci et est entraîné, en vertu de son aspiration, par le jet d'air, à travers le distributeur 7 à l'orifice duquel il est finement pulvérisé. Le distributeur 7 est chauffé par des flammes qui s'échappent latéralement du brûleur annulaire 2. Pour tenir celle-ci éloignée de l'orifice de sortie, on munit l'extrémité du tube 7 d'une plaque de protection.

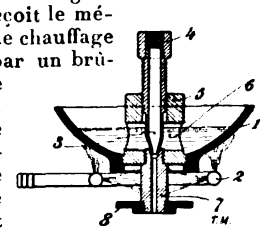


Fig. 1.

Alors que, dans cette disposition, le métal sort du récipient en descendant verticalement, la figure 2 montre une disposition dans laquelle la sortie se fait horizontalement.

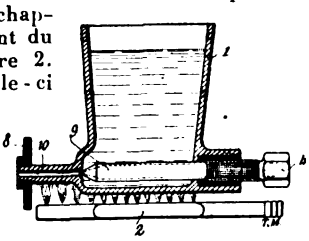


Fig. 2.

1 désigne également le récipient à liquide ; 2 le brûleur à gaz. La tuyère d'éjection 9 est disposée ici, horizontalement au fond du récipient et entraîne le métal liquide à travers le tuyau 10 raccordé au récipient dans son axe de prolongement, afin de pulvériser également le métal de son orifice. Dans ce cas également, le distributeur 10 est chauffé par le brûleur et il est prévu une plaque de protection 8 qui tient la flamme éloignée de l'orifice du tuyau. Dans cette forme d'exécution du dispositif, il se produit un fort échauffement de l'agent sous pression, en raison de ce que la tuyère se trouve sur une grande longueur, dans le métal chaud.

(*Gustave Ostermann*, Allemagne. Brev. fr., cl. 8, n° 444 179, 18.V.12.)

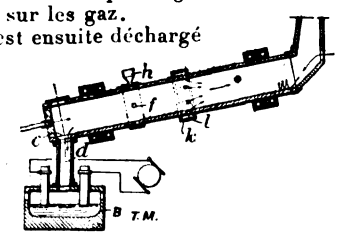
Ferrosilicium. — Du ferrosilicium est préparé par réduction des briques de silice qui formaient la garniture de fourneaux à acier, et qui ont absorbé une certaine quantité de fer. La réduction est poussée plus ou moins loin, suivant le type de fourneau ; les briques sont broyées, de préférence avant le commencement de la réduction.

(*C. Bingham*, London. Brev. angl., cl. 82, n° 22 755, 16.X.11.)

Réduction d'oxydes. — Les oxydes, tels ceux de fer, sont réduits en introduisant le minerai non mélangé de carbone à la partie supérieure d'un fourneau rotatif incliné, l'oxyde de carbone étant introduit par la partie inférieure.

L'air est introduit à des étages intermédiaires pour brûler les gaz, et le carbone est versé à l'étage inférieur pour agir sur l'oxyde et sur les gaz.

Le produit est ensuite déchargé dans un four électrique. Les gaz introduits à la partie inférieure du four, peuvent être ceux produits par un four électrique traitant les oxydes par le carbone.



Dans une modification, l'oxyde de carbone est brûlé quand il entre à la partie inférieure du four.

Le four rotatif incliné comporte une série d'ouvertures *l*, communiquant avec une ceinture fixe *k* pour l'introduction de l'air, et une série de trous *f*, qui communiquent périodiquement avec des ouvertures *h*, contenant le carbone.

Une série d'ouvertures d'échappement *c* du minerai traité communiquent à chaque tour avec un tuyau *d* conduisant le minerai dans le four électrique B.

(*Société électrométallurgique française*, Froges, Isère. Brev. angl., cl. 51, 72 et 82, n° 22 236. 9.X.11.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Désélectrisation de produits industriels. — Ce procédé consiste à faire agir des émissions et rayonnements radio-actifs sur les produits en question, soit au cours des opérations qu'on leur fait subir, soit pendant les phases de repos pouvant exister entre les différentes périodes de leur transformation (Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 5 (1er mars 1913), p. 207.

(*Bela Szilard*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 443 717, 11.VI.12.)

Imperméabilisation des vêtements. — On imprègne d'une solution imperméabilisante des étoffes amidonnées et repassées et on sèche ensuite partiellement et on fait agir une solution de celluloïd à laquelle on ajoute un peu d'huile de ricin et une matière colorante ; on sèche, calandre et polit la surface d'abord avec de la pierre ponce, puis avec du talc et de la craie.

(*A. Zimmer*, à Londres. Brev. amér., n° 1 025 731, 7.V.12.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

ENSEIGNEMENT

Cours de perfectionnement payants destinés aux candidats-contremaîtres.

MM. Ludwig Lœwe et C^ie^, constructeurs de machines-outils à Berlin, dont les immenses ateliers occupent un personnel considérable, ont reconnu la nécessité d'instituer des cours spéciaux destinés aux ouvriers qui désirent postuler un emploi de contremaître.

Malgré le développement général des industries mécaniques, et à cause de ce développement même, il devient de plus en plus difficile de recruter des contremaîtres capables et de les conserver; cette fonction intermédiaire ne satisfait, ni les ouvriers ambitieux, ni les jeunes gens qui ont passé par des écoles et qui aspirent à des situations plus en vue; d'autre part, étant donné les difficultés qu'elle présente, elle ne peut être remplie avec succès par les ouvriers ordinaires qui s'effraient avec juste raison des responsabilités morales et techniques auxquelles ils seraient exposés comme chefs, alors qu'ils mènent comme ouvriers une existence tranquille.

Pour tourner la difficulté, au lieu de l'aborder de front comme l'ont fait MM. Ludwig Lœwe et C^ie^, on a souvent recours à des solutions onéreuses et compliquées. Par exemple, on met à la tête de chaque atelier un contremaître et plusieurs adjoints qui se partagent les diverses fonctions techniques, administratives et commerciales. On adjoint au contremaître un comptable, un dessinateur et un commis d'ordres s'occupant du personnel. La division du travail correspond ici à une dépense inutile et à un affaiblissement nuisible de l'autorité du contremaître qui doit rester pleine et entière. Il est donc préférable de priver les chefs d'ateliers de ces collaborations dispendieuses et embarrassantes en leur procurant, au moyen de cours de perfectionnement réservés aux candidats-contremaîtres, les connaissances qui pourraient leur manquer.

Organisation des cours. — Ces cours sont destinés, non aux contremaîtres en exercice, dont la présence à un cours de perfectionnement diminuerait le prestige, mais aux candidats - contremaîtres qui doivent fournir, à l'appui de leur demande d'admission, une série de renseignements concernant leurs antécédents techniques et moraux. La liste des candidats est examinée chaque année, au moment de l'ouverture des cours, par une commission de chefs de service chargée d'éliminer ceux qui ne paraîtraient pas aptes à remplir les fonctions qu'ils postulent.

Les cours sont payants, la gratuité ayant paru, avec raison, devoir être évitée, de peur de les faire rentrer dans la catégorie des institutions charitables dont l'ouvrier a une si profonde horreur. Toutefois, les candidats qui se sont le plus distingués pendant leur scolarité se voient rembourser leurs frais d'études.

Les cours, suivis par trente candidats au maximum, ont lieu après le travail et absorbent quatre heures par semaine; les ateliers ferment à cinq heures et quart et le cours commence à 5 h 1/2 pour se terminer à 7 h. Les cours n'ont lieu que pendant l'hiver. Chaque année scolaire comporte ainsi environ 100 heures de cours. En réalité, les cours sont au nombre de deux, dont un cours préparatoire et un cours supérieur, le passage de l'un à l'autre n'étant autorisé que pour les élèves qui ont donné toute satisfaction pendant leur année préparatoire.

Programme des cours, — Le cours préparatoire a surtout pour objet de familiariser les élèves avec la pratique des calculs qu'ils auront à effectuer à propos des travaux. Dans le cours d'*arithmétique d'atelier*, on apprend l'emploi de la règle à calcul et des abaques, le calcul du poids des pièces et des trains d'engrenages. Tous les calculs sont disposés suivant des tableaux ou d'après des abaques, ce qui permet d'établir facilement le prix de revient des séries de pièces. On donne aux élèves des notions de physique et de mécanique, ayant surtout pour but de leur faire bien connaître les lois fondamentales et de les rendre capables de comprendre le fonctionnement des changements de vitesse des machines-outils, ainsi que d'en apprécier le rendement.

Le cours supérieur, qui comporte également cent heures, est surtout consacré à l'étude théorique et pratique des calculs d'atelier, ayant pour but principal l'établissement des prix de revient. Les futurs contremaîtres sont également initiés à la connaissance des règlements concernant l'embauchage et le débauchage, le paiement des salaires, le travail des mineurs, les appareils de sécurité, etc.

La direction des cours est confiée au directeur des cours d'apprentissage de l'usine, qui a pour collaborateurs des professeurs choisis parmi le nombreux état-major d'ingénieurs attachés à l'établissement. D.

STATISTIQUES

Prix des charbons, des cokes et des produits sidérurgiques dans les différents pays d'Europe pendant la période 1903-1912.

Prix des charbons (1).

ANNÉES (1er janvier)	FRANCE (NORD) Tout-venant industriel à 25 % de gros	BELGIQUE Fines grasses type II	ALLEMAGNE Tout-venant gras (bourse d'Essen)	ALLEMAGNE Tout-venant gras Dudweiler	ANGLETERRE Northumberland à vapeur
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1903 . .	16,50	12,98	11,25 à 12,18	13,875	14,375
1904 . .	15,50	13,04	11,25 à 12,18	13,875	11,875
1905 . .	15,25	11,78	11,25 à 12,18	13,875	11,25
1906 . .	18 »	11,70	11,62 à 12,18	13,875	11,55 à 12,15
1907 . .	18,50	15 »	13,125 à 13,75	15,125	11,90 à 16,85
1908 . .	18,50	17 »	13,75 à 14,375	15,125	15,90 à 16,85
1909 . .	17,50	14 »	13,75 à 14,375	14,75	12,50 à 12,80
1910 . .	17,50	13 »	13,125 à 13,75	14,75	13,75 à 14,05
1911 . .	18,50	13 »	13,125 à 13,75	14,75	12.15
1912 . .	18,50	13,53	12,625 à 13,75	14,75	14,35

Prix des cokes.

ANNÉES (1er janvier)	FRANCE	BELGIQUE	ALLEMAGNE (Kohlen-Syndikat)	ANGLETERRE (Newcastle)
	fr.	fr.	fr.	fr.
1903	20 »	18 »	18,75	20 »
1904	20 »	18 »	18,50	18,125
1905	18,80	17 »	18,75	18,30
1906	20 »	20 »	20,625	18,30
1907	26,50	25 »	23,125	32,50
1908	26,50	25 »	23,125	20,60
1909	21,50	19,50	20,625	20,30
1910	21,50	19,50	18,75	21,55
1911	22,10	22 »	20,625	20 »
1912	Pas encore fixé.	22 »	20,625	20 »

Prix des produits sidérurgiques.

ANNÉES (1er janvier)	FRANCE (NORD) acier	BELGIQUE fer	ALLEMAGNE acier	ANGLETERRE (MIDDLESBROUGH) Fer	ANGLETERRE (MIDDLESBROUGH) Fonte n° 3 G M B
	fr. la tonne	fr. la tonne	fr. la tonne	fr.	sh.
1903	150 »	132,50	131,25	156,25	48- 4,74
1904	140 »	127,50	137,50	150 »	43- 1,19
1905	132,50	127,50	135 »	153 »	47- 0,86
1906	155 »	155 »	143,75	175 »	50-10,96
1907	200 »	170 »	187,50	193,95	56- 4,45
1908	170 »	155 »	143,75	187,50	51- 0,88
1909	140 »	132,50	134,375	175 »	47- 6,71
1910	160 »	150 »	135 »	175 »	47- 6,71
1911	165 »	135 »	140 » à 143, 75	175 »	49-10,72
1912	165 »	147,50	132,50 à 133,75	175 »	»

(1) D'après la *Revue Noire*.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. *Le Gérant :* E. PINAT.

Digitized by Google

La Technique Moderne

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

APPLICATION DES MOTEURS DIESEL AUX NAVIRES DE GUERRE

Il est d'opinion courante, à l'heure actuelle, que le moteur Diesel, dont les applications à terre deviennent de plus en plus nombreuses, dont l'emploi s'étend chaque jour davantage à bord des cargos, est destiné à remplacer, à brève échéance, le moteur à vapeur à bord des bâtiments de combat (1). Ses avantages militaires incontestables (simplicité de manœuvre, suppression des tuyautages de vapeur et amélioration corrélative des conditions de température des soutes à munitions, facilité de mise en marche immédiate si précieuse pour les sous-marins), sa faible consommation de combustible, qui atteint seulement le tiers de celle du moteur à vapeur, sont bien faits, à première vue, pour confirmer cette opinion.

Il y a lieu de remarquer, toutefois, que, pour un appareil moteur, la considération militaire qui prime toutes les autres, est la sécurité du fonctionnement. Un bâtiment de combat doit pouvoir compter sur son appareil moteur tant au point de vue du combat qu'au point de vue de l'entraînement militaire, qui se trouve arrêté quand une avarie de moteur rend le bâtiment indisponible.

La machine alternative et la turbine ont fait leurs preuves; un autre moteur ne pourra leur être substitué qu'autant qu'il présentera des garanties de robustesse et d'endurance équivalentes.

Certes, il existe des moteurs Diesel à terre et à bord de cargos, qui soutiennent la comparaison à ce point de vue; mais, en dehors du fait que ces moteurs sont en général de puissance inférieure à 1 000 ch, leur poids, par cheval, atteint et dépasse 80 kg. Or, tandis qu'à terre ou à bord des bâtiments de commerce, les conditions de poids n'ont pas une importance capitale, il en est tout autrement à bord des bâtiments de guerre.

Conditions de poids nécessaires pour réaliser l'équivalence entre un moteur Diesel et un moteur à vapeur.

Prenons le cas d'un bateau à vapeur, genre torpilleur, ou sous-marin à machines alternatives à allure rapide, de puissance relativement faible. Le poids par cheval-vapeur effectif d'un bâtiment de ce type : machines, chaudières, eau et servitudes, ne dépasse pas 26 kg par cheval.

Soit F, la puissance en chevaux; ϖ, le poids d'approvisionnement de combustible.

Pour un même type de bâtiments, ϖ est sensiblement proportionnel à F.

Posons : $\varpi = KF$.

Le poids total P, combustible et appareils moteurs et évaporatoires, sera, en tonnes :

$$P = F(K + 0{,}026).$$

Le même bateau avec moteur Diesel, toutes choses égales d'ailleurs, n'aura besoin que d'un poids de combustible égal à $\frac{KF}{3}$.

Le poids x, par cheval effectif, sera donné par :

$$P = F(K + 0{,}026) = F\left(\frac{K}{3} + x\right).$$

Or, à bord des bâtiments du type envisagé, le seul réalisable avec des moteurs unitaires de puissance ne dépassant pas 1 000 ch, la valeur de K est inférieure à 0,0135. La valeur de x correspondante est de 35 kg.

La solution comportant l'emploi des moteurs Diesel ne devient donc préférable qu'autant qu'on peut réaliser un moteur de ce type ayant les mêmes garanties de solidité et d'endurance qu'un moteur à vapeur avec un poids par cheval inférieur ou au plus égal à 34 kg (1).

La faible augmentation de poids par cheval permise par l'économie de combustible tient au poids relativement faible de celui-ci par rapport au poids de l'appareil moteur et évaporatoire, nécessité par la considération militaire d'une vitesse maximum élevée.

Prenons, au contraire, le cas d'un cargo de 800 ch effectifs, filant 8 nœuds, de 1 500 milles de rayon d'action, muni de Diesel d'un poids atteignant jusqu'à 120 kg par cheval, et consommant 0 kg 200 par cheval-heure. Le raisonnement inverse du précédent montre qu'il est équivalent à un moteur à vapeur de 45 kg par cheval, correspondant à un coefficient K de 0,113, au lieu de 0,0135 pour le torpilleur.

La machine à vapeur de cargo pesant largement plus de 45 kg par cheval, il y a donc, dans ce cas, avantage marqué pour le Diesel.

Cette simple comparaison montre que le problème de l'utilisation du Diesel est singulièrement plus difficile à résoudre à bord des bâtiments de guerre qu'à bord des cargos, et que le fait qu'une solution ait été trouvée pour ceux-ci, n'implique nullement qu'il en soit de même pour ceux-là.

Il est juste de dire qu'à bord des cuirassés, on pourrait admettre des poids par cheval comparables à ceux des cargos, mais il faudrait alors des moteurs d'une puissance unitaire minimum de 6 000 ch, que l'état actuel de la question ne permet pas d'envisager.

Nous avons vu précédemment que, pour le bâtiment du genre torpilleur, le poids par cheval était de 26 kg. Sur ces 26 kg, 12,5 environ correspondent à la machine proprement dite.

Soit :

$$P,\ p_m \text{ et } N$$

la pression maximum, l'ordonnée moyenne et le nombre de tours de la machine à vapeur

$$P',\ p'_m \text{ et } N'$$

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 7 (1er Avril 1913), p. 254.

(1) La comparaison avec les turbines donnerait 27 kg au lieu de 35 kg.

Digitized by Google

les mêmes quantités pour un moteur Diesel à quatre temps de même puissance et de solidité équivalente.

On peut admettre, comme première approximation, que le poids par cheval ϖ a pour valeur en fonction de ces quantités :

$$\varpi = A\frac{P}{p_m N} \quad (1)$$

Le poids par cheval ϖ' du Diesel de solidité équivalente sera :

$$\varpi' = 4A\frac{P'}{p'_m N'}.$$

On aura donc :

$$\varpi' = 4\varpi\frac{P'}{P}\frac{p_m}{p'_m}\frac{N}{N'}.$$

P, P', p_m, p'_m sont des constantes des appareils ; on aurait donc intérêt à augmenter N' pour diminuer ϖ'.

Or, pour le type de bâtiment envisagé, N atteint 400 tours-minute ; cette valeur paraît être un maximum pour N' tant, d'une part, pour conserver le bon rendement organique du Diesel que pour ne pas faire intervenir des forces d'inertie trop élevées.

Admettons $N = N'$.

Prenons :

$$P = 17 \text{ kg } 500, \quad P' = 35 \text{ kg} \quad p_m = 4 \text{ kg}, \quad p'_m = 7 \text{ kg}.$$

On trouve : $\varpi = 57$ kg pour le moteur à quatre temps.

Pour le moteur à deux temps, en admettant un gain de 30 %, on trouve un poids $\varpi' = 40$ kg (1).

Ces valeurs sont sensiblement plus fortes que celle de 31 kg trouvée comme maximum admissible pour réaliser l'équivalence.

En employant des modes de construction différents et des métaux convenables, on peut espérer, toutefois, les réduire sensiblement.

Telles quelles, elles donnent déjà une idée de la difficulté du problème.

Surpressions résultant d'incidents normaux de fonctionnement.

Nous allons, d'ailleurs, montrer que les chiffres ainsi trouvés ne donnent nullement une sécurité équivalente à celle de la machine à vapeur, du fait que la valeur 35 kg, prise pour P', — soit la valeur maximum de compression en fonctionnement normal — n'est nullement la valeur maximum de la pression éventuelle dans le cylindre.

Alors, en effet, qu'avec le moteur à vapeur, quand le timbre des chaudières est atteint, le registre de vapeur ouvert en grand, on atteint la pression maximum pour laquelle doivent être calculées les pièces, il peut, dans le moteur Diesel, se produire du fait d'incidents *normaux* de fonctionnement : non-étanchéité d'aiguille, ou allumage succédant à des ratés, des pressions très supérieures à la compression de 36 kg absolus.

Dans ces deux cas, le pétrole se trouve injecté pendant la course de compresion, et la cylindrée contient dès lors un véritable mélange explosif. L'allumage a lieu au moment où la température produite par la compression est devenue suffisante, et le moteur fonctionne alors comme un moteur à explosion ayant de l'avance à l'allumage. En admettant la température de 300° C, soit 573° absolus comme température d'inflammation du mélange, celle-ci se produirait, pour la cylindrée normale, avec une avance de 40° sur le point mort supérieur (Voir fig. 3, courbe III, p. 293), correspondant à une fraction de course de 0,12. Si on tient compte de l'allure lente du moteur Diesel (350-400 tours-minute au lieu de 1 200-2 000 pour un moteur à explosion) dont l'avance normale est en général inférieure à 0,01 de la course, on voit l'effet grave qui résulte pour ce moteur d'un allumage prématuré, tant au point de vue de la fatigue des organes mécaniques que des surpressions possibles dans les cylindres.

La détermination de la pression maximum en fin de compression, ou, ce qui revient au même, de la température, le volume de l'espace mort étant connu, nécessite la connaissance du moment où se produit l'inflammation. Comme il est difficile de faire des hypothèses à ce sujet, la loi de température dans le cylindre variant avec l'importance de la fuite, nous admettrons que la combustion a lieu à volume constant dans l'espace mort. Etant donné que l'étude des surpressions qui se produisent dans les cas envisagés, ne peut donner lieu qu'à des chiffres approximatifs, cette hypothèse n'est admissible qu'autant qu'elle nous conduit à des chiffres inférieurs à la réalité. Vérifions qu'il en est ainsi. Soit :

t_0, V_0, la température et le volume initial de la cylindrée.

T_2, V_2, la température finale, en supposant que l'allumage ait lieu à une fraction de course correspondant à un volume V (V_2 est le volume de l'espace mort du cylindre).

t et T les températures avant et après combustion dans le volume V.

t_2 et T'_2 les températures avant et après combustion, en admettant que celle-ci ait lieu dans le volume V_2 de l'espace mort.

ϖ le poids des gaz de la cylindrée.

c la chaleur spécifique du mélange d'air et de vapeur de pétrole à volume constant.

c' la chaleur spécifique des produits de la combustion à volume constant.

Q, la quantité de chaleur dégagée par la combustion.

Etant donné le faible rapport du poids de combustible au poids d'air de la cylindrée $\frac{1}{28}$ environ, c et c' sont peu différents de la chaleur spécifique de l'air à volume constant γ que nous prendrons comme valeur commune de c et c'.

Nous avons :

$$t = t_0\left(\frac{V_0}{V}\right)^{n-1} \quad (1)$$

$$T_2 = T\left(\frac{V}{V_2}\right)^{n-1} \quad (2)$$

$$t_2 = t_0\left(\frac{V_0}{V_2}\right)^{n-1} \quad (3)$$

en admettant que la compression est adiabatique, ce qui est sensiblement réalisé.

D'autre part :

$$T = \frac{\varpi\gamma t + Q}{\varpi\gamma} \quad (4)$$

$$T'_2 = \frac{\varpi\gamma t_2 + Q}{\varpi\gamma}. \quad (5)$$

En éliminant t et T entre (1), (2) et (4), t_2 entre (3) et (5), on déduit :

$$T_2 = t_0\left(\frac{V_0}{V_2}\right)^{n-1} + \frac{Q}{\varpi\gamma}\left(\frac{V}{V_2}\right)^{n-1}$$

$$T'_2 = t_0\left(\frac{V_0}{V_2}\right)^{n-1} + \frac{Q}{\varpi\gamma}$$

et :

$$T_2 - T'_2 = \frac{Q}{\varpi\gamma}\left[\left(\frac{V}{V_2}\right)^{n-1} - 1\right]$$

$\frac{V}{V_2}$ étant > 1 T_2 est $> T'_2$.

En réalité, les températures finales seront légèrement supérieures, du fait de la chaleur due au travail extérieur de la

(1) Ces chiffres, naturellement, sont approximatifs au même titre que la formule (1) dont ils dérivent.

Digitized by Google

dilatation, la combustion ayant lieu à volume constant. Cette quantité de chaleur est proportionnelle à la différence des températures avant et après combustion, soit à T-t dans un cas, à $T'_2-t'_2$ dans l'autre. Or :

$$T - t = T'_2 - t'_2 = \frac{Q}{\varpi\gamma}$$

les augmentations correspondantes de T et de t'_2 seront donc les mêmes et comme :

$$T_2 = T\left(\frac{V}{V_2}\right)^{n-1}$$

l'augmentation corrélative de T_2 sera plus grande que celle de T'_2. La température finale demeure donc *a fortiori* plus petite pour le cas de la combustion dans l'espace mort; les pressions étant reliées aux températures par la loi adiabatique :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

les pressions sont donc également plus faibles dans ce dernier cas. *Cette hypothèse est donc acceptable et nous l'emploierons pour les calculs ultérieurs; les valeurs des pressions auxquelles elle conduira dans chaque cas seront des minima.*

Prenons, pour la facilité des calculs, le cas d'une cylindrée de 23 litres,3, soit un volume moléculaire à 10°, correspondant d'ailleurs à des moteurs en service. La quantité maximum de combustible à injecter par cylindrée pour obtenir une bonne combustion est de 1 gr.

Prenons un pétrole contenant 85 °/₀ de carbone, 13 °/₀ d'hydrogène, 2 °/₀ d'oxygène, ayant un pouvoir calorifique de 10 500 calories.

Détermination de la température normale de combustion. — Déterminons d'abord la température de la combustion dans le cas du fonctionnement normal avec une injection d'air de pulvérisation de 10 °/₀ du volume de la cylindrée, chiffre généralement adopté, soit 2 l 24 à 0° et à la pression atmosphérique.

Nous supposerons le combustible et l'air pris à 10°.

La compression adiabatique initiale à 36 kg absolus, conduit à une température absolue T.

$$T = (273+10)36^{\frac{n-1}{n}} = 801°, \qquad n = 1.41,$$

soit 528° C.

Le volume V de l'espace mort pour obtenir dans ces conditions une pression de 36 kg est donné par :

$$36 = \left(\frac{23,3}{V}\right)^n \qquad \text{d'où} \qquad V = 1184.$$

Le rapport au volume initial de la cylindrée est de 0,079 qui correspond bien au chiffre généralement adopté 0,08.

Les volumes moléculaires de C, H et O contenus dans le combustible sont respectivement :

$$\text{C} \ldots \frac{0,85}{24} = 0,0354$$

$$\text{H} \ldots \frac{0,13}{2} = 0,0650$$

$$\text{O} \ldots \frac{0,02}{32} = 0,0006$$

Le volume d'oxygène nécessaire à la combustion sera pour former :

$$CO^2 \ldots 0,0354 \times 2 = 0,0708$$

$$H^2O \ldots \frac{0,065}{2} = 0,0325$$

soit au total 0,1033 volume d'oxygène.

La cylindrée initiale contenant 0,2066 volume d'O, il reste donc la moitié du volume d'oxygène de la cylindrée non comburé.

La composition, en volumes moléculaires de la cylindrée, après combustion, est donc de :

CO^2 . . . 0,0708
H^2O . . . 0,0650
O . . . . 0,1033 (non carburé) + 0,0006 (combustible) + 0,0206 (injection) = 0,1245
Az . . . 0,7934 + 0,0793 (injection) = 0,8727

soit au total : 1,1530 volume.

Déterminons les chaleurs d'échauffement Γ des produits contenus dans la cylindrée après combustion de 10° à 1 400°, de 10° à 1 600°, de 10° à 1 800°.

Nous utiliserons les chaleurs d'échauffement relatives au volume moléculaire à la pression atmosphérique de O à t°, déterminées par MM. Mallard et Le Chatelier. Nous avons :

Tableau I. — Chaleurs d'échauffement du gaz après combustion.

	De 10° à 1 400°	De 10° à 1 600°	De 10° à 1 800°
Az.	0,8727 × 10,66 = 9,303	0,8727 × 12,38 = 10,804	0,8727 × 14,13 = 12,331
O.	0,1245 × 10,61 = 1,327	0,1245 × 12,38 = 1,541	0,1245 × 14,13 = 1,760
H^2O	0,0650 × 16,88 = 1,098	0,0650 × 20,22 = 1,314	0,0650 × 23,73 = 1,542
CO^2	0,0708 × 10,05 = 1,350	0,0708 × 22,96 = 1,625	0,0708 × 27,07 = 1,916
Γ.	13 cal 078	15 cal 284	17 cal 549

Portons en abscisses (fig. 1) les températures en degrés centigrades, en ordonnées les chaleurs d'échauffement, la courbe ABC nous donne les valeurs de Γ de 10° à t° entre 1 400° et 1 800°.

Cherchons maintenant la quantité de chaleur apportée. Elle comprend d'une part celle due au pouvoir calorifique du combustible, soit 10 5 calories, d'autre part celle apportée par le comburant, en l'espèce l'air de la cylindrée, échauffé de 10° à 528° par la compression initiale, soit 4,2 calories.

La chaleur totale apportée, en supposant que la combustion a lieu à pression constante, ce qui est le cas en fonctionnement normal, et sans perte de chaleur, ce qui est également voisin de la réalité, est donc de 14,7 calories.

Coupons la courbe ABC par l'horizontale Γ = 14,7 nous obtenons 1 548°, soit 1 821° absolus comme température de la combustion (1).

(1) Il n'y a pas lieu de se préoccuper des phénomènes de dissociation, la fraction de CO^2 dissocié à la pression atmosphérique variant seulement de 0.008 à 0,04 pour des températures comprises entre 1500°C et 2000°C (d'après M. Le Chatelier). La dissociation de H^2O est encore plus faible.

Digitized by Google

A titre de vérification, cherchons le volume V que doivent occuper les gaz à la fin de la combustion pour que la pression absolue de 36 kg se maintienne constante. Appliquons la formule $PV = RT$ aux gaz de la cylindrée qui, après combustion, ramenés à 0° et 760 mm occupent 1,1530 volume moléculaire.

$$V = \frac{1,1530 \times 1\,821 \times 22,4}{273 \times 36} = 4178$$

le volume de l'espace mort étant de 1,84, le volume V correspond à une fraction de course de :

$$\frac{4,78 - 1,84}{22,4} = 0,131$$

qui correspond bien au chiffre de 0,15 généralement adopté pour la durée de l'injection, l'aiguille n'étant levée en grand que pendant 0,12.

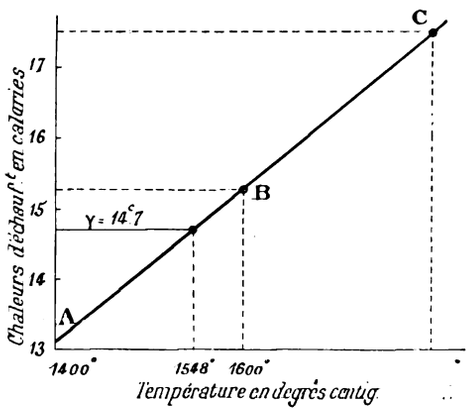


FIG. 1. — Température normale de combustion.

Examinons maintenant les deux cas dont il a été précédemment question.

NON-ÉTANCHÉITÉ DE L'AIGUILLE D'INJECTION. — Ce défaut peut tenir à de multiples causes : rodage imparfait, encrassement des portages, coincements ou même rupture de la tête de l'aiguille.

Dès lors, le pétrole se trouve injecté pendant la période de compression, avec une certaine quantité d'air, variable suivant l'importance de la fuite, mais qui peut être très supérieure à celle normalement injectée, puisque l'écoulement d'air peut se produire pendant toute la course, sous une pression qui est la différence entre celle du compresseur et celle du cylindre variant de 1 à 36 kg, alors que, dans la combustion normale, l'injection a lieu pendant seulement 0,15 de la course, sous une pression qui est la différence entre celle du compresseur et celle de la pression maximum du cylindre.

Nous allons traiter la question pour deux cas extrêmes. Admettons d'abord une fuite suffisamment faible pour que seul le pétrole ait été introduit pendant la course de compression sans air supplémentaire.

La composition de la cylindrée après combustion sera en volumes moléculaires :

CO^2	0,0708
H^2O	0,0650
O	0,1039
Az	0,7934

soit au total 1,0331 volume.

Déterminons, comme précédemment, les chaleurs d'échauffement I' des produits de la combustion. Nous avons :

	10° à 1 400°	10° à 1 600°	10° à 1 800°
Az	8 458 cal	9 822 cal	11 211 cal
O	1 108	1 286	1 468
H^2O	1 098	1 314	1 542
CO^2	1 350	1 625	1 916
I'	12 014 cal	14 047 cal	16 137 cal

La combustion a lieu au point mort, dans le volume de l'espace mort, par conséquent à volume constant. Il faut donc ajouter, aux quantités de chaleur apportées par le comburant et par le combustible, celle qui résulte du travail extérieur correspondant à la dilatation de 528° à la température de la combustion, soit :

$$Q = \frac{P}{425}(V - V_0) = \frac{R(T - T_0)}{425}.$$

Les valeurs de Q sont respectivement, pour un volume moléculaire :

1 cal 74, 2 cal 14, 2 cal 54,

correspondant aux températures finales de 1 400°, 1 600°, 1 800° C.

Le volume moléculaire de la cylindrée, après combustion, étant de 1,0331 volume, menons la droite A' B' (fig. 2) qui a pour équation :

$$C = 14,7 + \frac{1,74}{(1\,400 - 528)} \times 1.0331\,(t - 528),$$

son point d'intersection avec la courbe de I' (ABC) donne la température de la combustion 1913° C ou 2186° absolus. La pression absolue correspondante sera donnée par :

$$\frac{PV}{T} = R.$$

$$P = \frac{2\,186 \times 22,4 \times 1.0331}{1,84 \times 273} = 100\text{ kg }700,$$

soit 99 kg 700 effectifs.

Examinons maintenant le cas extrême correspondant à la fuite maximum en supposant l'aiguille maintenue levée et coincée pendant toute la durée de la compression. La détermination de la température de combustion nécessite la détermination préalable de la température T_f en fin de compression.

Soit :

P_f et T_f la pression absolue en Kg-cm² et la température absolue de la cylindrée en fin de compression en tenant compte des fuites ;

P_c et T_c, P et T les mêmes quantités respectivement pour l'air fourni par le compresseur et l'air contenu à chaque instant dans la cylindrée ;

ε, le rapport du volume de l'espace mort au volume V_0 de la cylindrée ($V_0 = 23\,13$) ;

α, l'angle de manivelle à partir du point mort inférieur ; le mouvement étant supposé uniforme, α est proportionnel au temps ;

ϖ, le poids de l'air contenu dans la cylindrée à chaque instant, variable du fait de la fuite d'air ;

c, la chaleur spécifique de l'air ;

γ, son poids spécifique à 0° et à la pression atmosphérique.

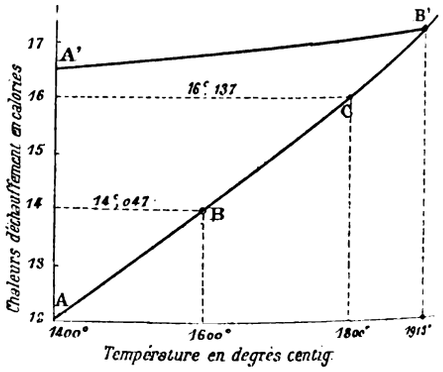


FIG. 2. — Température de combustion avec fuite de pétrole.

La recherche théorique de P_f et T_f est pratiquement irréalisable. Nous emploierons une méthode approchée qui permet une solution graphique facile du problème.

Nous admettrons que l'écoulement de l'air venant du compresseur suit la loi adiabatique, ce qui est assez voisin de la réalité.

La vitesse de l'air dans l'orifice d'écoulement est :

$$(1) \qquad v = \varphi \sqrt{23,96 \sqrt{T_c \frac{n}{n-1}\left[1 - \left(\frac{P}{P_c}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]}} \qquad n = 1,41,$$

Digitized by Google

φ étant un coefficient de réduction qui, dans le cas de l'orifice circulaire, peut être pris égal à 0,9.

La température t, dans l'orifice d'écoulement, est en degrés absolus.

$$(2) \qquad t = T_c\left[1 - \varphi^2\left[1 - \left(\frac{P}{P_c}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]\right].$$

Connaissant t et v, nous aurons le débit poids δ par degré de manivelle en fonction de P par la relation générale $PV = Rt$,

$$(3) \qquad \delta = K\gamma v P\frac{273}{t},$$

K est égal à $\frac{S}{N \times 360}$, S étant la section de l'orifice d'écoulement et N le nombre de tours par seconde. La valeur de K ainsi trouvée est supérieure à celle K′ qui serait déduite des conditions de fonctionnement normal, pour lequel le débit pendant une fraction de course de 0,15, soit 45° de manivelle, est de $0{,}1 \times V_0\frac{273}{T_0}$, du fait que, pendant cette période, l'aiguille n'est levée en grand que pendant environ 0,12 de la course et que la vitesse est réduite par la résistance à l'écoulement produite par la pulvérisation du pétrole.

Pour le cylindre envisagé, le diamètre de l'orifice d'écoulement est d'environ 4 mm, $S = 0{,}1256$ cm², K est égal à $6{,}87 \times 10^{-5}$, N étant pris égal à 5, alors que la valeur de K′ pour $P_c = 70$ kg $P = 36$ kg $T_c = 333°$ est $K' = 4{,}79 \times 10^{-5}$.

Les formules (1) (2) et (3) permettent de tracer les courbes des valeurs de v, t et δ en fonction de P.

Il reste à déterminer la loi de variation de P en fonction de α.

Supposons connues, pour un angle α_1, les quantités correspondantes P_1, T_1, v_1, ϖ_1.

Cherchons les mêmes valeurs pour un angle α_2. Pour cela, écrivons que la quantité de chaleur contenue dans la cylindrée, qui comprend d'une part celle résultant de la compression adiabatique de α_1 à α_2 de l'air ϖ_1 contenu dans la cylindrée à l'angle α_1, d'autre part celle apportée par la quantité d'air $\Delta\varpi_1$ qui s'est introduite entre α_1 et α_2, a servi à porter à T_2 le poids d'air $\varpi_1 + \Delta\varpi_1$.

La compression adiabatique de α_1 à α_2 de l'air de poids ϖ_1 porte celui-ci à une température T'_2 et à une pression P'_2 déterminées par la loi adiabatique

$$\frac{T'_2}{T_1} = \left(\frac{P'_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1},$$

V_1 et V_2 étant les volumes du cylindre correspondant à α_1 et α_2.

V_1 et V_2 sont déterminés par la relation approchée :

$$V = \frac{V_0(1-\varepsilon)}{2}(1 + \cos\alpha) + V_0\varepsilon.$$

Le rapport $\frac{V_1}{V_2}$ est donc connu.

On déduit T'_2 et P'_2 et la quantité de chaleur correspondante $\varpi_1 T'_2 c$.

Soit :

δ' l'ordonnée moyenne de δ
t' — t

entre P_1 et P'_2, déduites respectivement des courbes des valeurs de δ et t données par les formules (2) et (3)

$$\Delta\varpi_1 = (\alpha_2 - \alpha_1)\delta'$$

la quantité de chaleur apportée par $\Delta\varpi_1$ est :

$$\Delta\varpi_1 ct' = (\alpha_2 - \alpha_1)\delta' ct'.$$

De plus, cet air possède une certaine force vive dont la valeur moyenne est en calories :

$$\frac{1}{2g \times 425}(\alpha_2 - \alpha_1)(\delta v^2)'_1$$

$(\delta v^2)'_1$ étant l'ordonnée moyenne entre P_1 et P'_2 de la courbe des valeurs de δv^2 en fonction de P, que les relations (1) et (3) nous permettent d'établir.

La température finale sera donc :

$$T_2 = \frac{\varpi_1 T'_2 c + (\alpha_2 - \alpha_1)\left[\delta' ct' + \frac{1}{2g \times 425}(\delta v^2)'_1\right]}{[\varpi_1 + (\alpha_2 - \alpha_1)\delta']c},$$

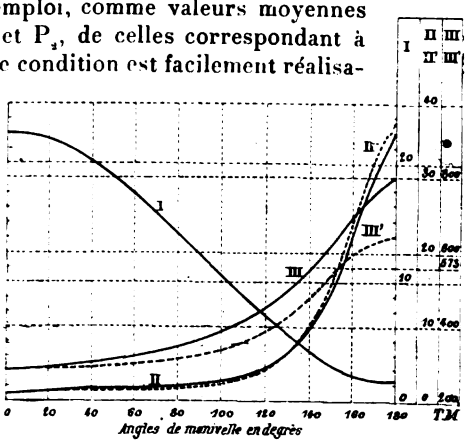
Le volume V_{02} ramené à 273° soit 0° C et à la pression atmosphérique du poids d'air $\varpi_2 = \varpi_1 + (\alpha_2 - \alpha_1)\delta'$ est :

$$V_{02} = V_{01} + \frac{\delta'}{\gamma}(\alpha_2 - \alpha_1).$$

On déduit :

$$P_2 = \frac{V_{02}T_2}{V_2 \times 273}.$$

Cette méthode n'est applicable qu'à des intervalles $\alpha_1\,\alpha_2$ suffisamment petits pour que P_2 soit peu différent de P'_2, puisqu'elle repose sur l'emploi, comme valeurs moyennes de δ et de v entre P_1 et P_2, de celles correspondant à l'intervalle $P_1\,P'_2$. Cette condition est facilement réalisable. Pour une différence $\alpha_2 - \alpha_1 = 10°$ la différence $P'_2 - P_2$ n'atteint pas 600 g et l'erreur correspondante sur v et δ est seulement de $\frac{1}{100}$ de leur valeur.



Abscisses : Angles de manivelle en degrés.
Ordonnées : I, Volume en litres.
II. Pression dans le cylindre en kilog. cent. carrés. } fonctionnement
III. Température de la cylindrée en degrés absolus. } normal.
II′, Pression dans le cylindre. } avec fuite
III′. Température de la cylindrée. } d'aiguille.

FIG. 3.

Les courbes de la figure 3 donnant P et T en fonction de α ont été établies dans ces conditions en utilisant les courbes de la figure 4 donnant δ, v, T, $\frac{1}{2}\frac{mv^2}{425\,g}$ en fonction de P en prenant :

$P_c = 70$ kg

$T_c = 333°$ soit 60° C. La comparaison des courbes en traits pleins (fig. 3) correspondant au fonctionnement normal et de celles hachurées, correspondant au cas étudié, montre que les pressions varient relativement peu (37 kg 400 en fin de course au lieu de 36 kg); par contre, la température finale n'est plus que de 650°, soit 377° C au lieu de 528° précédemment trouvés. Nous reviendrons ultérieurement sur cette remarque.

Déterminons, comme précédemment, la température de la combustion, supposée ayant lieu dans le volume de l'espace mort, et la pression correspondante.

Le volume de la cylindrée en fin de course avant combustion est de 1 v moléculaire, 3032 comprenant :

Az.	1,0340
O	0,2692

Digitized by Google

La composition de la cylindrée après combustion est

O	0.1659
Az	1,0340
H^2O	0,0650
CO^2	0.0708

soit au total 1 v 3357.

Déterminons, comme précédemment, les chaleurs d'échauffement.

Nous avons :

	1 400°	1 600°
O	1,768 cal	2,054 cal
Az	11,022	12.801
H^2O	1.098	1,314
CO^2	1.350	1,625
I'	15.238 cal	17,794 cal

La quantité de chaleur apportée comprend : $10^{cal},5$ dues au pouvoir calorifique du combustible, $3^{cal},8$ apportées par l'air chauffé par la compression à 377° et enfin celle qui est due au travail extérieur de la dilatation de 377° à la température de la combustion, soit au total :

$$C = 14 \text{ cal } 3 + \frac{2,04}{1\,400 - 377} \times 1,3357 (t - 377).$$

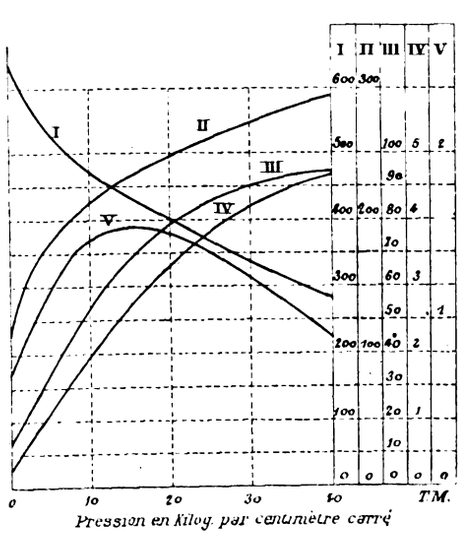
Le point d'intersection de la droite C et de la droite AB (fig. 5) nous donne la température de la combustion 1575° C ou 1848° absolus.

La pression absolue correspondante sera :

$$P = \frac{1\,848 \times 22,4 \times 1,3357}{1,84 \times 273} = 110 \text{ kg } 07,$$

soit 109 kg 070 effectifs.

La comparaison des résultats trouvés dans les deux cas extrêmes montre que la surpression varie peu avec l'importance de la fuite d'air, et qu'il suffit d'une fuite telle que le pétrole ait pu être injecté, même sans air supplémentaire pendant la course de compression, pour qu'il se produise des pressions anormales voisines du triple de la pression normale du fonctionnement.



Abscisses : Pression en kg par centimètre carré.

Ordonnées : I. Vitesse en mètres-seconde; II. Température en degrés absolus; III. Débit en milligrammes par degré de manivelle; IV. Chaleur apportée par degré de manivelle en petites calories; V. Force vive apportée par degré de manivelle en petites calories.

FIG. 4.

CAS D'UN ALLUMAGE SUCCÉDANT A DES RATÉS. — Le fait peut se produire, notamment au moment du lancement d'un moteur froid ou n'ayant pas des garnitures très étanches.

S'il s'est produit un seul raté, nous sommes ramenés au premier cas étudié, avec cette différence que le moteur étant lancé généralement à vide, la quantité de combustible injecté est plus faible et, par suite, la surpression plus petite. Il en est tout autrement au cas d'un allumage succédant à plusieurs ratés successifs.

A chaque raté, le pétrole injecté se dépose partiellement pendant la course de détente; une partie est vaporisée pendant la course de compression suivante, celle qui est suffisamment refroidie par les parois subsiste, et il peut dès lors se produire une accumulation de pétrole dans le cylindre. Comme la cylindrée contient sensiblement deux fois la quantité d'oxygène nécessaire à la combustion du pétrole correspondant à la puissance maximum, elle pourrait, théoriquement, brûler le double de cette quantité. Le brassage n'étant pas parfait, supposons que, malgré l'élévation de température et de pression favorable à une bonne combustion, il n'y ait dans le cas qui nous occupe que 1 gr 5 de pétrole brûlé au lieu de 2 gr. En répétant les raisonnements déjà faits à ce sujet, nous trouvons comme composition de la cylindrée après combustion :

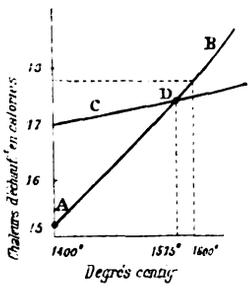


FIG. 5. — Température de combustion avec fuite de pétrole et d'air.

Az. 0,7934 vol ; O, 0,526 vol ; H^2O, 0,0975 vol ; CO^2. 0,1062 vol.

Les chaleurs d'échauffement à 2000°, 2200° et 2400° sont respectivement pour l'ensemble de la cylindrée :

19.570 cal ; 22.059 cal ; 24.560 cal.

La quantité de chaleur apportée est :

$$15.750 + 5.250 + \frac{2,94}{2\,000 - 528} \times 1,0497 (t - 528),$$

1,0497 étant le volume moléculaire de la cylindrée après combustion.

La température de la combustion est de 2325° C, soit 2598° absolus.

La pression résultante est :

$$P = \frac{2\,598 \times 1,0497 \times 2,24}{273 \times 1,84} = 121 \text{ kg } 600.$$

soit *120 kg 600 effectifs*.

Enfin, il y a lieu d'examiner le cas où les deux incidents coexisteraient. Nous avons vu, en effet, que la fuite d'air avait pour résultat de diminuer sensiblement la température en fin de compression et, par suite, d'augmenter les chances de raté à la mise en marche d'un moteur froid, refroidi encore par le lancement à l'air comprimé. Le phénomène sera d'ailleurs le même, que la fuite d'air provienne soit de la non-étanchéité de l'aiguille, soit de la non-étanchéité de la soupape de lancement. Il est d'ailleurs difficile dans ce cas d'examiner le maximum possible. A titre d'indication, si nous prenons le cas de la fuite maximum d'aiguille précédemment étudié avec combustion de 2 gr de pétrole, nous avons les résultats suivants :

La composition en volumes moléculaires de la cylindrée après combustion est :

Az. 1.0340 ; O, 0,0626 ; H^2O, 0,1300 ; CO^2, 0,1416.

Les chaleurs d'échauffement total pour 2200° et 2400° sont respectivement :

28,822 cal ; 32.175 cal.

Digitized by Google

La chaleur apportée est :

$$C = 21 + 4{,}75 + \frac{3{,}741}{2\,200 - 377}(t - 377)1{,}3682.$$

1,3682 étant le volume moléculaire de la cylindrée après combustion. La température de combustion déduite est 2 320° C, soit 2 593° absolus et la pression correspondante :

$$P = \frac{2\,593 \times 1{,}3682 \times 22{,}4}{273 \times 1{,}84} = 158 \text{ kg } 200.$$

soit *157 kg 200 effectifs*.

Conclusions

Ces résultats montrent que, du fait même de son principe, le moteur Diesel peut donner lieu, par suite d'incidents normaux de marche, à des pressions pouvant dépasser le quadruple de la compression maximum de fonctionnement. Les poids par chevaux, calculés en prenant cette dernière pression comme maximum, et déjà sensiblement supérieurs à ceux nécessaires pour réaliser l'équivalence, avec un moteur à vapeur à bord d'un navire de guerre, ne donneraient donc qu'une sécurité douteuse (1).

Le calcul des pièces de machine à vapeur déterminé par la condition de ne pas atteindre une fatigue exagérée à la pression d'essai, en général double de la pression de régime, ne donnerait donc aucune garantie appliqué au moteur Diesel.

Il semble prudent, d'après ce qu'on vient de voir, de calculer les pièces de celui-ci, de façon que la limite élastique ne soit pas dépassée pour une pression de 150 kg, soit environ quatre fois la pression de régime, ce qui conduirait sensiblement à doubler les chiffres précédemment trouvés, soit 114 kg par cheval pour le moteur à quatre temps, 80 kg pour celui à deux temps, valeurs bien voisines de celles réalisées dans un grand nombre de cargos ou d'installations à terre. Ainsi que nous l'avons dit, on peut espérer, par une construction judicieuse, réduire sensiblement ces chiffres ; ils n'en font pas moins ressortir très nettement le bond qu'il faut franchir pour passer du moteur de cargo à celui du bâtiment de guerre.

Si on tient compte, par ailleurs, des causes de fatigue supplémentaires dues aux températures élevées auxquelles sont soumises les pièces, de la difficulté d'exécution, quand l'alésage augmente, d'organes aussi compliqués et délicats que des culasses à circulation d'eau, on voit toute la difficulté de réalisation du moteur Diesel léger équivalent au moteur à vapeur, d'endurance et de solidité comparables, qualités indispensables pour son emploi à bord des navires de guerre.

On voit, en même temps, avec quelle prudence il y a lieu de s'engager dans la voie de la réduction du poids par cheval, quand on passe d'un moteur à un autre plus puissant.

Le cylindre que nous avons pris comme type au cours de nos calculs, réalisable avec 300 mm d'alésage et 320 de course, peut faire, à 360 tours 56 chevaux en quatre temps, 100 chevaux en deux temps. Il paraît être bien peu éloigné du maximum actuellement réalisable sans trop d'aléa, avec un poids par cheval de 50 à 55 kg dans le premier cas, de 35 à 40 kg dans le deuxième pour donner des garanties de sécurité suffisantes.

P. Dumanois,
Ingénieur de la Marine.

(1) On a songé à améliorer la situation en installant des soupapes de sûreté sur les culasses. L'installation de telles soupapes peut diminuer la résistance des culasses à circulation d'eau, tout en augmentant les difficultés d'exécution déjà considérables de ces pièces. De plus, par suite de leur inertie, le fonctionnement de ces soupapes ne doit avoir lieu qu'avec un certain retard, et, comme dans les cas envisagés, le régime de combustion est un véritable régime d'explosion, on peut craindre que leur effet soit insignifiant.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 9.

CHEMINS DE FER

LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE SYSTÈME THOMSON-HOUSTON DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

La Technique Moderne a publié récemment la description de la locomotive électrique construite par les ateliers de construction du Nord et de l'Est à Jeumont (*).

Une autre locomotive, construite par la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, a également satisfait aux conditions du concours établi par la Compagnie du Midi.

Les caractéristiques principales de cette nouvelle locomotive sont les suivantes :

Longueur de la locomotive entre tampons	13,740 m
Empattement total	9,60 m
Diamètre des roues motrices	1,310 m
Diamètre des roues porteuses	0,850 m
Entre-axe des essieux moteurs	2 × 1,950 m
Poids total de la locomotive	88 t
Tension d'alimentation	12 000 volts
Fréquence	16 2/3 périodes
Vitesse maximum	78 km-h

Dispositif mécanique. — Etant donnée la grande puissance des moteurs, ils exigeaient un emplacement proportionnellement étendu, dont on ne pouvait disposer qu'en les plaçant au-dessus du châssis de la locomotive.

On pouvait choisir différentes solutions pour le mode de commande des moteurs.

L'emploi d'engrenages était une solution intéressante, mais présentait certains aléas, à cause de la grande puissance à transmettre à une vitesse périphérique dépassant les limites dont on avait l'expérience.

C'est pourquoi, l'on a adopté la commande par bielles et par manivelles, admise depuis longtemps par les Compagnies de chemins de fer.

Afin d'utiliser ce mode de commande dans les meilleures condi

Digitized by Google

tions, on a incliné les bielles autant qu'il était possible de le faire. Pour tenir compte des déplacements relatifs qui se produisent, sans avoir à recourir à un entraînement élastique, on a adopté

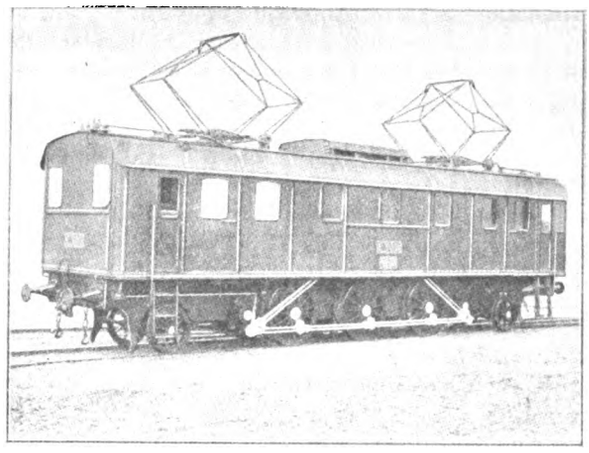


FIG. 1. — Locomotive, système Thomson-Houston, de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

les dispositions visibles sur la figure 1 et qui sont les suivantes :

Un premier jeu de bielles relie chaque moteur à un axe auxiliaire disposé dans le plan des essieux moteurs. D'autres bielles relient les axes auxiliaires aux trois essieux moteurs, qui supportent le milieu du châssis avec la majeure partie du poids.

Directement au-dessus du châssis et en son milieu, sont installés les moteurs au nombre de deux. Le transformateur, placé dans leur voisinage, a son poids équilibré par une répartition judicieuse des différents appareils, afin d'uniformiser la charge des essieux.

La hauteur du centre de gravité est de même ordre que dans les meilleures locomotives à vapeur. Grâce à la répartition des appareils et à la position des moteurs, le moment d'inertie est excessivement faible par rapport à l'axe transversal. Ces conditions sont favorables aux qualités de marche de la locomotive aux grandes vitesses, et aussi à la diminution de la fatigue des voies.

Grâce aux dispositions adoptées, on obtient, non seulement une égale répartition des charges sur les essieux, mais encore un groupement rationnel qui facilite l'installation des appareils et qui réduit leurs connexions au minimum.

MOTEURS ÉLECTRIQUES. — Les deux moteurs développent chacun normalement, d'une manière continue, une puissance de 600 ch et peuvent, pendant une heure, fournir 750 ch.

Ils fonctionnent tantôt comme moteurs à répulsion, tantôt comme moteurs série-répulsion.

L'alimentation directe des moteurs à la tension de 12 000 volts a été écartée, comme ne se prêtant pas bien à la réalisation des conditions du programme. En effet, avec des moteurs alimentés à cette haute tension, il est nécessaire de transmettre en grande partie par induction statique l'énergie du stator au rotor. De plus, de pareils moteurs se prêteraient mal aux vitesses hypersynchrones qui sont nécessaires, dans ce cas spécial, pour réduire le poids du moteur et pour assurer un bon facteur de puissance. Dans ces conditions, il était rationnel d'alimenter les moteurs par l'intermédiaire d'un transformateur qui se prête particulièrement bien aux réglages de marche, comme on le verra plus loin. Ces moteurs ont été étudiés de manière à pouvoir réaliser les deux conditions suivantes :

1° Démarrer avec un couple puissant et avec une bonne commutation ;

2° Maintenir une commutation satisfaisante à des régimes de valeurs très différentes.

Une bonne commutation dépend surtout de l'importance de la force électromotrice induite dans les spires en court-circuit sous les balais. Lors du démarrage, la valeur de cette force électromotrice se réduit à celle qui est induite statiquement par le flux inducteur.

Afin d'obtenir une bonne commutation pendant la période de démarrage, on a augmenté le nombre de pôles, pour limiter le flux maximum produit par chacun d'eux ; de plus, on a pris des dispositions spéciales permettant de réduire la valeur de ce flux maximum lors du démarrage.

Ces dispositions spéciales consistent à faire démarrer les moteurs en répulsion avec un rapport de transformation d'environ 1 à 2 entre le stator et le rotor. Une fois le synchronisme dépassé, les moteurs fonctionnent en série-répulsion, c'est-à-dire avec le circuit inducteur mis en série sur le rotor, et en appliquant aux bornes du circuit de compensation une force électromotrice qui détermine dans ce circuit un flux de commutation, de valeur et de phase convenables, pour assurer une bonne commutation aux vitesses notablement supérieures au synchronisme.

En choisissant judicieusement la valeur de cette force électromotrice, empruntée à une partie de l'enroulement secondaire du transformateur, on peut compenser, à peu près exactement, la force électromotrice statique induite dans les bobines en court-circuit par le flux inducteur, au moyen d'une force électromotrice dynamique induite dans ces mêmes bobines par le flux de commutation.

Ce type de moteur (fig. 2) comporte 20 pôles, et le synchronisme est atteint pour une vitesse angulaire de 100 tours/m, correspondant à une vitesse de marche de 25 km par heure.

Grâce aux dispositions spéciales indiquées ci-dessus, on a réalisé une commutation excellente jusqu'à la vitesse de marche

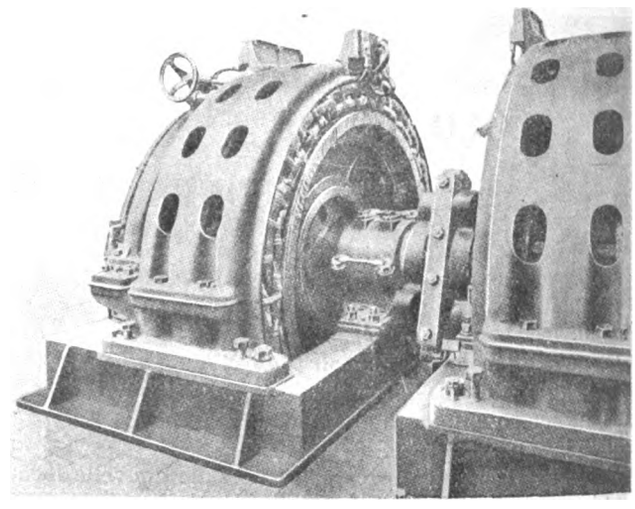


FIG. 2. — Moteur, système Thomson-Houston. (*Vue prise dans les ateliers lors des essais.*)

maximum, voisine de 75 km par heure et dépassant le triple de la vitesse de synchronisme.

EQUIPEMENT ÉLECTRIQUE. — La figure 4 représente schématiquement l'équipement électrique de la locomotive réduit à sa plus simple expression.

La figure 3 donne le schéma complet de l'équipement électrique.

Sur la figure 4, le courant à 12 000 volts est indiqué comme traversant, de B en A, le circuit primaire du transforma-

Digitized by Google

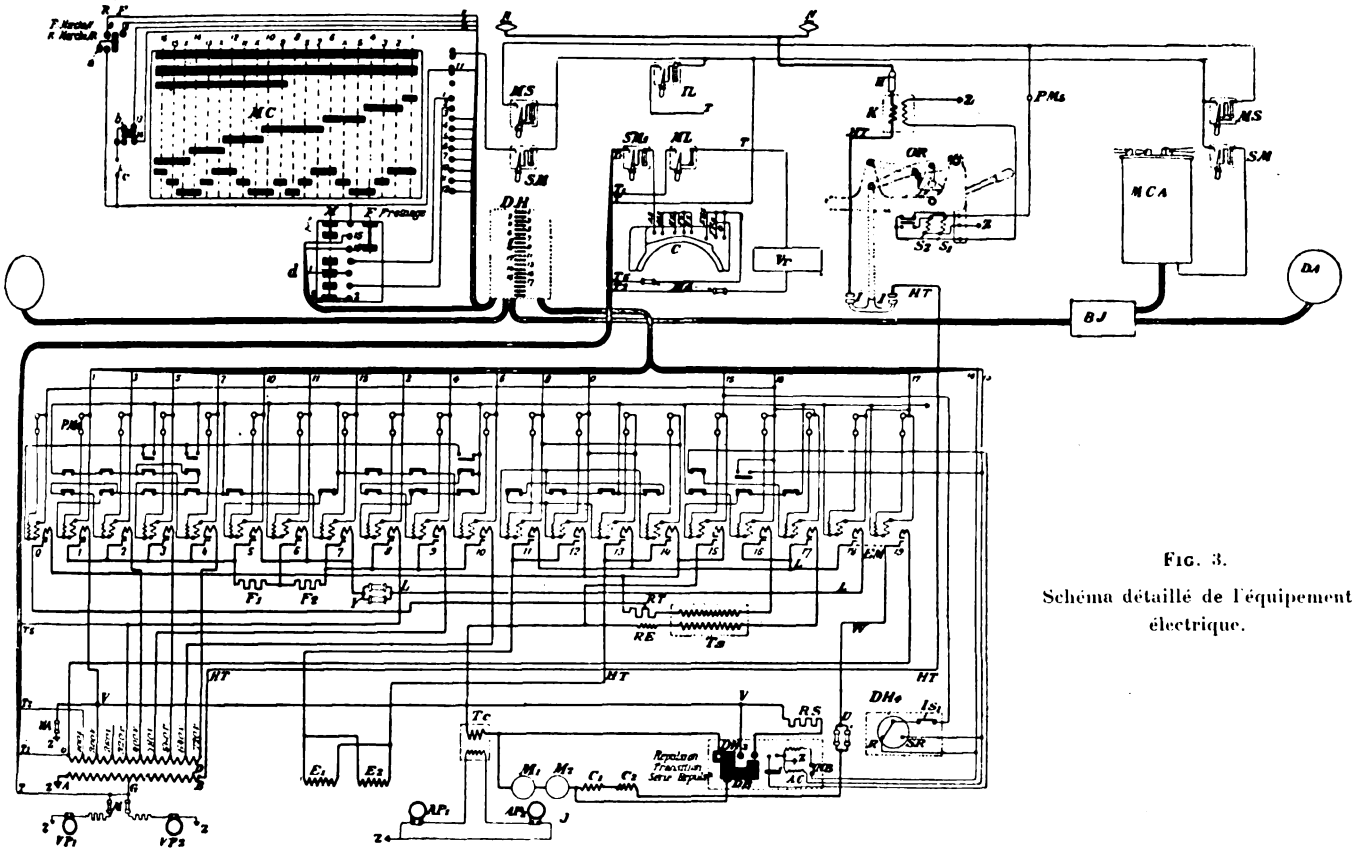


FIG. 3.

Schéma détaillé de l'équipement électrique.

Légende.

AB, primaire à 12 000 volts;
ABOD, transformateur principal;
C_1C_2, enroulements d'excitation compensée des moteurs;
DH_2, interrupteur (répulsion-série-répulsion);
E_1E_2, enroulements principaux d'excitation des moteurs;
F_1F_2, résistance de transition;
G, dérivation à 600 volts du primaire AB;
J, point de jonction des induits et des circuits compensateurs;
LW, câbles du circuit de marche en série-répulsion;
MA, fusibles des différents circuits;
M_1M_2, induits des moteurs;
XX, pantographes;
OD, secondaire du transformateur principal;
Re, bobine de réactance;
RS, rhéostat de réglage (répulsion-série-répulsion);
TS, transformateur interposé lors du freinage;
U ou Y, fusibles de circuits principaux;
V, ligne à 200 volts de l'excitation compensée C_1C_2;
WL, câbles du circuit de marche en série-répulsion;
Z, terre.

AP_1AP_2, ampèremètres des postes de commande P_1 et P_2;
AC, électro de commande du clapet de commutateur RSR;
BJ, boîte à 20 branchements;
C, compresseur;
DA, coupleur à 20 contacts;
DB, relais pour changer les connexions série-répulsion en série-compensée ou inversement;
DH, boîte de sectionnement général, à 20 connexions;
DH_4, interrupteur type DH 164A;
EM, enclenchement des contacteurs 18-19;
H, fusible à explosion, type T, forme D, 12 000 volts-200 ampères;
HT, circuit intérieur à 12 000 volts;
H, contacts de rupture du circuit 12 000 volts dans l'interrupteur à huile OR;
IL, interrupteur d'éclairage;
IS_1, interrupteur d'isolement pour substituer l'un à l'autre des modes de commande du commutateur RSR;
K, transformateur-série type D_{21} pour déclenchement de l'interrupteur à huile OR en cas de surcharge sur l'électro S_1, rapport de transformation 40/12, capacité 200 ampères;
M, fusibles de voltmètres, (VP_1 ou VP_2 suivant le poste);
MC, un des coupleurs en développement (voir à la fin de légende les paragraphes *a*), *b*), *c*), *d*);
MCA, l'autre coupleur;
ML, interrupteur du groupe ventilateur Vr_2, sur la ligne sous câble T_1, T_2 à 100 volts;
MS, désigne chacun des deux interrupteurs commandant l'interrupteur à huile à haute tension;
OR, interrupteur à huile à enclenchement à la main (direct ou pneumatique) et à déclenchement électrique automatique ou déterminé par le conducteur;
PM_5, tube de rhéostat type 5;
PM_6, tube de rhéostat type 6;
S_1, électro de déclenchement de l'interrupteur OR à 12 000 volts en cas de surcharge;
S_2, électro de déclenchement de l'interrupteur OR à 12 000 volts, pour la transmission électrique de sa commande à la main à distance;
SM, chacun des deux interrupteurs du circuit de commande (par la ligne sous câble TT à 600 volts);
SM_1, interrupteur du groupe compresseur C sur la ligne sous câble T_1, T_3 à 320 volts;
Tc, transformateur du courant pour les ampèremètres des deux postes de commande AP_1, AP_2;
T_3, transformateur interposé lors du freinage;
TG, lignes alimentées par la dérivation G à 600 volts;
VP_1, VP_2, voltmètres des postes de commande P_1 et P_2, tension 750 volts, échelle 14 000 volts, type R_3, montés sur suspension élastique en plan vertical;
Vr, Ventilateur.

Organes accessoires du coupleur MC. — *a*) Cylindre de changement de marche enclenché pour ne pas pouvoir être changé de position, à moins que le cylindre principal et le cylindre de freinage ne soient ouverts, et pour que ces autres cylindres ne puissent être manœuvrés quand il est à l'arrêt.

b) Interrupteur à utiliser dans les cas où RSR doit être manœuvré à la main. Il suffit d'appuyer la main jusqu'à ce qu'il s'enclenche pour donner la connexion-répulsion. Cet interrupteur s'ouvre automatiquement en arrivant au cran 9 pour donner la position série-répulsion, et reste ainsi à moins qu'on n'appuie de nouveau.

c) Interrupteur à ouvrir pour le passage automatique répulsion-série-répulsion et vice-versa, et à fermer pour la manœuvre à la main en cas de nécessité.

d) Enclenchement réglable du cylindre principal et du cylindre de freinage.

Le cran 1 correspond à la position dans laquelle le cylindre principal est enclenché pour ne pouvoir dépasser une position déterminée si le cylindre de freinage est à la position « freinage ».

Le cran 2, correspond à la position dans laquelle le cylindre de freinage est enclenché pour ne pouvoir être actionné que si le cylindre principal est à la position coupure. Enclenchement amovible.

NB. — Ces contacts s'ouvrent quand le solénoïde AC fonctionne.

Digitized by Google

teur ABOD. Sur la figure 3, donnant les détails, le courant capté par les deux pantographes NN passe par le fusible H, l'interrupteur à huile OR (muni d'un relais K, d'une bobine de surcharge S_1 et d'une bobine de déclenchement S_2), le câble HT pour arriver à l'enroulement primaire BA du transformateur et enfin à la terre Z.

Sauf un faible prélèvement d'énergie électrique, pris directement au primaire par une dérivation à 600 volts en G, la presque totalité de l'énergie nécessaire au fonctionnement de la locomotive est empruntée à l'enroulement secondaire OD.

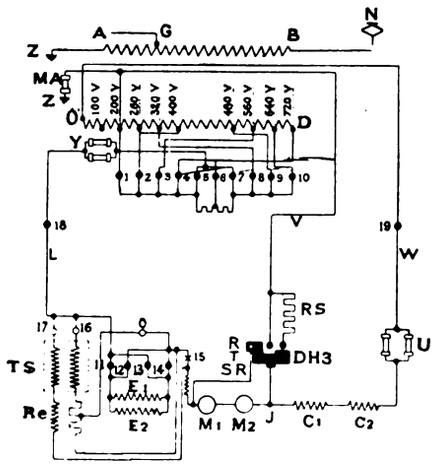


FIG. 4. — Schéma simplifié de l'équipement électrique.

Légende. — AB, primaire à 12 000 volts; ABOD, transformateur principal; C_1C_2, enroulement d'excitation compensée des moteurs; DH3, interrupteur (répulsion-série-répulsion); E_1E_2, enroulements d'excitation principale des moteurs; G, dérivation à 600 volts du primaire AB; J, point de jonction des induits et des enroulements compensateurs commandé par le commutateur RSR; LW, câbles du circuit de marche en série-répulsion; MA, fusibles; M_1M_2, induits des moteurs; N, pantographe; OD, secondaire du transformateur principal; R, abréviation de répulsion; SR, abréviation de série-répulsion; Re, bobine de réactance; RS, rhéostat de réglage (répulsion-série-répulsion); TS, transformateur interposé lors du freinage; U ou Y, fusible de circuits principaux; V, conducteur à 200 volts de l'excitation compensée C_1C_2; WL, conducteurs du circuit de marche en série-répulsion; Z, terre.

La dérivation G a été établie afin de rendre certains circuits indépendants du secondaire du transformateur, et de leur assurer l'alimentation en courant pour éviter toute interruption due à un accident dans le secondaire, par exemple, à la suite de la fusion des coupe-circuits.

Les circuits alimentés directement par l'enroulement primaire du transformateur sont :

1° Le circuit d'éclairage, commandé par l'interrupteur IL;

2° Le circuit des électros des contacteurs, commandés à chaque poste par l'interrupteur SM;

3° Le circuit qui commande le déclenchement de l'interrupteur à huile OR, circuit muni d'un interrupteur MS à chaque poste.

Ces circuits ne figurent pas sur le schéma simplifié (fig. 4), qui sert à indiquer d'une manière générale les connexions qui sont détaillées sur les figures 3 et 5.

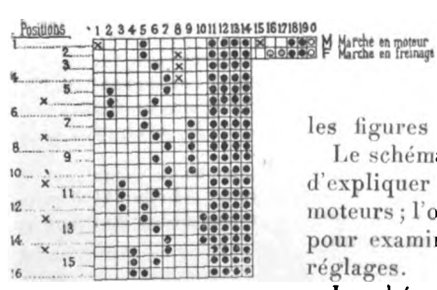


FIG. 5. — Schéma indiquant les positions du coupleur et des contacteurs.

Le schéma simplifié (fig. 4) permet d'expliquer le réglage de marche des moteurs; l'on se reportera à la figure 3 pour examiner la commande de ces réglages.

Le schéma (fig. 5) donne, sous forme de tableau, les relations existant entre les positions des contacteurs et les crans du coupleur qui les provoquent. Ce schéma comporte autant de colonnes qu'il y a de contacteurs et autant de rangées qu'il y a de crans au coupleur. Des signes conventionnels indiquent clairement quels sont les contacteurs qui se trouvent fermés pour chaque position de la manette du coupleur.

Chaque locomotive comporte deux postes de commande : un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Dans ce schéma, la désignation des contacteurs, fermés à tout instant par rapport aux crans des coupleurs correspondants, est donnée par les signes :

× Pour la période de fonctionnement en moteur;
○ Pour la période de fonctionnement en freinage;
● Pour l'une ou l'autre période.

Les crans numérotés de 0 à 12 correspondent au cylindre principal et les crans numérotés de 13 à 19 au cylindre de freinage.

Les positions désignées par ×, à la gauche du tableau, correspondent à des crans du coupleur sur lesquels on ne reste pas, leur seule fonction consistant à intercaler les résistances F_1 et F_2 (fig. 3) lors du passage au cran suivant. Ces positions ne sont pas marquées par des arrêts de la grande manette du coupleur.

Les deux colonnes à gauche indiquent par des chiffres : celle de gauche, les positions sur lesquelles la marche peut être maintenue indéfiniment et, celle de droite, les positions dans lesquelles le rhéostat est intercalé en série avec les moteurs.

Dans la lecture du schéma (fig. 3), les traits forts représentent soit des conducteurs à haute tension (12 000 volts), soit des conducteurs parcourus par des courants de forte intensité jusqu'à 3 000 ampères. Les traits fins représentent les circuits auxiliaires et les circuits de commande.

PRISES DE COURANT. — Deux pantographes, qui peuvent être

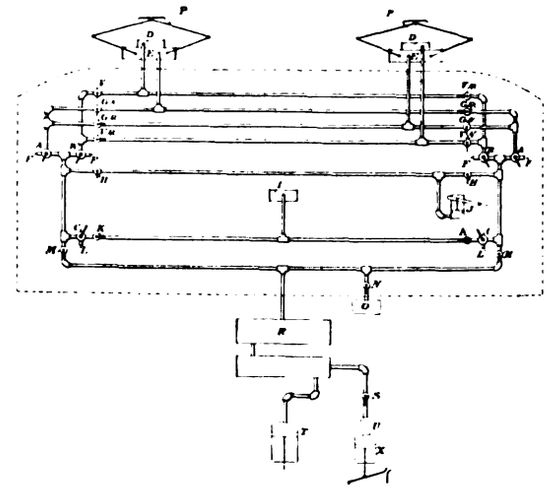


FIG. 6. — Schéma des appareils et de la canalisation d'air comprimé.

Légende. — AB, robinets à trois voies (un groupe AB dans chaque poste pour déverrouiller d'un poste l'un ou l'autre des pantographes et pour l'amener au contact de la ligne de prise par le jeu de ses ressorts; CC, robinets à trois voies pour fermer l'interrupteur à huile de l'un ou de l'autre poste; DD, cylindres de déverrouillage (un par pantographe); EE, cylindres servant à abaisser les pantographes; FF, échappement; G (AV et AR), robinets de déverrouillage (1 groupe pour chaque poste); HH, robinets de la pompe à main (un par poste); I, cylindre d'enclenchement de l'interrupteur à huile; J, pompe à main (une seule par locomotive); KK, robinets commandant l'interrupteur à huile (un par poste); MM, robinets d'isolement du réservoir principal permettant de commander séparément les pantographes de chacun des postes (un par poste); N, robinet d'isolement; O, interrupteur répulsion-série-répulsion; PP, pantographes; R, réservoir principal à la pression de 4 kg par cm²; S, robinet de régulateur; T, compresseur; U, joint isolant; V (AV et AR), robinets verrous (un groupe par poste); X, régulateur automatique de pression.

mis simultanément ou séparément en service, sont utilisés pour capter le courant sur la ligne à 12 000 volts.

La commande des pantographes par l'air comprimé présente l'avantage d'abaisser la prise de courant et de la maintenir abaissée, malgré l'effort antagoniste des ressorts qui tendent à la maintenir levée.

La canalisation d'air comprimé et les appareils utilisés pour les pantographes et aussi pour l'interrupteur à huile et le commutateur répulsion-série-répulsion sont représentés schématiquement (fig. 6).

Digitized by Google

Canalisations a haute et a basse tensions. — Le câble reliant les pantographes NN (fig. 3) et la dérivation allant au primaire AB du transformateur, sont placés dans la partie NH extérieure à la locomotive et supportés sur le toit par des isolateurs en porcelaine du même type que ceux de la ligne.

A partir du point d'entrée dans la locomotive, le câble isolé est enfermé dans des tubes de fer vissés aux enveloppes en

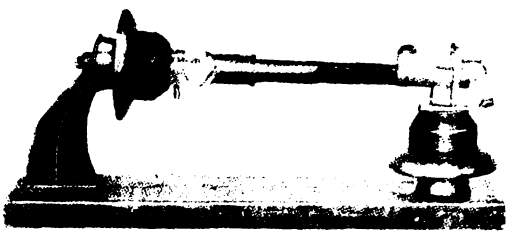


Fig. 7. — Fusible à explosion.

tôle qui entourent complètement le fusible H, l'interrupteur à huile OR et le transformateur ABOD. Ce dernier est enveloppé dans les tôles mêmes de la caisse. Le circuit à haute tension de 12 000 volts est ainsi absolument inaccessible.

La canalisation à basse tension est établie en câbles isolés pour les circuits accessoires; elle est en cuivre nu, portée par des isolateurs en matière moulée incombustible pour les conducteurs allant aux moteurs.

Pour assurer à la courte section de la canalisation à haute tension qui se trouve à l'intérieur, des dispositifs de commande et de protection très efficaces, on a intercalé au départ le coupe-circuit H et l'interrupteur à huile OR, dont S_1 et K représentent le circuit disjoncteur de surcharge et I I les contacts de rupture.

Le coupe-circuit A (fig. 7) est un fusible à explosion établi pour 15 000 volts et 200 ampères. L'anneau de manœuvre, visible sur la figure, permet le remplacement facile et rapide du tube par un tube de rechange. La rupture du fusible étant instantanée et se trouvant localisée dans la *chambre d'expansion* ne peut, par conséquent, ni détériorer le tube, ni produire d'actions extérieures.

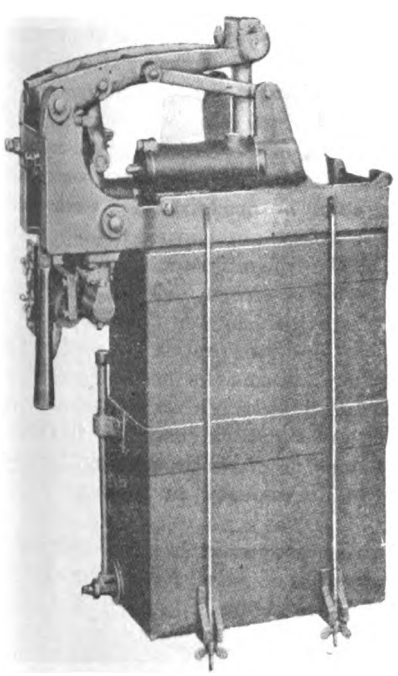


Fig. 8. — Interrupteur à huile.

Ce fusible est placé à découvert sur la locomotive.

L'interrupteur à huile OR constitue un moyen de protection contre les surcharges par l'action de son électro-aimant de surcharge S_1 et du transformateur K. Pour fermer cet interrupteur, on peut agir soit directement avec la main, soit par l'air comprimé (dont la tuyauterie est indiquée sur la figure 6). L'ouverture de l'interrupteur s'obtient par la simple manœuvre de l'interrupteur MS à partir de l'un quelconque des deux postes de commande.

Cet interrupteur à huile (fig. 8) est établi pour 15 000 volts et 200 ampères. Le couvercle en fonte du réservoir d'huile porte le mécanisme à levier brisé, qui déplace verticalement les tiges portant les contacts. Ces tiges traversent le couvercle à l'intérieur d'isolateurs d'entrée en porcelaine. Deux contacts en série I I (fig. 3) assurent une double rupture. Sur la figure 8, on voit les deux électros de l'appareil disposés au-dessous du mécanisme à leviers. L'électro S_2 (fig. 3) produit le déclenchement commandé à distance au moyen de l'interrupteur MS de l'un ou de l'autre poste. L'autre électro S_1 provoque le déclenchement en cas de surcharge et nécessite l'installation du transformateur-série K. Un rhéostat PM5 est intercalé dans le circuit de l'électro S_2.

Transformateur. — Le transformateur principal ABOD (fig. 3) est à la fois réducteur de tension pour les besoins de la locomotive et diviseur de tension pour le réglage des moteurs et pour les services auxiliaires.

Ce transformateur à bobines plates est du type cuirassé à refroidissement par l'air et, à cet effet, il est muni de deux canaux de ventilation, l'un pour les bobines et l'autre pour les tôles.

L'isolement a été particulièrement soigné, en prévision des surtensions si fréquentes qui se produisent sur les réseaux à courant alternatif simple, et il a été établi pour pouvoir supporter des tensions atteignant jusqu'à quatre fois la tension normale.

Le primaire AB est monté en série avec l'interrupteur à huile et avec le fusible du circuit à haute tension.

L'enroulement secondaire OD est divisé pour donner des tensions de 100 à 720 volts avec sept degrés intermédiaires.

La dérivation à 100 volts alimente le moteur du ventilateur, qui lui est relié par les conducteurs T_1 T_2 (fig. 3) du même câble.

La dérivation à 320 volts alimente le moteur du compresseur C par les conducteurs T_1 T_3.

La dérivation GT, à 600 volts, prise sur l'enroulement primaire, est affectée à l'éclairage et à la commande de l'interrupteur OR et des contacteurs (par IL, MS et SM).

Les dérivations établies sur le secondaire sont reliées aux contacteurs 0 à 19 et, par l'intermédiaire de ces derniers, aux moteurs et aux appareils accessoires de réglage qu'ils commandent.

Fonctionnement et réglage des moteurs. — Ce type de moteur est caractérisé, au point de vue construction et connexions, par la composition du système inducteur.

On peut s'en rendre compte en examinant le schéma simplifié (fig. 4) où M_1 et M_2 représentent respectivement l'induit de chaque moteur, avec enroulement en tambour. Le système inducteur de chaque moteur porte deux enroulements décalés de 90° l'un par rapport à l'autre; l'un, qui est l'enroulement d'excitation ou enroulement principal E_1 ou E_2, produit le couple moteur, tandis que l'autre C_1 ou C_2 assure une bonne commutation dans toutes les conditions de marche du moteur et constitue l'enroulement de compensation.

Les deux induits M_1 et M_2 sont montés en série, ainsi que les enroulements compensateurs C_1 et C_2. Les enroulements inducteurs principaux E_1 et E_2 sont groupés en parallèle.

Le schéma simplifié (fig. 4) permet de se rendre compte assez exactement des réglages ou des modifications apportées aux connexions indiquées pour réaliser pratiquement les conditions de service telles que : inversion du sens de marche, freinage, démarrage par connexions en répulsion et marche au-dessus du synchronisme par connexions en série-répulsion, ainsi que marche à tous les régimes avec les mêmes connexions.

L'inversion du sens de marche s'obtient en inversant le sens du courant dans les deux inducteurs principaux E_1 et E_2 des moteurs, au moyen des contacteurs 11 et 13, qui correspondent à la marche dans un sens, et 12 et 14, qui provoquent la marche dans l'autre sens.

Des contacts auxiliaires, placés sur les circuits de commande de ces contacteurs, assurent un enclenchement tel que les contac-

Digitized by Google

teurs de la marche dans un sens ne puissent se fermer, si ceux de la marche en sens opposé sont restés fermés pour une cause quelconque.

Le freinage avec récupération est fondé en principe sur l'inversion du sens de marche des moteurs. En inversant les connexions d'un moteur série monophasé, sans inverser le sens de marche, il fonctionne comme génératrice en série, le courant d'excitation étant fourni par la ligne de prise, et il produit un couple retardateur.

Il faut toutefois éviter qu'il ne superpose, au courant de freinage à 16 périodes par seconde, du courant continu provenant de l'auto-excitation du moteur.

Si un moteur-série est alimenté par le secondaire d'un transformateur, sans autre intermédiaire, il constitue un circuit fermé comportant, montés en série, l'induit, l'inducteur et le secondaire du transformateur. Dans ces conditions, il peut s'amorcer un courant continu, dont l'intensité ne serait limitée que par la très faible résistance du circuit. Afin d'éviter l'amorçage de ce courant continu, le circuit de freinage est interrompu par un transformateur dont le primaire est relié aux inducteurs E_1 et E_2, tandis que le secondaire TS est mis en communication avec le circuit constitué par les induits M_1 et M_2 et les enroulements de commutation C_1 et C_2.

Ce transformateur est installé entre l'interrupteur répulsion-série-répulsion et la cabine de l'interrupteur à haute tension. Il est mis en circuit par les contacteurs 16 et 17, qui se ferment au moment du freinage, le contacteur 15 restant ouvert. Pendant la marche en moteur, le contacteur 15 est fermé et les contacteurs 16 et 17 sont ouverts.

Lorsque la locomotive descend une pente à grande vitesse, il se développe dans les moteurs une force électromotrice très élevée, due principalement à la vitesse. Le courant d'excitation est relativement faible et il en résulte que le rendement de la récupération peut atteindre 40 à 45 °/₀ de la puissance dépensée lors de la montée de la rampe.

A mesure que la vitesse à laquelle se fait le freinage diminue, la force électromotrice a tendance à diminuer et, par suite, l'intensité relative du courant d'excitation augmente. Le facteur de puissance et le rendement diminuent en même temps, le couple de freinage restant toujours constant, à intensité constante, dans le moteur. La diminution du rendement et du facteur de puissance aux faibles vitesses ne correspond pas à une diminution du couple retardateur, qui reste constant jusqu'à la vitesse nulle et qui produirait même la marche en arrière si on le maintenait après avoir réalisé l'arrêt complet.

La vitesse de marche correspondant à celle du synchronisme est d'environ 25 km par heure, alors que les vitesses normales de marche sont notablement supérieures; il faut donc utiliser la connexion série-répulsion pour pouvoir les réaliser.

A cet effet, on applique aux enroulements d'excitation compensée C_1 et C_2, la tension constante de 200 volts, prise sur la section 0-200 du secondaire du transformateur principal au moyen de la dérivation V.

Les moteurs ne sont montés en répulsion qu'au moment du démarrage, afin d'améliorer la commutation pendant cette période, qui nécessite de puissants couples moteurs à de faibles vitesses.

Pour effectuer les connexions nécessaires, les balais sont mis en court-circuit et les enroulements d'excitation et de commutation sont mis en série entre eux et avec l'enroulement secondaire du transformateur. Ces connexions sont effectuées au moyen des appareils RSR, intercalés sur la dérivation V, qui seront décrits plus loin.

Le rapport entre les ampères-tours du stator et ceux du rotor est tel que les induits sont parcourus par un courant de grande intensité, mais soumis à un flux faible, afin d'obtenir une bonne commutation tout en conservant un couple suffisant.

Pour le réglage des différents régimes de marche en série-répulsion, on applique des tensions variables au circuit des moteurs, et c'est pourquoi le secondaire du transformateur principal ABOD comporte les divisions de 0 à 720 volts, comme l'indique la figure 4. Dans ce schéma, on n'a indiqué que les circuits secondaires principaux qui servent à régler la marche des moteurs.

Les dérivations partant des différents points 200 à 720 volts aboutissent aux contacts de rupture des contacteurs et aux appareils accessoires qui seront indiqués plus loin.

Les tensions en ces points de dérivation sont respectivement de 200, 260, 320, 400, 480, 560, 640 et 720 volts.

Ces différentes tensions de réglage des moteurs sont appliquées au moyen des contacteurs 1, 2, 3, 4, 8, 9 et 10, actionnés par les crans du coupleur que l'on peut connaître à première vue par l'examen du schéma 5 ou encore déterminer sur le schéma figure 3.

Afin de ne pas interrompre le courant et de ne pas produire des à-coups aux attelages quand la manette du coupleur est amenée d'un cran à un autre, la connexion établie n'est rompue que lorsque la suivante est établie. Afin d'éviter une mise en court-circuit de la section correspondante de l'enroulement secondaire du transformateur principal, on utilise la mise en circuit du rhéostat F_1 F_2, qui est placé dans la locomotive au-dessus du transformateur et entre les deux rangées de contacteurs. Le passage s'effectue ainsi, en deux temps, sur deux crans F_1 F_2 du rhéostat, par l'intermédiaire des contacteurs 5, 6 et 7.

Ces contacteurs de transition correspondent à des positions de la manette du coupleur, qui envoient le courant dans les électros, mais ne le maintiennent que pendant la durée du passage de la manette sur les plots correspondants. Ces positions transitoires sont désignées par la lettre X sur le schéma (fig. 5), par opposition à celles que désignent des chiffres correspondant à des positions d'arrêt.

La manette du coupleur est disposée de façon que le mécanicien, dès qu'il manœuvre l'appareil, puisse distinguer facilement les différents plots qui viennent d'être mentionnés.

Si la dérivation à 200 volts qui alimente les enroulements compensateurs C_1 C_2 venait à être interrompue en cours de route, les moteurs fonctionneraient dans de moins bonnes conditions de commutation et il se produirait des crachements. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on n'a pas intercalé de fusible sur la dérivation V. Pareille interruption serait à craindre aussi sur la branche W du même circuit, soit par suite d'interruption au contacteur 19, soit par suite de la fusion du coupe-circuit V. Dans le cas où une interruption se produirait au contacteur 19, et pour éviter tout mauvais fonctionnement de ce fait, les contacteurs 18 et 19 ont été reliés par un enclenchement mécanique, qui fait que l'ouverture du contacteur 19 entraîne forcément celle du contacteur 18 et réciproquement. Dans ces conditions, tout battement intempestif du contacteur 19 est supprimé.

Pour parer à l'interruption provenant de la fusion du coupe-circuit U, on l'a établi pour qu'il ne puisse fonctionner qu'en cas de court-circuit franc. C'est le fusible Y, mis en série avec le contacteur 19 sur la branche L, qui ouvre normalement le circuit en cas de surcharge des moteurs.

Dans le cas où un défaut d'isolement viendrait à se produire entre les enroulements de l'un des moteurs et la masse, le coupe-circuit MA, intercalé entre la borne 200 volts et la terre, sauterait, car il a une capacité beaucoup plus faible que les deux autres. Cette connexion de la borne 200 volts avec la terre a aussi pour but d'empêcher tout accident dû à une charge statique des moteurs.

Le passage du montage des moteurs en répulsion au montage série-répulsion est obtenu au moyen d'un appareil spécial constitué par trois contacteurs commandés mécaniquement par des

Digitized by Google

pistons à air comprimé. Ces trois contacteurs établissent les connexions représentées en RTSR (fig. 4), c'est-à-dire qu'ils mettent les deux induits M_1 M_2 en court-circuit ou établissent la connexion V entre le groupe des enroulements de commutation C_1 C_2 et la borne 200 volts du secondaire transformateur.

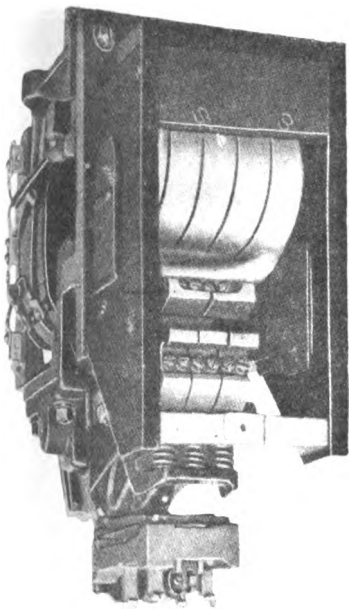


Fig. 9. — Contacteur.

Afin d'éviter tout à-coup sensible dans les attelages et dans le fonctionnement de la locomotive, par suite des variations de flux dans les moteurs résultant du changement de connexions dont il vient d'être question, par le dispositif RTSR, on a établi une dispositif intermédiaire consistant à insérer temporairement la résistance RS entre la borne 200 volts et les enroulements de commutation, résistance qui ne reste en circuit qu'un temps très court.

Commande électrique. — Les commandes du circuit secondaire du transformateur principal, sauf celle du commutateur répulsion-série-répulsion sont effectuées par des contacteurs à commande exclusivement électrique (fig. 9). Les contacts mettant en circuit le courant du secondaire remplacent ceux d'un coupleur de grande capacité; ils sont actionnés par un électro-aimant que commande le coupleur réduit manœuvré par le mécanicien (fig. 10).

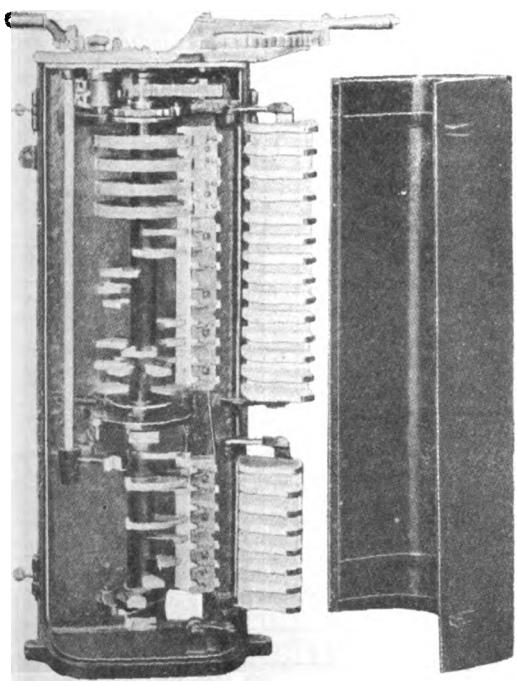


Fig. 10. — Coupleur pour équipement à contacteurs à courant alternatif.

Les manœuvres commandées par le coupleur et exécutées par les contacteurs, sont les suivantes :

1° Mise en marche ;
2° Renversement de marche ;
3° Accélération ;
4° Freinage.

Les trois premières manœuvres sont réalisées par les contacteurs 1, 2, 3, 4, 8, 9 et 10 qui commandent les sections du secondaire OD du transformateur.

Les contacteurs 5, 6 et 7 servent à limiter, au moyen des rhéostats F_1 et F_2 (fig. 11), l'intensité du courant au moment de la mise en court-circuit d'une section du secondaire du transformateur.

Ces rhéostats servent également à donner des crans de marche intermédiaires, atténuant les variations de l'intensité et du couple moteur, lors du passage d'une borne à l'autre du secondaire du transformateur. Ce dispositif permet de réduire à près de moitié le nombre de prises sur le secondaire. Ces trois contacteurs, identiques aux autres comme construction, ne se distinguent des sept autres déjà indiqués que par leur fonction.

Le renversement de marche est réalisé par inversion des inducteurs, comme dans les moteurs à courant continu. Dans la locomotive monophasée, au lieu d'un seul appareil inverseur, on utilise les quatre contacteurs 11, 12, 13 et 14.

Les contacteurs 18 et 19 ont pour équivalents, dans les équipements à courant continu, les contacteurs dits principaux.

Les contacteurs 15, 16 et 17 servent pour le freinage : le contacteur 15 sépare les inducteurs E_1 E_2 du circuit des moteurs; le contacteur 16 les relie au circuit de freinage constitué par un enroulement du transformateur TS et une résistance; le contacteur 17 ferme l'autre enroulement du transformateur sur une réactance Re.

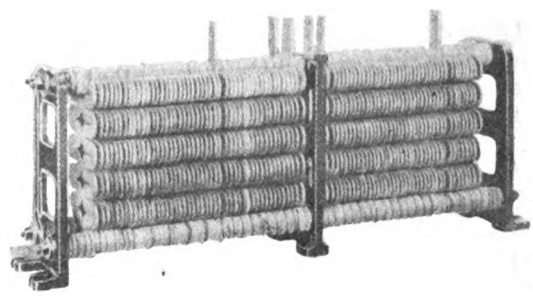


Fig. 11. — Résistance servant à limiter l'intensité du courant au passage d'une borne du secondaire du transformateur à la suivante.

Enfin le contacteur 0 shunte une partie de la résistance RT aux derniers crans.

Coupleurs. — Les deux coupleurs, utilisés alternativement et placés chacun à l'une des extrémités de la locomotive, ont été étudiés spécialement pour les équipements à courant alternatif avec freinage et récupération. La figure 10 est une vue photographique et la figure 3 un schéma des connexions.

Ce type de coupleur comporte trois cylindres et trois manettes : la manette principale, qui ne peut se déplacer que dans le sens des aiguilles d'une montre, la manette d'inversion et celle du freinage.

On effectue le démarrage normal en déplaçant, dans le sens avant ou arrière, selon le cas, d'abord la deuxième manette, puis la troisième, et enfin la manette principale qui règle l'accélération.

Pour obtenir le freinage de la récupération, on laisse en place la manette d'inversion, on ramène au cran zéro la manette principale et on amène la manette de freinage au cran marqué freinage.

Contacteurs. — Les vingt contacteurs, numérotés de 0 à 19 (fig. 3), sont tous de construction identique. Leur circuit magnétique est entièrement feuilleté; les tôles minces qui le constituent sont découpées en forme d'U pour la partie fixe et en forme de L pour l'armature.

Une des branches de l'armature porte les contacts principaux, l'autre, les contacts auxiliaires servant aux enclenchements entre

Digitized by Google

contacteurs. Le pivot se trouve entre les deux jeux de contacts. Sur la figure 9, on voit, montés sur le bâti, les dispositifs de soufflage des arcs, dispositifs dont l'efficacité assure une bonne conservation des contacts.

Ces contacteurs peuvent couper des courants dont l'intensité atteint 3 000 ampères, et fonctionner à des régimes de tension, variant de 450 à 800 volts.

Ils sont montés dans la caisse de la locomotive, en deux rangées horizontales, à des intervalles de 20 cm d'axe en axe.

Commutateur répulsion-série-répulsion. — Cet appareil est à commande électro-pneumatique.

Le passage d'une connexion à l'autre (répulsion à série-répulsion ou inversement) exige une modification de connexions entre les circuits M_1M_2, RS et V en R — SR (fig. 4).

Ce changement de connexions se réalise pratiquement au moyen de trois contacteurs réunis en un seul appareil. Sa construction rappelle celle des contacteurs à commande électrique, particulièrement par ses contacts auxiliaires obviant aux fausses manœuvres, mais il est actionné mécaniquement par des pistons à air comprimé qui peuvent être à volonté actionnés à la main.

Dans les deux cas, l'action exercée sur les pistons du commutateur DH_1 (fig. 3 et 4) est déterminée par deux électro-aimants AC (fig. 3) commandant les clapets d'admission d'air.

Commandes pneumatiques. — La figure 6 donne schématiquement la disposition des canalisations et des appareils à air comprimé.

L'air comprimé est contenu dans un réservoir R à la pression de 4 kg : cm².

Au-dessus de ce réservoir, sont figurés les appareils qui en assurent la charge et qui sont le cylindre T ou compresseur, commandé par un moteur à répulsion fonctionnant à la tension de 320 volts, le cylindre régulateur de pression X avec joint isolant U, et le robinet S d'amenée d'air au régulateur X.

Dans le cas où le réservoir R serait vide ou insuffisamment chargé, les premières manœuvres, aussi bien du pantographe que de l'interrupteur à huile, et la mise en marche du groupe compresseur, s'effectuent au moyen d'une pompe à air J, que l'on manœuvre à la main, et d'une conduite spéciale aboutissant, dans chacun des deux postes de commande de la locomotive, à un robinet H, remplissant le même rôle que le robinet M de la canalisation normale à air comprimé; ce dernier robinet doit, naturellement, rester fermé lors d'un démarrage à la main.

On peut éviter de charger avec la pompe le cylindre I commandant l'interrupteur à huile. Il est préférable d'ouvrir l'armoire qui le contient et d'enclencher l'appareil à la main.

La mise en prise d'un seul pantographe suffit pour alimenter le transformateur principal et, par suite, le circuit du compresseur.

La mise en communication d'un pantographe nécessite d'abord l'envoi d'air, au moyen de la pompe, dans le cylindre de déverrouillage D (avant ou arrière), en ouvrant un des robinets V et le robinet à trois voies correspondant A ou B qui envoie l'air au cylindre de déverrouillage.

On laisse les robinets en position, et on ramène à la position « échappement » le robinet à trois voies. Le cylindre D est ainsi laissé en pression.

On opère de même avec le cylindre d'enclenchement I, de l'interrupteur à huile, par un de ses verrous K, qu'on laisse ensuite en position, et par le robinet à trois voies C correspondant, que l'on ramène à la position d'échappement.

La dérivation T_2 est à 320 volts ; elle permet de mettre en marche le compresseur C au moyen de l'interrupteur SM.

La dérivation T_1 à 100 volts est utilisée pour actionner le groupe ventilateur V_r par l'intermédiaire de l'interrupteur ML.

L'arrêt du compresseur et celui du ventilateur sont commandés par les manœuvres inverses de leurs interrupteurs respectifs.

Quant aux pantographes, il suffit, pour les abaisser, d'ouvrir le robinet verrou, précédemment fermé, et d'envoyer de l'air dans le cylindre E, en déplaçant le robinet à trois voies correspondant de la position d'échappement à la position de charge du cylindre E (fig. 6).

En ce qui concerne l'interrupteur à huile, il peut être fermé à la main et, dans certains cas, on peut y accéder directement. L'armoire cadenassée, dans

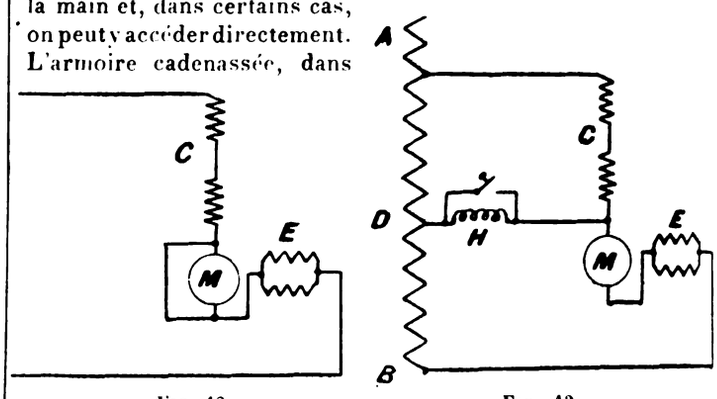


Fig. 12. Fig. 13.

Fig. 12 et 13. — Schémas de montage du moteur répulsion-série-répulsion.

laquelle il est enfermé, ne peut être ouverte qu'après que les pantographes ont été abaissés. Pour ouvrir l'interrupteur, on ne saurait utiliser la commande directe à la main; elle s'effectue à distance à partir de l'un ou de l'autre des postes de commande. Il suffit pour cela de fermer pendant quelques secondes l'interrupteur MS et de le laisser se rouvrir automatiquement. L'action de la bobine de déclenchement S_2, qui lui est reliée, est directe et la commande n'exige pas, comme celle de l'enclenchement, le concours de l'air comprimé. Il en est de même du déclenchement automatique, provoqué en cas de surcharge par le transformateur-série K, faisant agir la bobine S_1 de l'interrupteur.

Essais des moteurs. — La série des essais effectués, aux Ateliers Thomson Houston, sur les moteurs, a permis de constater les caractéristiques générales des moteurs aux différentes prises du secondaire du transformateur, c'est-à-dire aux différentes tensions.

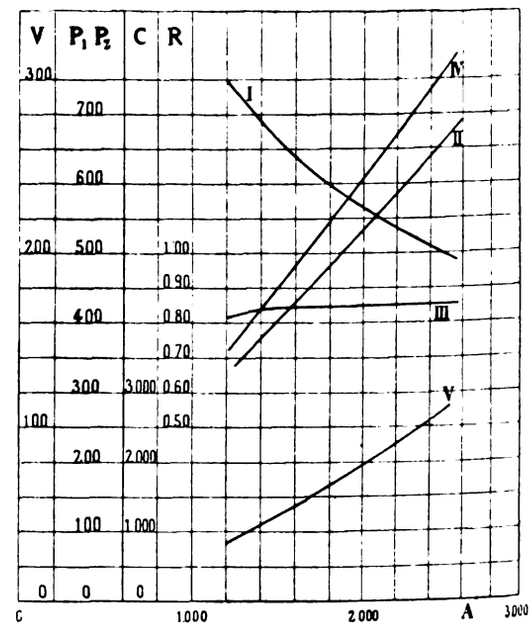


Fig. 14. — Courbes caractéristiques du moteur série-répulsion.

On a établi également les principales caractéristiques des moteurs montés en répulsion et en série-répulsion à la tension normale, avec et sans bobine de commutation, ainsi que les principales caractéristiques lorsque les moteurs fonctionnent avec récupération.

Pour procéder aux essais, on a lié les deux moteurs par un accouplement semi-rigide. L'un des moteurs fonctionnait avec du courant alternatif, tandis que l'autre, alimenté en

Digitized by Google

courant continu à 250 volts, avec excitation séparée, fonctionnait tantôt comme génératrice, tantôt comme moteur (essais de récupération).

Pour déterminer le rendement, on a taré le moteur, fonctionnant avec du courant continu, par la méthode des pertes séparées.

Les deux circuits d'excitation étaient montés en parallèle, au lieu de l'être en série, comme l'indique le schéma (p. 297, fig. 3).

La puissance absorbée ou fournie, en alternatif, était mesurée par un wattmètre, dont le gros fil était branché sur le secondaire d'un transformateur d'intensité de 3000/10 ampères.

Les figures 12 et 13 donnent les schémas de montage du moteur répulsion-série-répulsion.

A titre d'exemple des résultats obtenus, voici reproduites les courbes (fig. 14) qui s'appliquent au moteur série-répulsion à la tension normale de 360 volts.

La caractéristique des vitesses en tours par minute est donnée en ordonnées (échelle V). La puissance totale fournie au moteur, exprimée en kilowatts, est donnée sur l'échelle P_1. Le rendement est indiqué sur l'échelle R, la puissance effective en chevaux sur l'échelle P_2 et le couple sur l'échelle C.

Cette locomotive, mise en service pour essais depuis le mois d'octobre 1911 jusqu'en juillet 1912, a rempli parfaitement toutes les conditions du programme imposé.

J.-A. MONTPELLIER.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

SUR L'EMPLOI DE VOLANTS EN CONJUGAISON AVEC LES MOTEURS A CHAMP TOURNANT DANS LA COMMANDE DES LAMINOIRS

L'extension des propriétés mécaniques du volant à la régulation des charges électriques variables est un problème dont la machine d'extraction a montré l'importance et l'économie.

Cette application, pour importante qu'elle soit, n'est cependant que le cas particulier d'une méthode plus générale dont nous voudrions signaler une fois de plus l'intérêt et l'étendue, et il n'est ignoré de personne que la grosse comme la petite métallurgie offrent notamment un champ immense à ce genre de conception.

Au cours de ce premier article, nous limiterons notre étude à l'établissement de quelques formules générales que le technicien consultera avec fruit avant d'aborder l'étude des cas particuliers qui lui incomberont.

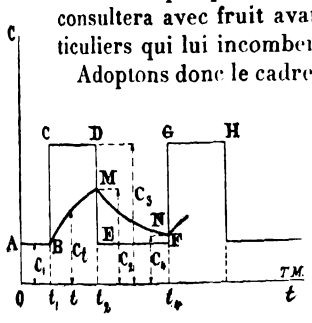


FIG. 1. — Diagramme de charge à partir du démarrage.

Adoptons donc le cadre des applications métallurgiques et examinons en premier lieu l'importance du couple résistant qui s'exerce sur l'arbre de commande d'un laminoir. Réduit à l'expression des résistances passives avant l'introduction du lingot, ce couple atteint à l'époque de la passe, une valeur que nous estimerons constante pendant la totalité du parcours de la pièce, de sorte qu'en portant les temps en abscisses et les couples en ordonnées, le diagramme représentatif sera tel que ABCDEF (fig. 1).

Imaginons maintenant un moteur d'induction attelé au laminoir et portant un lourd volant calé sur son arbre. Tandis qu'au début de la passe, le couple complémentaire sera intégralement fourni par le volant seul, la suite de l'opération provoquera l'intervention du moteur dans la mesure qui convient pour compenser la décharge du volant.

Ainsi, le couple développé par le moteur s'élèvera graduellement pendant la durée d'une passe et diminuera dans l'intervalle de temps qui sépare deux passes successives, conformément aux variations curvilignes représentées en BM et MN (fig. 1).

Ceci posé, désignons par :

C_1, le couple résistant avant la passe ;

C_3, le couple résistant total pendant la passe ;

C_t, le couple développé par le moteur à l'instant t ;

C_3, le couple développé par le moteur en fin de passe ;

t_1, l'époque à laquelle commence la passe ;

t_2, l'époque à laquelle elle finit ;

ω_0, la vitesse angulaire du moteur électrique au synchronisme ;

ω_1, la vitesse angulaire du moteur pour un couple C_1 ;

ω_3, — — pour un couple C_3 ;

ω_t, — — pour un couple C_t ;

ω_2, — — pour un couple C_2.

P, le poids du volant et des parties tournantes ;

d, le diamètre de gyration du volant et des parties tournantes ;

g, l'accélération de la pesanteur.

REPRÉSENTATION DES COUPLES ET DES VITESSES DU MOTEUR EN CHARGE. — Recherchons tout d'abord la représentation dynamique d'une passe.

A l'instant t, le volant fournit un couple $(C_3 - C_t)$ et la variation angulaire est $\frac{d\omega_t}{dt}$, de sorte que, par l'application du théorème des moments des quantités de mouvement, on obtient immédiatement :

$$\frac{Pd^2}{4g}\cdot\frac{d\omega}{dt} + C_3 - C_t = 0. \qquad (1)$$

D'ailleurs, la proportionnalité des couples moteurs aux glissements donne :

$$\frac{C_1}{\omega_0 - \omega_1} = \frac{C_3}{\omega_0 - \omega_3} = \frac{C_t}{\omega_0 - \omega_t}. \qquad (2)$$

De sorte qu'on peut écrire :

$$\frac{Pd^2}{4g}\cdot\frac{d\omega}{dt} = C_3\frac{\omega_3 - \omega_t}{\omega_0 - \omega_3}.$$

Équation d'où l'on tire :

$$dt = \frac{Pd^2}{4gC_3}(\omega_0 - \omega_3)\frac{d\omega}{\omega_3 - \omega_t}.$$

Intégrant en tenant compte de ce qu'au temps $t = t_1$, on a $\omega_t = \omega_1$, il vient :

$$t - t_1 = \frac{Pd^2}{4gC_3}(\omega_0 - \omega_3)\log_e\frac{\omega_1 - \omega_3}{\omega_t - \omega_3}, \qquad (3)$$

Digitized by Google

ou, après transformation à l'aide de (2) :

$$(3\ bis) \qquad t - t_1 = \frac{Pd^2}{4gC_1}(\omega_0 - \omega_1)\log_e \frac{C_1 - C_1}{C_1 - C_r},$$

expressions qui permettent de construire aisément la courbe des vitesses aussi bien que la courbe (BM) des couples du moteur.

Nous remarquerons immédiatement que si l'on désigne par γ_n le glissement normal du moteur défini par le rapport :

$$\gamma_n = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0},$$

la dernière expression (3 *bis*) peut s'écrire plus commodément sous la forme :

$$t - t_1 = \frac{Pd^2}{4gC_1}\omega_0\gamma_1 \log_e \frac{C_1 - C_1}{C_1 - C_r}.$$

Calcul du moment d'inertie du volant. — Si l'on se donne la durée T de la passe, ses éléments dynamiques et les caractéristiques du moteur, il sera facile d'en déduire l'importance du volant nécessaire à l'opération.

On a, en effet :

$$T = t_2 - t_1 = \frac{Pd^2}{4gC_1}\omega_0\gamma_1 \log_e \frac{C_1 - C_1}{C_1 - C_2},$$

d'où :

$$(4) \qquad Pd^2 = \frac{4gC_1T}{\omega_0\gamma_1 \log_e \dfrac{C_1 - C_1}{C_1 - C_2}}$$

Pratiquement C_1 est négligeable devant C_1, de sorte qu'on écrit simplement :

$$(4\ bis) \qquad Pd^2 = \frac{4gC_1T}{\omega_0\gamma_1 \log_e \left(\dfrac{1}{1 - \dfrac{C_2}{C_1}}\right)}$$

Cette expression montre que l'importance du volant est invariablement liée :

1° A la valeur du couple maximum C_1;

2° A la durée T de la passe;

3° A la vitesse du synchronisme du moteur;

4° Au glissement γ_1 consécutif au couple C_1;

5° Au couple C_2 du moteur en fin de passe.

Cette dernière donnée sera généralement fixée à l'avance sous la forme d'une fraction du couple C_1.

Ainsi, doubler le glissement du moteur par l'introduction d'une résistance ohmique dans le rotor, revient, toute autre chose égale, à réduire de moitié l'inertie nécessaire au volant.

Etudions maintenant la variation des couples pendant l'intervalle de temps qui sépare deux passes consécutives. Soient :

t', un instant compris dans cet intervalle;

C' et ω', les valeurs correspondantes du couple et de la vitesse du moteur;

t_2, l'époque à laquelle commence la passe suivante;

C_2 et ω_2, les valeurs correspondantes du couple et de la vitesse du moteur.

A l'instant t le couple *fourni par le moteur au volant* est égal à $C' - C_1$. Nous avons donc, en écrivant l'équation des moments des quantités de mouvement :

$$\frac{Pd^2}{4g}\frac{d\omega'}{dt'} = C' - C_1 = C_1\frac{\omega_1 - \omega'}{\omega_0 - \omega_1},$$

d'où :

$$dt' = \frac{Pd^2}{4gC_1}(\omega_0 - \omega_1)\frac{d\omega'}{\omega_1 - \omega'}.$$

Comme précédemment, intégrons en remarquant qu'au début de l'intervalle entre passes, $t' = t_2$ et $\omega' = \omega_2$, il vient :

$$(5) \qquad t' - t_2 = \frac{Pd^2}{4gC_1}(\omega_0 - \omega_1)\log_e \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1 - \omega'}.$$

Expression qui n'est autre que l'équation de la courbe (MN) des couples électromoteurs entre passes.

Opérant comme précédemment et désignant par T' la durée de l'intervalle entre passes, on obtient en faisant intervenir le glissement γ_2 :

$$T' = \frac{Pd^2\omega_0}{4gC_1}\gamma_2 \log_e \frac{C_2 - C_1}{C_1 - C_1},$$

d'où :

$$(6) \qquad Pd^2 = \frac{4gC_1T'}{\omega_0\gamma_2 \log_e \dfrac{C_2 - C_1}{C_1 - C_1}}$$

expression en tous points comparable à la formule (4).

Toutefois, il convient de remarquer que la simplification apportée à celle-ci ne peut être étendue à l'équation (6), car C_1, pour négligeable qu'il soit devant C_2, ne peut être négligé devant C_1 qui en est très voisin.

On observera en outre que $(C_2 - C_1$ et $(C_1 - C_1)$, représentant les valeurs entre passes, le rapport :

$$\frac{C_1 - C_1}{C_2 - C_1}$$

traduit vraisemblablement l'amortissement de ce couple pendant la durée de cet intervalle. C'est donc un nouvel élément qu'il est recommandable de fixer à l'avance et qui, entre autres propriétés, facilitera grandement le calcul du volant.

Conséquences des formules précédentes. — Avant d'établir les relations pratiques permettant d'effectuer ce calcul, nous déduirons quelques conséquences des formules précédentes.

a) Il est facile de voir, en reprenant la suite des opérations effectuées, que l'équation des couples pendant la seconde passe se déduira très simplement de l'expression (4) en remplaçant C_1 par C_1. Nous obtiendrons ainsi :

$$Pd^2 = \frac{4gC_1T'}{\omega_0\gamma_1 \log_e \dfrac{C_1 - C_1}{C_1 - C_2}}.$$

Au cours d'un régime défini par des valeurs bien déterminées de T, T', C_1 et γ_1, le couple du moteur variera entre ses deux limites C_2 et C_1.

Il apparaît donc que, pour assurer un régime de fonctionnement aussi régulier que possible, il y aura intérêt à rapprocher davantage les valeurs de C_2 et C_1. On est cependant limité dans cette voie par l'accroissement consécutif du poids et des dimensions du volant, de sorte qu'il paraîtra le plus souvent préférable d'examiner l'influence d'un volant spécifié à l'avance sur le fonctionnement d'un moteur caractérisé par son glissement en fonction du couple résistant maximum imposé.

b) Enfin, si nous rapprochons les formules (6) et (7), nous observerons que :

$$\frac{T}{T'} = \frac{\log_e \dfrac{C_1 - C_1}{C_1 - C_2}}{\log_e \dfrac{C_2 - C_1}{C_1 - C_1}}$$

ou en posant :

$$C_2 - C_1 = L_2; \quad C_1 - C_1 = L_1; \quad C_1 - C_1 = L_1;$$

$$(8) \qquad \frac{T}{T'} = \frac{\log_e \dfrac{L_1 - L_1}{L_1 - L_2}}{\log_e \dfrac{L_2}{L_1}}.$$

Digitized by Google

Formules pratiques. — Remplaçons dans la formule (7) l'accélération g par sa valeur numérique et introduisons le nombre de tours par minutes N_0 du moteur à la vitesse du synchronisme, nous obtenons après conversion des logarithmes népériens en logarithmes décimaux :

$$9 \qquad Pd^2 = 163 \frac{C_1 T}{N_0^2 \log_{10} \frac{C_3 - C_1}{C_3 - C_2}},$$

formule qui fournira le moment d'inertie du volant en kgm² si l'on a préalablement exprimé T en secondes et C_3 en kgm.

D'ailleurs, l'ensemble des formules (8) et (9) offrira non seulement tous les éléments nécessaires au calcul d'un volant, mais aussi à l'étude des effets dynamiques d'un volant déterminé à l'avance.

Exemples divers. — I. Proposons-nous en premier lieu de rechercher l'expression qui lie les couples L_2 et L_4 dans le cas où la durée d'une passe est égale à l'intervalle entre passes.

Nous avons alors T = T' et par suite, en vertu de la relation (8) :

$$\frac{L_3 - L_2}{L_3 - L_4} = \frac{L_4}{L_2}$$

autrement dit :

$$L_2^2 - L_2 L_3 - (L_4^2 - L_3 L_4) = 0$$

d'où :

$$L_2 = \frac{L_3 \pm (L_3 - 2L_4)}{2}$$

et finalement :

$$L_2 = L_3 - L_4 \qquad \text{et} \qquad L_2 = L_4.$$

De ce que L_2 est toujours supérieur à L_4, la seconde racine est inacceptable. Quant à la première, elle conduit à l'égalité :

$$L_2 + L_4 = L_3.$$

relation évidente si l'on observe que les aires des deux trapèzes curvilignes MBCN et DNPE doivent être égales (fig. 2).

II. Un train de laminoir, muni d'un volant de 150 000 kgm², doit supporter des pointes de 1 000 ch. La vitesse synchrone du moteur est de 210 tours par minute et son glissement de 15 % pour la puissance de 1 000 ch. Il s'agit de déterminer les variations du couple développé par le moteur, la durée de chaque passe étant de 2,5 secondes et l'intervalle entre passes consécutives de 4 secondes. On admettra que le couple nécessaire à la marche à vide du laminoir est pratiquement nul.

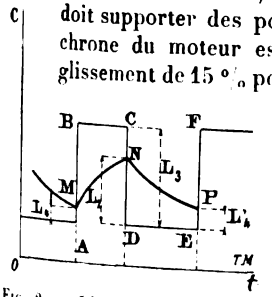


Fig. 2. — Diagramme de charge en régime.

Le couple moteur correspondant à la puissance de 1 000 ch est :

$$\frac{75\,000 \times 60}{2\pi \times 210(1 - 0{,}15)} = 4\,014 \text{ kgm}.$$

D'ailleurs, l'application des formules (8) et (9) donne successivement :

$$\frac{2{,}5}{4} = \frac{\log_{10} \frac{4\,014 - L_4}{4\,014 - L_2}}{\log_{10} \frac{L_2}{L_4}}$$

puis :

$$150\,000 = \frac{163 \times 4\,014 \times 2{,}5}{210 \times 0{,}15 \times \log_{10} \frac{4\,014 - L_4}{4\,014 - L_2}},$$

soit, pour la dernière :

$$\log_{10} \frac{4\,014 - L_4}{4\,014 - L_2} = \frac{163 \times 4\,014 \times 2{,}5}{210 \times 0{,}15 \times 150\,000} = 0{,}346.$$

D'où, après substitution :

$$\log_{10} \frac{L_2}{L_4} = 0{,}553.$$

On en tire aisément :

$$\frac{4\,014 - L_4}{4\,014 - L_2} = 2{,}218$$

$$\frac{L_2}{L_4} = 3{,}573.$$

Et enfin :

$$L_4 = 705 \text{ kgm}.$$
$$L_2 = 2\,519 \text{ kgm}.$$

A ces couples correspondent des vitesses angulaires dont la valeur est, tout calcul fait :

$$\omega_4 = 21{,}40.$$
$$\omega_2 = 19{,}91.$$

De sorte que les puissances en chevaux consécutives sont :

$$\frac{\omega_4 L_4}{75} = 201 \text{ ch}.$$

$$\frac{\omega_2 L_2}{75} = 668 \text{ ch}.$$

D'où l'on observe une efficacité suffisante du volant proposé ainsi qu'une réduction possible à 700 ch de la puissance du moteur asynchrone projeté.

Conclusions. — Bien que l'adjonction du volant donne lieu à des pertes mécaniques supplémentaires, le bénéfice de la disposition n'en reste pas moins effectif, dans le cas de charges très irrégulières, par suite de la réduction des pertes par effet Joule consécutives aux plus fortes pointes. C'est d'ailleurs cette considération qui doit présider au choix d'un volant suffisamment lourd pour réduire simultanément les pertes électriques, la capacité du moteur et solidairement le courant déwatté absorbé pendant les fréquentes périodes de marche à vide.

En ce qui concerne l'influence du volant amortisseur sur la capacité du réseau ou de la station génératrice, celle-ci sera très différente suivant le rapport de cette capacité à celle des moteurs considérés, et l'on devra, dans chaque cas, superposer les diagrammes de charge des unités motrices combinées aux régulateurs d'inertie projetés. On retiendra, quant à la détermination de ces derniers, que trois facteurs affectent le réseau de distribution : la pointe de charge, la soudaineté et la fréquence des fluctuations, le facteur de puissance. Le premier de ces facteurs se répercute immédiatement sur les frais d'établissement de la station centrale, principalement dans le cas ou celle-ci, actionnée par moteurs à gaz, n'est passible que d'une surcharge minime. La soudaineté des fluctuations altère la tension, la fréquence et affecte la marche en parallèle des unités génératrices. Enfin, la possibilité d'adopter un moteur de puissance réduite assure une amélioration du cos φ particulièrement avantageuse à faible charge, la composante déwattée du courant absorbé à vide étant sensiblement proportionnelle à la capacité de ce moteur.

A.-R. Garnier,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

MÉTALLURGIE

LES MACHINES SOUFFLANTES POUR ACIÉRIES

Etant donné le service très particulier qu'on exige des machines soufflantes pour aciéries, elles doivent être étudiées et construites d'une manière toute spéciale.

Les convertisseurs de grand modèle traitent des charges de 18 à 20 t de fonte; dans ceux de petit modèle, tout au moins dans ceux des aciéries de laminage, on ne passe à la fois que 7 à 8 t. Malgré cette différence de capacité, la durée du soufflage doit rester la même pour assurer la rapidité de l'opération dont dépend la qualité du métal.

Le volume de l'air débité par les soufflantes est donc proportionnel à la capacité des convertisseurs, et sa pression croît simultanément, car la hauteur de fonte liquide augmente également avec l'importance de la masse traitée au cours d'une opération. Pour une cornue de 20 t, la soufflante aspirera, à sa vitesse maximum, 800 m³ d'air par minute et les refoulera à la pression de 2 kg 5 par centimètre carré.

Les opérations de conversion étant courtes et répétées, la soufflante fonctionne pendant des périodes de dix à douze minutes séparées par des arrêts de durée variable; dans les aciéries importantes qui travaillent simultanément avec plusieurs cornues, les périodes d'arrêt se réduisent à la durée du changement d'appareil et le soufflage d'une charge commence dès que l'opération précédente est achevée.

Le débit et la pression varient pendant la durée de l'opération; la pression, faible au début alors que la fonte est fluide, augmente ensuite, alors que le métal devient pâteux, puis se recouvre de scorie.

La soufflante d'aciérie, appareil à fonctionnement intermittent, à débit et à pression variables, diffère donc essentiellement de la soufflante de haut fourneau.

Types de machines soufflantes. — La compression de l'air peut être réalisée dans des machines de principes très différents.

Les ventilateurs centrifuges tournant à grande vitesse donnent un débit élevé, mais une pression faible (cubilots et gazogènes).

Les ventilateurs rotatifs volumogènes, genre Root, permettent d'obtenir théoriquement des pressions élevées, mais pratiquement ils donnent lieu à des fuites importantes après un service assez court, de sorte que la pression de l'air atteint difficilement 1 kg, et que leur rendement est faible.

Les machines à piston répondent complètement aux desiderata du service d'aciéries; leur débit est proportionnel au nombre de cylindrées et la pression de refoulement dépend uniquement de la contre-pression dans l'appareil d'utilisation; pour une vitesse donnée, la machine débitera des volumes constants à des pressions très variables.

Depuis quelques années enfin, l'application des étages de pression aux turbines à vapeur a conduit à la création de soufflantes étudiées sur des principes nouveaux.

Une turbine de ventilateur centrifuge ne donnant qu'une pression réduite en raison de la faible densité de l'air, la compression a lieu par étages dans plusieurs ventilateurs travaillant individuellement dans l'air déjà comprimé par la turbine précédente; les compresseurs multicellulaires genre Rateau sont constitués par l'accouplement de plusieurs ventilateurs centrifuges qui compriment successivement la même masse d'air.

Ces machines, très souples comme débit et comme pression, sont économiques au point de vue de la construction, de la consommation de force motrice, des dépenses d'entretien; elles se prêtent aisément à la commande directe par turbine à vapeur ou par électromoteur.

I. — Machines soufflantes à pistons.

Cylindres soufflants. — La compression rapide de l'air à 2 kg ou 2 kg 5 entraîne un échauffement considérable et nécessite un refroidissement artificiel du cylindre permettant d'assurer le graissage. Les cylindres à vent comportent un fourreau intérieur amovible en fonte dure, encastré dans une chemise en fonte douce avec circulation d'eau dans l'intervalle.

Les pièces animées d'un mouvement alternatif, étant soumises à des efforts d'inertie très notables, sont allégées et soigneusement équilibrées. A la périphérie du piston en acier moulé, on creuse des gorges annulaires servant à loger des segments d'étanchéité en fonte douce, pressés par des ressorts; en outre, des patins supplémentaires en fonte ou en métal antifriction, prenant leur appui sur la partie inférieure du cylindre, remédient aux flexions de la tige de piston.

Les tiges de pistons, creuses, de très gros diamètre, accouplées directement à la tige du cylindre moteur, sont supportées à l'avant et à l'arrière par des coulisseaux semblables; les poids du piston et de sa tige se trouvent ainsi transmis à des glissières réglables sur lesquelles se déplacent les coulisseaux, de sorte que l'usure du cylindre et des segments de pistons est presque nulle.

Les tiges creuses sont disposées de manière à être traversées, lors des démontages, par les tiges des pistons moteurs, ce qui accélère les réparations, puisque l'on peut démonter toutes les pièces mobiles sans toucher aux cylindres. Quand la pression de refoulement dépasse 2 kg, on fait parcourir l'intérieur de la tige par un courant d'eau qu'amène une tubulure articulée; le piston creux contribue également à refroidir le vent et diminue les chances d'usure.

Les presse-étoupes comportent des bagues annulaires serrées automatiquement sur la tige de piston par des ressorts.

La communication du cylindre avec les tubulures d'aspiration et de refoulement a lieu par des clapets automatiques, ou quelquefois par des tiroirs commandés.

Les clapets montés au bout des cylindres, dans les plateaux ou dans des chapelles, doivent être très légers et présenter une large section d'ouverture; on donne au clapet une course verticale très faible, afin de réduire les espaces morts en fin de course; en outre, on évite au moyen de dispositifs spéciaux qu'un clapet d'aspiration tombe à l'intérieur du cylindre en cas de rupture de sa tige. Les clapets Hoerbiger à orifices annulaires multiples satisfont presque complètement à ces conditions et les cylindres qui en sont munis atteignent un rendement volumétrique de 96 %.

Les cylindres soufflants à tiroirs du type Southwark sont les plus employés. La boîte d'aspiration et le collecteur de refoulement communiquent avec le cylindre au moyen de tiroirs à grilles placés dans les fonds de cylindres; les tiroirs d'aspiration sont commandés directement par des cames calées sur un arbre auxiliaire tournant à la même vitesse que l'arbre moteur. L'ouverture des tiroirs de refoulement ne peut être obtenue mécaniquement, puisque la pression de refoulement, et par suite, le point d'ouverture, sont variables; le déplacement des tiroirs est effectué par des pistons à air différentiels, dont les faces sont soumises à la pression de refoulement et à la pression qui règne à l'intérieur du cylindre à vent; aux fins de course, des excentriques calés sur l'arbre auxiliaire déterminent mécaniquement la fermeture. Ces cylindres fonctionnent sans choc et sans bruit, quelles que soient la vitesse et la pression; les espaces morts sont très réduits et l'on obtient des rendements volumétrique et mécanique très élevés.

Digitized by Google

Volants des soufflantes. — La puissance absorbée par un cylindre à vent est très irrégulière; l'effort, presque nul pendant l'aspiration, croît depuis le commencement de la compression jusqu'à l'ouverture des soupapes de refoulement, puis reste constant jusqu'à la fin de la course. Le cylindre moteur produit au contraire son effort maximum dans la première partie de la course: la vitesse angulaire pendant un tour ne reste donc régulière que si la force vive du volant est considérable.

On réduit notablement les dimensions du volant en accouplant à 90° deux cylindres à double effet.

Réservoir d'air comprimé. — Le débit d'un cylindre à vent n'est pas constant; pour une compression moyenne de 1 kg 5, les soupapes de refoulement sont ouvertes pendant une fraction de tour correspondant à un arc de 110°, de sorte que le cylindre à double effet donne deux aspirations séparées par un intervalle; l'obliquité des bielles augmente encore l'irrégularité du débit qui nuit à la régularité du soufflage. On obvie à cet inconvénient au moyen d'un réservoir à vent, dont la capacité est telle, que la pression y reste sensiblement constante entre deux cylindrées successives.

Si on avait recours à un réservoir d'une capacité trop considérable, on nuirait à la souplesse de la machine en amortissant les variations de débit et de pression. Comme le moteur doit démarrer sans charge, le réservoir à vent est vidé à la fin de chaque soufflage : c'est une cause de pertes très sensibles parce qu'elle est très souvent répétée. La machine soufflante à deux cylindres présente une notable supériorité à ce point de vue, puisqu'elle n'exige qu'un réservoir à vent peu volumineux.

II. — Soufflantes à vapeur.

Dispositions générales. — Le soufflage d'une charge dure de dix à douze minutes, pendant lesquelles la pression de l'air varie de 0 à 2 kg ou 2 kg 5; la vitesse et la puissance de la machine motrice variant continuellement, on devra obtenir un démarrage et un arrêt rapides. Comme la puissance de la machine atteint plusieurs milliers de chevaux, il est de toute importance qu'elle reste économique entre des limites de charge très étendues.

Les machines motrices seront du type compound à deux cylindres horizontaux jumelés, avec manivelles calées à 90° l'une de l'autre. Pour qu'elle reste économique, malgré les variations de charge, la machine présentera les caractéristiques suivantes : distribution de vapeur assurée par soupape à déclic; cylindre BP à détente fixe; cylindre HP muni d'un appareil de détente à déclic avec déclenchement variable à la main. Le machiniste se base sur les indications d'un tachymètre et d'un manomètre.

On obtient les variations de vitesse en modifiant la détente à la main sans le secours d'un régulateur. En passant des cylindres HP aux cylindres BP, la vapeur traverse un réservoir intermédiaire pourvu de purgeurs automatiques et d'une circulation de vapeur vive; elle y abandonne une partie de l'eau condensée dans la première détente et s'y réchauffe avant de pénétrer dans le cylindre BP. Les cylindres sont également entourés d'une enveloppe de vapeur vive.

Pour assurer le démarrage dans une position quelconque sans le secours du vireur, le cylindre BP comporte un robinet permettant d'introduire de la vapeur vive directement dans les fonds de cylindres. Si ce procédé reste sans résultat, on démarre au moyen d'un vireur électrique à débrayage automatique.

Le cylindre BP est relié à la canalisation d'une condensation centrale. Si la machine comporte un condenseur spécial, la pompe à air est actionnée par un balancier articulé commandé par l'extrémité de la tige d'un piston à vent.

Poste de manœuvre. — Le mécanicien a sous les yeux un tableau portant divers appareils : manomètre de pression de vapeur, indicateur de vide, manomètre de pression de vent, tachymètre, indicateurs optique et acoustique des signaux de l'aciérie.

Les appareils de manœuvre sont peu nombreux : volant de mise en marche, robinet d'injection de vapeur vive au cylindre BP, volant réglant la détente au cylindre HP.

Un seul machiniste suffit pour exécuter les manœuvres; un aide surveille les circulations d'eau et de vapeur ainsi que le graissage.

Caractéristique d'une soufflante pour convertisseur de 20 t. — Une machine soufflante de construction récente pour convertisseur de 18 à 20 t présente les caractéristiques suivantes :

Diamètre du cylindre à vent	1m,800
Diamètre du cylindre à vapeur HP	1m,300
— — — BP	2m,000
Course des pistons	1m,700
Nombre maximum de tours par minute	60
Volume aspiré par minute	1 000 m³
Pression maximum du vent	2,5 kg par cm²
Puissance normale	4 000 ch
Diamètre du volant	8m,00
Poids du volant	42 t
Poids total de la machine (sans condensation)	350 t

Constructeurs : Leflaive et Cie, à Saint-Etienne (Loire).

III. — Soufflantes à gaz de hauts fourneaux.

Puissance disponible dans le gaz de hauts fourneaux. — L'économie du moteur à gaz résulte de son rendement thermodynamique, qui atteint 28 %, alors que celui des meilleures machines alternatives ou des turbines à vapeur ne dépasse pas 15 %. La différence est plus nette encore quand le moteur à explosion est alimenté par des gaz de hauts fourneaux mis à la disposition de l'aciérie en quantités considérables sans qu'il y ait lieu de les produire spécialement.

Examinons la marche d'un haut fourneau où la mise au mille de coke est de 1000 kg.

Tout en exerçant leur action réductrice et calorifique, 1000 kg de coke dégagent en brûlant 4500 m³ de gaz, dont la puissance calorifique est de 950 calories. Le service propre du haut fourneau consommant une partie du gaz pour le chauffage des appareils Cowper et la production de la force motrice, la puissance mise à la disposition de l'aciérie varie beaucoup, suivant qu'il s'agit de machines à vapeur ou de moteurs à gaz.

La consommation de force motrice est de 10 ch par tonne de fonte, soit 6 pour la machine soufflante et 4 pour les machines auxiliaires (monte-charge, pompes à eau, éclairage, traction).

Les 4500 m³ sont dépensés comme suit (tableau I :

Tableau I. — Volume de gaz de haut fourneau produit par tonne de fonte : 4 500 m³.

	SERVICE du haut fourneau	DISPONIBLE
Chauffage du vent aux appareils Cowper.	2 000 m³	»
Puissance motrice, 2 500 m³ donnant :		
Machines à vapeur	10 ch	10 ch
Moteurs à gaz	10 ch	28 ch

L'utilisation de la chaleur disponible dans le gaz de hauts fourneaux est la suivante, selon qu'elle a lieu par des machines à vapeur ou par des moteurs à gaz (tableau II) :

Tableau II. — Utilisation de la chaleur disponible dans le gaz de hauts fourneaux.

	MACHINES à vapeur	MOTEURS à gaz
Pertes par la chaudière	30 %	»
Quantité de chaleur entraînée :		
Par la vapeur d'échappement	54	»
Par les gaz d'échappement	»	33 %
Frottements mécaniques	2	5
Eau de refroidissement	»	35
Travail effectif	14	27
	100	100

Digitized by Google

Nous avons supposé, dans des calculs, la vapeur utilisée dans des machines à condensation perfectionnées du type alternatif ou dans des turbines actionnant des dynamos servant au transport de l'énergie électrique.

Les frottements mécaniques du moteur à gaz sont plus considérables; cependant, son rendement final reste plus élevé, car on supprime ainsi toute perte correspondant à la transmission de la chaleur à la vapeur, opération intermédiaire qui absorbe déjà 30 % de la puissance totale.

Épuration des gaz. — La bonne marche et la conservation des moteurs exigent que le gaz soit propre et débarrassé des poussières, ainsi que des vapeurs goudronneuses ou acides qu'il peut contenir.

Les difficultés qui ont retardé l'application générale des moteurs à explosion consistaient surtout en un défaut d'épuration et de séchage du gaz.

La composition volumétrique moyenne du gaz de hauts fourneaux est la suivante :

	%		%
H	1,8	à	2,5
CH^4	0,5	à	1,5
CO	21	à	26
$CO^2 + Az$	69	à	75

non compris la vapeur d'eau. Le poids des poussières fines entraînées mécaniquement atteint, avec certains minerais, plusieurs grammes par mètre cube, alors que la pratique a indiqué une teneur maximum de 0 gr 02 par mètre cube, pour qu'il n'y ait ni inflammations intempestives, ni usure appréciable du moteur.

Dans les anciens appareils de lavage, les gaz léchaient des surfaces humides ou étaient arrosés par une pluie d'eau, mais cette méthode n'assure pas un brassage assez intime en raison du grand volume de gaz en traitement.

Parmi les nouveaux appareils, basés en général sur l'emploi de la force centrifuge, les *appareils Theisen* sont les plus employés (fig. 1 et 2). Le gaz et l'eau sont tout d'abord amenés en contact dans un tube vertical où jaillissent des jets d'eau pulvérisée sous forte pression; les gaz refroidis à 80° en sortent chargés de vapeur et d'eau entraînée mécaniquement.

L'épurateur centrifuge Theisen comporte une enveloppe fixe, légèrement conique, garnie intérieurement d'une toile métallique, et un tambour plein mobile portant des ailettes longitudinales ayant la forme d'hélices à pas allongé. On fait tourner rapidement le tambour, qui aspire le gaz par la partie la plus large et le refoule axialement à l'autre bout; l'eau de lavage pénètre dans la cuve par l'extrémité la plus étroite et sort spontanément à la partie inférieure de l'appareil : les gaz et l'eau se meuvent donc en sens inverse, de sorte que le lavage est méthodique. Les ailettes brassent le gaz sale que la force centrifuge projette à la périphérie sur la toile métallique avec les poussières alourdies par l'eau; ces poussières, traversant la toile, sont entraînées par le courant d'eau avant que des agglomérations solides ne puissent se former.

Le gaz entraîne mécaniquement des gouttelettes d'eau très ténues et de la vapeur d'eau : un séparateur retient l'eau, tandis que la vapeur, condensée dans les tuyauteries, est éliminée par des purgeurs.

Le débit des appareils, la puissance absorbée, et la proportion d'eau de lavage varient avec le degré d'épuration désiré; la purification des gaz destinés à l'alimentation des moteurs est poussée à moins de 0 gr 02 de poussières solides par mètre cube, ce qui absorbe 1,5 % à 2 % de la puissance totale des moteurs, avec une consommation d'eau de 1 l à 1 l 5 par mètre cube de gaz.

Dans un épurateur Theisen alimentant un moteur de 4 000 ch, c'est-à-dire débitant 10 000 à 12 000 m^3 à l'heure, le tambour a 2m,20 de longueur, 2m,20 de diamètre, et tourne à 450 tours par minute, en absorbant 60-70 ch.

Cylindres moteurs. — Les machines motrices à gaz fonctionnent suivant le cycle à quatre temps, qui se prête mieux aux variations incessantes de vitesse que ne le ferait le cycle à deux temps. Un groupe moteur comporte deux cylindres à double effet, accouplés à 180° sur un même arbre; à chaque tour correspondent deux impulsions motrices, et la machine possède le même coefficient de régularité qu'une machine à vapeur monocylindrique; un très lourd volant est donc nécessaire.

On règle le nombre de tours à la main en faisant varier la course des soupapes à gaz.

Pour mettre le moteur en marche, on injecte de l'air comprimé dans les cylindres au moyen de soupapes spéciales, mais cette

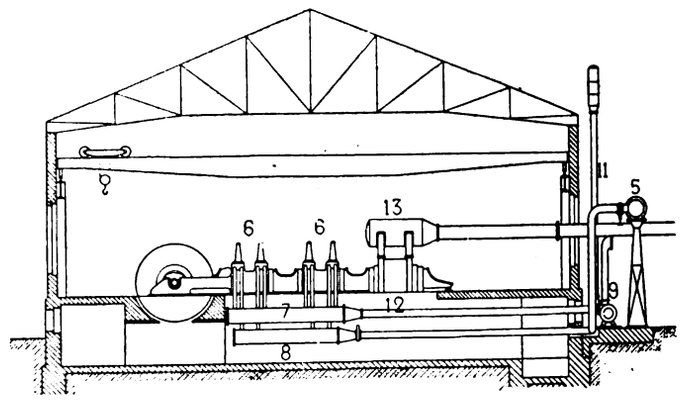


Fig. 1. — *Élévation.*

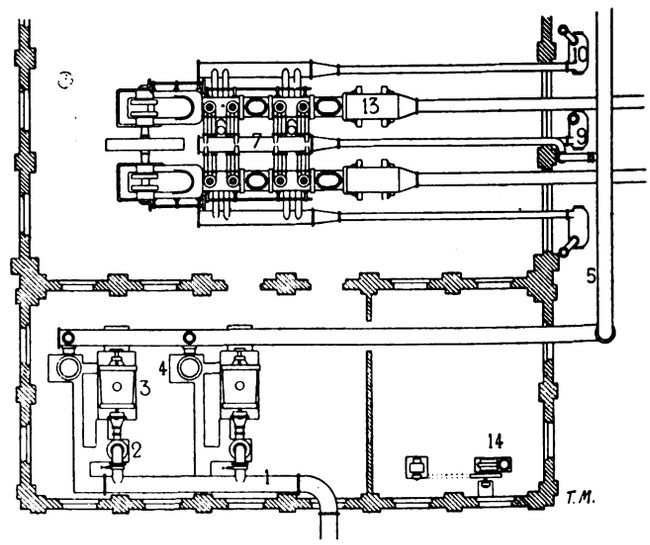


Fig. 2. — *Plan.*

Fig. 1 et 2. — Soufflante à gaz de hauts fourneaux. — 1, Conduite de gaz brut; 2, humidificateur; 3, épurateur centrifuge Theisen; 4, séparateur d'eau; 5, conduite de gaz épuré; 6, cylindre moteur à 4 temps et à double effet; 7, réservoir d'aspiration d'air; 8, réservoir d'aspiration de gaz; 9, pot d'aspiration d'air; 10, pot d'échappement; 11, cheminée d'échappement; 12, cylindre à vent; 13, réservoir à vent; 14, compresseur d'air pour démarrage, commandé par électromoteur. (Constructeur : Société alsacienne de Constructions mécaniques.)

opération, quoique automatique, demande quelques minutes; aussi ne peut-on pas arrêter un moteur à gaz à la fin de chaque soufflage comme on le ferait avec une machine à vapeur.

L'expérience a prouvé qu'il était préférable de laisser le moteur en marche dans les aciéries, même quand la durée des périodes d'arrêt est égale à celle des périodes de soufflage; les cylindres soufflants, que l'on met en court circuit en ouvrant une soupape de décharge placée entre les orifices d'aspiration et de refoulement, n'absorbent pas d'autre travail que les frottements produits par la résistance intérieure du mécanisme et par la circulation de l'air en circuit fermé. La vitesse est simultanément réduite à 35-40 tours, limite inférieure au-dessous de laquelle

Digitized by Google

l'inertie du volant serait insuffisante pour assurer la continuité de la marche; enfin, l'admission du gaz est fermée au moyen d'une soupape placée sur un des cylindres.

Pendant la marche à vide, le nombre de calories consommées n'est pas supérieur aux pertes d'une machine à vapeur à fonctionnement intermittent, dues à la condensation dans les tuyauteries et dans les enveloppes de vapeur ou à l'échappement de l'air lors du démarrage.

Un moteur à gaz de hauts fourneaux, fonctionnant suivant le cycle à quatre temps, exige 1900 calories par cheval-heure indiqué, soit 2 200 calories par cheval-heure effectif. Le pouvoir calorifique moyen du gaz étant voisin de 790 calories, la consommation volumétrique horaire est donc de 2 800 l par cheval effectif.

Ces résultats économiques sont atteints par les divers constructeurs de soufflantes à gaz (Ehrardt et Sehmer, Maschinenfabrik Augsburg und Nürnberg (M. A. N.), Gutehoffnüngshütte, Société alsacienne de Constructions mécaniques), et les divers types de machines ne diffèrent que par des points de détail.

Accouplement des cylindres a vent. — Comme dans les soufflantes à vapeur, le cylindre à vent est monté directement en prolongement du cylindre moteur; toutefois, les particularités de fonctionnement des moteurs à explosion exigent certains dispositifs spéciaux dans la construction des cylindres à vent.

Même si on le réalise au moyen de l'air comprimé, le démarrage du moteur à explosions a lieu à vide, car l'inertie du volant est telle que la puissance absorbée au démarrage à vide est supérieure à celle que prend la machine en charge. Les cylindres à vent seront donc disposés pour être mis en court-circuit, soit pour le démarrage, soit pour les périodes de marche à vide.

En outre, l'effort de compression devra toujours rester inférieur à l'effort moteur maximum; alors qu'une machine à vapeur surchargée travaille à détente et à vitesse réduites, le moteur à explosions ralentit et s'arrête immédiatement. Lorsqu'on atteint exceptionnellement de hautes pressions de refoulement, on doit donc diminuer le débit pour limiter l'effort résistant.

On obtient la limitation de l'effort de différentes manières, suivant les types de machines considérés. Dans les soufflantes de la Société alsacienne de Constructions mécaniques, les fonds de cylindres sont munis de trois soupapes correspondant à autant de chambres mises séparément et successivement en communication avec le cylindre; lorsque la pression de refoulement s'élève, les chambres augmentent le volume de l'espace nuisible et diminuent par suite le débit : l'augmentation de puissance créée par la surpression est donc balancée par une réduction de débit, de sorte que la puissance maximum n'est pas dépassée.

Dans les machines Ehrardt et Sehmer, les soupapes auxiliaires des fonds de cylindres peuvent déboucher soit à l'air libre pour le démarrage et pour la marche à vide, soit dans un réservoir indépendant pour la réduction du débit.

Enfin, dans les soufflantes de la Gutehoffnungshütte, on obtient un résultat analogue au moyen de tiroirs cylindriques que l'on règle à la main, ou automatiquement par l'air comprimé.

Ces divers dispositifs tendent à faire travailler chaque cylindre à gaz à sa puissance maximum, ce qui s'accorde avec les caractéristiques du moteur à explosion; on en augmente le rendement, et on lui donne une souplesse comparable à celle de la machine à vapeur.

IV. — Soufflantes à commande électrique.

Quand la puissance motrice est éloignée de l'aciérie, il est aisé de recourir à l'électricité pour l'y transporter.

On emploie pour les soufflantes des électromoteurs à marche très lente à pôles multiples, dont les bobines sont montées sur la jante d'un volant de grand diamètre. Les pistons des cylindres soufflants, actionnés directement par l'arbre de l'électromoteur, ont leurs manivelles calées à 90° pour régulariser tant le débit que l'effort résistant.

Le démarrage, la marche à vide et la limitation de l'effort sont réalisés par la mise en communication totale ou partielle des chapelles de refoulement avec l'aspiration; les variations de vitesse et de débit sont obtenues par des résistances électriques ou par des combinaisons dans l'alimentation de l'inducteur et de l'induit. Les moteurs à courant continu se prêtent plus facilement que les alternomoteurs aux variations qu'impose le service des convertisseurs.

A l'aciérie de Peine (Allemagne), alimentée par les hauts fourneaux d'Ilsede, la soufflante est actionnée par un électromoteur; son débit est de 800 m³ à la minute, avec une pression de refoulement de 2 kg et une puissance maximum est de 2000 ch. Le moteur à courant continu (500 volts) comporte 20 pôles saillants et autant de pôles commutateurs avec induit bobiné en tambour imbriqué. La vitesse normale de 80 tours est réglée par une résistance intercalée dans le circuit inducteur, ou, pour des variations de plus grande amplitude, par une résistance montée en série sur l'induit. L'énergie électrique est fournie à l'aciérie sous forme de courant triphasé à 9 400 volts, transformé en courant continu à 500 volts par un convertisseur rotatif.

V. — Turbo-soufflantes.

Le développement des turbines à vapeur a attiré l'attention des constructeurs sur les machines reposant sur les mêmes principes; les avantages des turbines vis-à-vis des machines alternatives ont fait supposer que les soufflantes rotatives devaient bénéficier d'une supériorité semblable.

L'utilisation de la vapeur à haute pression dans les turbines à étages multiples a indiqué les moyens propres à obtenir une pression élevée au refoulement, sans atteindre des vitesses dangereuses. Il y a analogie complète entre la turbo-soufflante (fig. 3) et la turbine à vapeur; toutes deux mettent en action un fluide compressible qui se comprime dans la première et se détend dans la seconde. Les dispositifs multicellulaires sont appliqués aux deux genres d'appareils et sont de construction analogue.

Stator. — La turbo-soufflante comprend : le stator (partie fixe), et le rotor (partie mobile), tournant à grande vitesse. Sur le stator sont montés les paliers et les buses d'aspiration et de refoulement. Le cylindre, divisé en deux par un joint horizontal, est sectionné par des diaphragmes en cellules étanches indépendantes, dont la pression intérieure croît depuis la buse d'aspiration jusqu'à la tubulure de refoulement.

L'ensemble des diaphragmes et des conduits redresseurs est entouré d'une circulation d'eau, qui maintient une basse température malgré la chaleur développée par la compression.

Les paliers à garniture antifriction sont refroidis par une circulation continue d'huile sous pression. L'un deux sert de palier de butée pour le réglage longitudinal de l'arbre, mais ne reçoit nul effort dû à la poussée axiale équilibrée automatiquement.

Rotor. — A chaque cellule correspond une roue portant une série d'ailettes en acier de haute résistance, judicieusement tracées; les aubes sont rivées par un de leurs bords sur la roue et, par l'autre, sur un disque annulaire qui donne à l'ensemble une grande rigidité. On équilibre chaque roue, avant son calage sur l'arbre, et l'arbre lui-même après montage des ailettes; cet arbre creux, en acier très dur, est de fort diamètre, car il est indispensable que les vibrations ne le déforment pas et que la vitesse maximum reste très inférieure à la vitesse critique.

Les cellules sont reliées par des joints à labyrinthe complètement métalliques, qui ne demandent aucun graissage, car il n'y a pas contact direct de métal sur métal.

L'air, entrant à l'extrémité de la machine par le centre de la première cellule, est aspiré par la roue mobile et rejeté par la force centrifuge dans le diffuseur fixe qui entoure la roue; son énergie cinétique, c'est-à-dire sa vitesse, s'y transforme en

Digitized by Google

énergie potentielle, c'est-à-dire en pression. Un conduit redresseur fixe, le ramène au centre de la seconde cellule, où il n'arrive avec une vitesse très réduite, mais sous pression; il se comporte dans cette cellule comme un fluide de densité plus élevée et sa pression y croît encore. Il en est de même jusqu'à la dernière cellule dont le diffuseur s'élargit et se raccorde avec la buse de sortie.

Poussée axiale. — Le rotor est soumis par un bout à la pression de refoulement et par l'autre à la pression d'aspiration égale ou légèrement inférieure à la pression atmosphérique; il en résulte une poussée axiale dirigée vers l'aspiration.

On obtient l'équilibrage de diverses manières. Dans les appareils Brown, Boveri et C^ie^, il se produit automatiquement, quels que soient la pression et le débit de la soufflante. A l'extrémité haute pression, un disque d'équilibrage tourne dans une chambre close, entre deux surfaces munies de joints à labyrinthe; l'une communique avec le refoulement, l'autre avec l'aspiration. Si, par suite d'une diminution de pression, le rotor se déplace vers la partie haute pression, le joint à labyrinthe basse pression s'ouvre, la pression augmente en arrière du disque et repousse

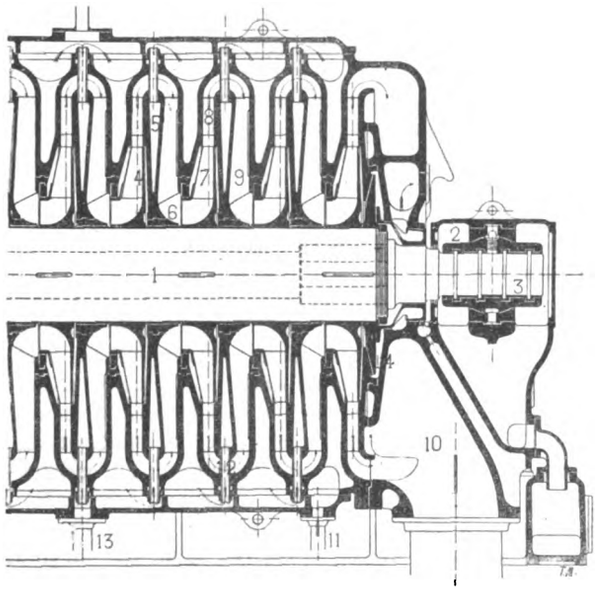


Fig. 3. — Turbo-soufflante. Coupe verticale des cellules à haute pression. — 1, Arbre creux à tourillons rapportés; 2, palier à réglage axial; 3, coussinet à garniture antifriction; 4, disque mobile; 5, diaphragme; 6, joint métallique du diaphragme sur l'arbre; 7, ailettes; 8, diffuseur; 9, canal redresseur; 10 tubulure de refoulement d'air; 11, entrée de l'eau de refroidissement; 12, circulation d'eau à l'intérieur des diaphragmes; 13, sortie d'eau; 14, disque d'équilibrage. (Constructeur : Brown-Boveri et C^ie^.)

l'arbre dans une nouvelle position d'équilibre. L'inverse se produit, dans le cas d'une poussée axiale vers l'aspiration. Le disque d'équilibrage forme en même temps joint à haute pression.

Lorsque le débit de la soufflante correspondant à la pression de refoulement en donne la possibilité, on la divise en deux machines égales symétriques, attaquant un arbre unique, l'air entrant par les extrémités et sortant au centre. On équilibre ainsi automatiquement la poussée axiale.

Réglage. — De même que les machines alternatives, les turbo-soufflantes ne comportent pas de régulateurs de vitesse. Les variations de débit et de pression s'obtiennent en faisant varier la puissance et la vitesse de la machine motrice.

Les soufflantes et les moteurs qui les commandent possèdent une inertie considérable, en raison de leur vitesse; aussi est-il inutile de les arrêter pendant les interruptions du soufflage. Par un jeu de vannes, le refoulement est mis en communication avec l'air libre, tandis que la vitesse de la machine motrice est réduite au minimum correspondant au fonctionnement à vide.

Machines motrices. — Les moteurs des turbo-soufflantes sont naturellement des moteurs rotatifs à grande vitesse, turbines à vapeur ou électromoteurs. L'ensemble de la machine est monté sur un bâti unique; l'accouplement a lieu par un joint rigide.

Pendant les périodes d'arrêt du soufflage, le moteur continuant à marcher à vitesse réduite entraîne la soufflante, qui tourne à vide et n'absorbe que l'énergie dépensée en frottements; il est donc construit pour fonctionner à vide très économiquement.

Les aciéries qui possèdent des chaudières à vapeur installent des turbines à vapeur, à haute pression, à vapeur d'échappement ou mixtes. Lorsque l'énergie motrice est fournie par les gaz de haut fourneau, au moyen d'une centrale électrique, la soufflante est actionnée par un électro-moteur.

Une récente installation présente les caractéristiques suivantes :

Turbo-soufflante pour convertisseur de 15 t
(*Aciérie de Montignies-sur-Sambre, Belgique*).

Volume d'air aspiré par minute	750 à 800 m³
Pression de refoulement	0 kg 4 à 2 kg 5
Vitesse maximum en charge	2 600 t/m
Vitesse à vide	800 t/m
Puissance maximum	3 750 ch
Moteur	turbine à vapeur.

Constructeur : Brown, Boveri et C^ie^.

Turbo-soufflante pour convertisseur Thomas de 12 t
(*Société des hauts fourneaux de la Chiers, Longwy, France.*)

Volume d'air aspiré par minute	700 m³
Pression maximum de refoulement	2 kg
Vitesse maximum en charge	3 200 t/m
Puissance maximum	2 750 ch

Turbo-soufflante, système Rateau-Armengaud.
Moteur : turbine à vapeur Parsons.
Constructeur : Compagnie Électro-mécanique du Bourget, Seine.

Turbo-soufflante pour convertisseur Bessemer de 8 t
(*Aciérie d'Osaka, Japon*).

Volume d'air aspiré par minute	150 m³
Pression maximum de refoulement	1 kg 5
Vitesse maximum en charge	3 500 t/m
Puissance maximum	550 ch

Turbo-soufflante, système Brown, Boveri et C^ie^.
Moteur : alterno-moteur triphasé, 3 100 volts.

Comparaison des machines à piston et des turbo-soufflantes. — Les turbo-soufflantes présentent quelques avantages sur les machines alternatives. Le rendement des deux types est sensiblement équivalent; dans le cas des turbo-soufflantes, il reste à peu près constant pour de larges variations de charge, et leur fonctionnement est souple comme pression et comme débit. Le soufflage du convertisseur est facilité par la régularité du débit; la production de l'air comprimé étant constante, on supprime le réservoir d'air amortisseur indispensable pour les machines à pistons, et dont le contenu est perdu à chaque fin de soufflage.

Les machines rotatives, ne présentant pas de pièces à mouvement alternatif, sont peu sujettes aux avaries et à l'usure. Leur encombrement est réduit, car celui d'une machine compound jumelée avec cylindres à vent en tandem est de 23 m × 9m,5, alors que la turbo-soufflante équivalente occupe 9 m × 3m,5.

La turbo-soufflante est particulièrement économique lorsqu'elle est alimentée par la vapeur d'échappement des machines réversibles d'un blooming et d'un gros train, dont le débit est régularisé par un accumulateur. Dans ces conditions, la vapeur réalise une économie sur la force motrice empruntée directement aux gaz de hauts fourneaux.

H. Noble.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

La créatinine; ses effets dans le sol sur la croissance et l'absorption.

Dans un exposé des résultats de nouvelles recherches sur la nature et les propriétés des constituants organiques des terres cultivées, le bureau des sols du Département de l'Agriculture des Etats-Unis a consacré un chapitre spécialement à la créatinine, c'est-à-dire à l'anhydride de la créatine, matière azotée constituante des muscles, qui se trouve également dans le sang et dans l'urine.

On la sépare du sol par la méthode de Balke : un extrait alcalin du sol, obtenu par un traitement rapide avec de l'hydroxyde de soude à 2 %, est neutralisé exactement par de l'acide acétique ou sulfurique, puis filtré. Le liquide neutre obtenu est chauffé jusqu'à ébullition, additionné d'un peu de dextrose et ensuite d'une quantité de liqueur de Fehling, dépassant un peu celle qui correspond au dextrose. Le précipité formé est séparé par filtration, bien lavé et décomposé par l'hydrogène sulfuré. Le filtrat du sulfure de cuivre est réduit à un faible volume, additionné d'une petite quantité d'une solution concentrée de chlorure de zinc et d'un peu d'acétate de soude, puis le tout est laissé au repos pendant plusieurs jours. Les cristaux commencent à se former au bout de quelques jours, et après quarante-huit heures, on constate qu'ils ont l'aspect du chloro-créatinate de zinc. On les sépare de la liqueur mère, soit par filtration, soit en versant tout le liquide sur une plaque poreuse. Après séparation, ces cristaux sont lavés dans un peu d'eau froide, suspendus dans l'eau et soumis à l'ébullition avec un peu d'hydroxyde de plomb fraîchement précipité. Après filtration, on concentre sous un faible volume, et on obtient des cristaux ayant l'aspect, la solubilité et la réaction colorimétrique de la créatinine.

On peut aussi obtenir la créatinine par le traitement d'un même échantillon de sol, soit par extraction alcoolique, soit par extraction aqueuse. Ce composé existe dans le fumier d'étable et dans des sols très différents; son pourcentage est faible, mais non négligeable; il est ordinairement de plusieurs millionièmes, chiffre comparable aux teneurs ordinaires en nitrates.

On croit que la créatinine, qui existe normalement dans les plantes, et par conséquent dans les débris végétaux, passe dans le sol, soit par la désagrégation des détritus, soit par la décomposition des cellules, soit par l'excrétion directe de la plante vivante.

On a constaté que des échantillons de sol récemment cultivés contiennent plus de créatinine que ceux provenant de terrains incultes. L'accroissement de la teneur en créatinine paraît donc être en rapport jusqu'à un certain point avec la croissance végétale. On l'a aussi isolée de l'eau dans laquelle de jeunes plants de blé s'étaient développés. Sa présence a été définitivement établie dans les plantes; elle fut trouvée dans des grains, des plantules, du son de blé, du seigle, du trèfle, de la luzerne, des cowpeas et des pommes de terre.

Si la créatinine provient dans le règne animal de la dissociation de l'albumine, comme l'ont pensé divers chercheurs, il est vraisemblable qu'elle se rencontrera pratiquement dans presque toutes les plantes.

Le passage de la plante au sol s'effectue par la pourriture des végétaux, celle des engrais verts, la décomposition directe des cellules, soit même par osmose; la quantité qui s'y trouve normalement peut même s'accroître par accumulation.

Au point de vue de son efficacité sur la croissance des plantes, on a fait les expériences suivantes : de jeunes plantes de blé de semis furent cultivées dans des solutions aqueuses contenant du phosphate monocalcique, du nitrate de soude et du sulfate de potasse en différentes proportions. La concentration des diverses substances fertilisantes $P^2O^5NH^3$ et K^2O dans ces solutions était de $\frac{80}{1\,000\,000}$. Deux séries de cultures furent préparées. A l'une des séries, on ajoute seulement les sels nutritifs, et l'autre fut additionnée de $\frac{50}{1\,000\,000}$ de créatinine pour chaque culture, en plus des sels nutritifs. Les résultats furent les suivants :

La créatinine et la créatine exercent des effets bienfaisants sur la végétation. La croissance dans la première solution fut moins rapide que dans la seconde où on en avait ajouté.

Lorsque les solutions nutritives sont très riches en nitrates, ni la créatinine, ni la créatine ne produisent d'effet sur la végétation. Des plantes cultivées soit pauvres, soit riches en nitrates, ont montré une absorption bien plus faible pour ce sel, lorsque la créatinine ou la créatine étaient présentes, quoique l'utilisation de potasse ou de phosphate fût normale. Il semble donc que l'action de la créatinine ou de la créatine peut remplacer celle du nitrate dans la croissance végétale, et leur présence dans le sol peut avoir une portée considérable sur la fertilité des terres.

H. PILLAUD.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Les explosifs à base d'air liquide.

Les explosifs qu'on utilise dans les galeries de mines doivent présenter des qualités diverses, suivant les matériaux qu'il s'agit d'abattre.

C'est ainsi que les roches dures sont attaquées par des explosifs brisants et les roches tendres par des explosifs de moins en moins brisants, selon les cas.

Dans les mines grisouteuses, on ne doit employer que des explosifs à basse température d'explosion, afin d'éviter, autant que possible, d'enflammer les mélanges détonants qui peuvent se former dans les galeries.

A peu près tous les explosifs connus présentent l'inconvénient général de donner lieu, au moment de l'explosion, à un dégagement abondant de gaz toxiques.

Les explosifs à base d'acide nitrique donnent lieu à une production de dérivés oxygénés de l'azote, composés toxiques à odeur désagréable.

Les explosifs à base de carbone donnent lieu à un dégagement d'oxyde de carbone, composé très vénéneux.

Sur l'invitation du ministère de la Guerre, MM. d'Arsonval et G. Claude ont dernièrement étudié le moyen d'utiliser l'air liquide pour la fabrication d'explosifs ne dégageant pas de produits gazeux nocifs.

Ces recherches ont été, au point de vue théorique tout au moins, couronnées d'un plein succès.

C'est à l'air et à l'oxygène liquide que MM. Claude et d'Arsonval se sont adressés.

L'apparition dans l'industrie des appareils de G. Claude a permis d'obtenir l'air liquide à des prix très bas (0 fr 30 à 0 fr 50 le litre).

L'extrême facilité avec laquelle on peut, d'autre part, distiller l'air condensé pour produire d'abord de l'azote, puis de l'oxygène, a amené M. Claude à appliquer la liquéfaction de l'air à la production industrielle de l'oxygène.

Digitized by Google

Si on laisse bouillir à l'air libre une certaine quantité d'air liquide, l'azote s'évapore d'abord, tandis que le résidu liquide s'enrichit de plus en plus en oxygène. L'oxygène, sous la forme liquide, présente un pouvoir d'oxydation formidable. C'est ainsi qu'un charbon de lampe à arc, à peine rougi, devient incandescent quand on le plonge dans l'oxygène liquide, et l'on fait avoisiner ainsi les 3000° du charbon avec les — 180° de l'oxygène liquide; c'est le cas de dire que les extrêmes se touchent.

Le carton, le charbon en poudre imbibé d'oxygène liquide détonent avec une grande violence sous l'influence d'une amorce de fulminate de mercure.

Le mélange de charbon et d'oxygène liquide présente une puissance explosive égale à deux fois et demie celle de la poudre noire.

Si on remplace le charbon par de l'aluminium en poudre, on obtient un produit explosif très puissant, bien que l'alumine soit un corps solide.

Sous l'influence d'un détonateur, l'aluminium s'oxyde instantanément, et avec un dégagement de chaleur suffisant pour gazéifier l'oxygène liquide mis en excès, et c'est cet excès d'oxygène qui produit les effets dynamiques.

Les produits de l'explosion ne sont autres que de l'alumine et de l'oxygène, corps non toxiques.

Pour cet emploi nouveau, l'aluminium en poudre est enfermé dans des sachets au centre desquels on place le détonateur.

Au point de vue pratique, les explosifs à base d'air ou d'oxygène liquide présentent des inconvénients :

Il faut les employer immédiatement après leur fabrication; si l'on attend seulement quelques minutes de trop l'air, ou l'oxygène s'évaporent, et les cartouches perdent leur pouvoir explosif.

D'autre part, aux basses températures de l'air et de l'oxygène liquide, le pouvoir détonant du fulminate de mercure diminue considérablement, et c'est là une nouvelle source de ratés à à laquelle on peut obvier par l'emploi d'autres détonateurs.

D'après les récentes recherches de MM. Kling et Florentin, il paraîtrait même que les détonateurs à base de fulminate arrivent à perdre presque complètement leur pouvoir détonant lorsqu'ils sont soumis à des températures inférieures à — 150°.

Les explosifs à base d'oxygène liquide présentent cependant un réel intérêt et il n'est pas douteux qu'ils passeront tôt ou tard dans la pratique industrielle. JACQUES DELPECH.

Un procédé de fabrication avec des métaux pulvérulents.

Pour fabriquer des objets d'une forme déterminée avec des métaux qui, par suite de leurs propriétés physiques et chimiques, ne se laissent que très difficilement travailler et que, par exemple, on ne peut pas couler, on peut avoir recours à l'artifice suivant (1) : Par des procédés mécaniques, physiques ou chimiques suivant les cas, on transforme le métal considéré en une poudre très fine, dont on prépare une pâte à laquelle on donne la forme de l'objet à fabriquer. On lui applique ensuite le procédé indiqué par Lagrange et Hoho, c'est-à-dire qu'on la met en contact avec un liquide conducteur de l'électricité (eau rendue conductrice par addition d'acides ou de sels). On relie la pâte avec le pôle négatif et le liquide avec le pôle positif d'une source fournissant l'électricité sous une tension suffisante. L'échauffement que détermine alors le passage du courant, échauffement qui peut être considérable, amène une sorte de fusion de la pâte dont les particules métalliques s'agglomèrent en conservant la forme qu'on leur avait donnée. S'il y a lieu, on opère dans une atmosphère d'hydrogène et l'on évite ainsi tout risque d'oxydation. M. B.

(1) *Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVIII, p. 324.

Sur le dosage titrimétrique des matières colorantes azoïques au moyen de l'hydrosulfite.

Pour titrer les matières colorantes monoazoïques acides, MM. Grandmougin et Havas (1) recommandent d'avoir recours à une solution alcaline d'hydrosulfite qui transforme, par réduction instantanée, ces colorants en produits incolores : le terme de la réaction est donc très facile à saisir. La méthode est surtout avantageuse lorsqu'il s'agit d'analyses comparatives concernant la teneur en colorant de plusieurs produits commerciaux : le résultat du titrage permet immédiatement de tirer la conclusion cherchée.

Quant à la valeur absolue de la teneur en colorant, on la détermine soit en soumettant également au titrage un échantillon-type de la même substance chimiquement pure, soit en ayant recours pour la même opération à une autre matière colorante pure et en faisant intervenir dans les calculs un coefficient déterminé par la valeur des poids moléculaires des deux matières colorantes examinées. M. B.

(1) *Chemiker Zeitung*, t. XXXVI, p. 1167.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Note sur la protection des édifices contre la foudre.

Il n'est pas un électricien qui n'ait constaté, au cours de recherches bibliographiques, l'absence à peu près complète de toute documentation vraiment sérieuse sur la protection des édifices contre la foudre, comparée à la volumineuse littérature dont les installations électriques ont fait l'objet, dans ces dernières années. On reconnaîtra cependant, qu'en bonne logique, l'ampleur des investigations eût dû suivre une progression inverse.

La raison de ce paradoxe tient sans doute à l'inégal intérêt que présente la question suivant le point de vue d'où elle est envisagée.

On conçoit en effet, que la nécessité de protéger les édifices contre les effets destructifs des orages s'impose moins aux citadins qu'aux populations rurales, qui ne disposent pas de la protection, insoupçonnée mais efficace, offerte par le métal des charpentes et des toitures et mieux par les multiples réseaux de fils aériens qui sont établis au-dessus des villes.

Quoi qu'il en soit, il est reconnu aujourd'hui, après les observations de sir Oliver Lodge, que les décharges atmosphériques affectent deux formes distinctes : l'une, dont les effets atténués résultent de la rupture diélectrique graduelle de l'air qui sépare le nuage électrisé de l'objet frappé; l'autre, particulièrement violente, à laquelle appartiennent les décharges secondaires engendrées par l'induction de décharges primaires éclatant au voisinage.

Tandis que les premières sont régies par les lois communes des courants alternatifs et que leurs caractéristiques électriques sont subordonnées aux facteurs d'inductance, de résistance et de capacité du circuit préétabli, dont elles suivent docilement le parcours, les secondes, complexes et vagabondes, n'obéissent à aucune loi commune. Elles sont le plus souvent indifférentes à l'action du parafoudre et franchissent un trajet indéterminé.

Le professeur Fleming a donné, de ces deux modalités de la décharge atmosphérique, une image très lumineuse et très exacte en comparant le fonctionnement du paratonnerre à celui d'une cheminée d'évacuation des gaz produits par la combustion d'un explosif, de la poudre par exemple. Tandis que, dans le cas de la combustion lente, assimilable à celui de la décharge atténuée, l'air chaud et les gaz résultants sont rapidement éliminés, dans le cas de la combustion explosive, au contraire, assimilable à la catégorie des décharges violentes définies ci-dessus, les dimensions données aux orifices d'échappement deviennent, quelle que soit l'importance de la cheminée, insuffisantes à assurer l'expulsion immédiate des produits de la combustion.

Digitized by Google

Constantes électriques du parafoudre. — Le parafoudre et le conducteur qui le prolonge jusqu'à la terre n'ont pour objet que d'établir un circuit offrant à la décharge une résistance minimum. Nous verrons plus loin que, sous l'effet de fréquences élevées de l'ordre de celles auxquelles donnent naissance les décharges atmosphériques, cette condition nécessaire n'est pas toujours réalisée. L'énergie véhiculée dans le circuit du parafoudre est dissipée, d'une part en chaleur à la surface du conducteur, d'autre part, en radiations électriques dans l'espace environnant.

Il convient de remarquer que la résistance ohmique du circuit de décharge (quelques dixièmes d'ohms) est négligeable, comparée à son impédance (quelques dizaines d'ohms). La forme même du conducteur, dont l'importance est notable sous des fréquences variant de 100 à 100 000 cycles par seconde, devient indifférente dès qu'elles atteignent plusieurs millions de cycles, comme tel est le cas pour les décharges atmosphériques dont la forme oscillatoire révèle des périodicités à la seconde de l'ordre de 100 000 à 10 000 000.

Caractéristiques électriques de la décharge. — Les décharges atmosphériques, qui prennent naissance entre nuages ou entre nuages et terre, n'éclatent pas invariablement sous des différences de tension très élevées. Dans certains cas, elles peuvent néanmoins atteindre plusieurs millions de volts, donnant ainsi naissance à des intensités de courant de plusieurs centaines de milliers d'ampères. Afin de fixer les idées sur l'ordre de grandeur des facteurs électriques mis en jeu, imaginons un terrain de 10 m² soumis à l'influence statique d'un nuage d'égale superficie situé à 300 m de hauteur. La capacité de l'ensemble, très petite, est d'environ 3.10^{-5} microfarads. Si la tension est uniformément distribuée à travers l'air ambiant et si la résistance de rupture de cet air est de 30 000 volts-cm, la différence de potentiel qui doit exister entre nuage et terre au moment de la décharge n'est pas inférieure à 900 000 000 volts, et la charge électrique correspondante atteint 0,027 coulomb. L'énergie potentielle emmagasinée et restituée au moment de la décharge s'élève donc à 121 500 kg, sensiblement équivalente au travail maximum de 200 grammes de nitro-glycérine.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, cette énergie est dépensée à la fois en chaleur et en radiations émises partie dans le circuit du parafoudre, partie dans l'air environnant : cette dernière étant en proportion d'autant plus élevée que la fréquence est plus considérable. Il résulte de cette remarque que le fer convertissant par rapport au cuivre une plus grande part de l'énergie en chaleur, atténuera la violence de la décharge et devra, pour cette raison, être préféré au cuivre comme élément constitutif de parafoudre.

Quant à l'intensité du courant maximum mise en jeu, elle dépend de la fréquence de la décharge. Lorsque celle-ci varie de 100 000 à 5 000 000 de cycles par seconde, le débit peut atteindre 150 000 à 750 000 ampères.

Les chutes de tension auxquelles sont alors soumis les conducteurs servant de support à la décharge ont été calculées par Steinmetz. Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau I :

Tableau I. — Chutes de tension auxquelles sont soumis les conducteurs servant de support a la décharge.

Fréquence	Impédance en ohms par mètre de conducteur	Chute de tension en volts par mètre de conducteur
100 000 cycles par sec.	0,35	5
250 000 —	0,8	30
500 000 —	1,65	122
1 000 000 —	3,3	500
5 000 000 —	8,2	6 000 000

S'il est possible d'admettre que la fréquence de la décharge, après que celle-ci a atteint le paratonnerre, est régie par les facteurs électriques caractérisant ce dernier, la longueur d'onde des radiations sera sensiblement égale à 4 fois la hauteur du parafoudre, de sorte que, pour un édifice normal de 15 m de hauteur, par exemple, la fréquence correspondante sera de 5 000 000 par seconde.

Si, au contraire, la présence du conducteur est négligeable, la fréquence reste seulement subordonnée à la distance entre nuage et terre, de sorte que, dans l'hypothèse d'une telle distance égale à 600 m, la fréquence devra atteindre environ 250 000 cycles par seconde.

Le premier cas auquel correspondrait une chute de tension de 6 000 000 de volt par mètre de conducteur, répond sensiblement à celui d'une décharge secondaire telle que celles qui ont été définies au début de cette note. On conçoit alors que, pour une telle décharge susceptible de produire un débit voisin de 750 000 ampères, l'action du parafoudre devienne inopérante et qu'elle puisse se frayer un chemin tout à fait arbitraire dans l'air environnant.

La seconde éventualité correspond sensiblement au cas de la décharge atténuée que nous avons également définie plus haut.

Il résulte de ces considérations que l'efficacité d'un paratonnerre, certaine contre les décharges à basse fréquence qui prennent naissance entre nuage et terre, reste illusoire contre les violentes décharges secondaires de périodicité élevée. L'unique amélioration qu'il soit possible d'apporter à cet état de choses ne peut consister que dans la multiplication du nombre des parafoudres affectés à la protection de l'édifice, afin que la chute de tension maximum dans le conducteur corresponde à un volume ambiant modéré.

En résumé, de ce qui précède, il est possible de conclure que :

a) L'idée anciennement admise du paratonnerre dérivant dans le sol la charge statique du nuage électrique est erronée. La terre constitue l'une des deux armatures d'un condensateur, dont le nuage représente la seconde et la totalité de l'énergie libérée par la décharge est dissipée en chaleur dans le circuit du parafoudre et en radiations dans l'air environnant. De la sorte, plus la résistance ohmique du conducteur est élevée, plus grande est la quantité d'énergie convertie en chaleur et plus faible, le nombre d'oscillations du courant de décharge.

b) Un édifice ne peut être protégé contre la foudre de façon absolument certaine. Toutefois, la protection sera d'autant plus efficace que les dispositifs protecteurs seront plus nombreux. A titre indicatif, il y aura lieu de prévoir un parafoudre par 75 m² de surface couverte.

c) Les conducteurs destinés au passage de la décharge seront éloignés de tout conduit de gaz ou de fumée, aussi bien que de tout lieu de stationnement. Les gaz chauds qui s'échappent des cheminées offrant un chemin conducteur à la décharge, il conviendra de protéger spécialement celles-ci en les recouvrant d'un conducteur en cuivre, inattaquable par les produits de la combustion dans les foyers.

d) La forme du conducteur, indifférente au point de vue électrique, ne doit être déterminée que par ses conditions de résistance mécanique. Quant à la nature du métal, elle dépendra de la destination. Tant pour les raisons techniques précitées que par l'économie de son prix d'achat, le fer conviendra dans la majorité des cas. Toutefois, dans les villes où l'air, chargé de vapeur et de suie, est susceptible d'altérer ce métal, le cuivre devra être préféré.

e) La « terre » devra présenter une résistance minimum et, de préférence, être pratiquée dans un sol humide.

f) Enfin, on évitera les courants d'air qui peuvent être ionisés par une précédente décharge et offrir ainsi un chemin conducteur aux coups de foudre ultérieurs.

A.-R. Garnier.

Digitized by Google

MACHINES THERMIQUES

Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières.

Rares sont les usines qui connaissent le prix de revient régulier de la tonne-vapeur, uniquement parce que la connaissance de ce facteur, pourtant de la plus grande importance dans beaucoup d'industries, implique la mesure de l'eau vaporisée.

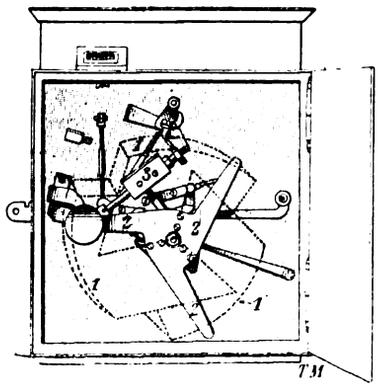


Fig. 1. — Dispositif du compteur d'eau système Degrémont.

Nous donnons ci-après quelques notes pratiques sur les moyens propres à réaliser ce mesurage de l'eau.

Compteurs fermés. — Les *compteurs fermés* placés sur le refoulement donnent toujours des indications erronées et souvent leur mise en place dans les installations où leur emplacement n'a pas été prévu à l'avance, occasionne des difficultés ou des troubles dans la marche de la chaufferie.

Les compteurs de vitesse (à palettes, etc.) sont à rejeter absolument; les compteurs volumétriques (à piston, etc.) sont plus exacts, mais ils exigent un entretien et une attention qu'on ne leur donne presque jamais en pratique. Aussi, nous ne les recommandons pas non plus.

Compteurs ouverts. — Les *compteurs ouverts*, à basculement, sont seuls admissibles, en ce sens que leur fonctionnement est simple, facile à vérifier, et que leurs indications sont exactes.

Les uns pèsent l'eau littéralement et il n'est besoin de correction d'aucune sorte. C'est le cas par exemple des compteurs Degrémont, Eckardt, Wilcox décrits ci-après.

Le compteur Degrémont (fig. 1) consiste essentiellement en un tambour (1) à trois compartiments, qui peut tourner autour de son axe et qui est situé dans la chambre arrière de l'appareil. Ce tambour fait corps avec une étoile à trois branches (2). La figure ci-dessus montre le compartiment de gauche du tambour en position de remplissage : le tambour est immobilisé par un galet (3) qui maintient, par le moyen d'un goujon, la branche correspondante de l'étoile (2).

Ce galet est porté par l'extrémité d'un levier à contrepoids qui peut pivoter autour d'un axe. Lorsque la quantité d'eau emmagasinée dans le compartiment du tambour atteint un certain poids exactement déterminé, la branche de l'étoile appuyant sur le galet fait pivoter le levier en soulevant le contrepoids; le tambour n'étant plus retenu pivote autour de son axe et vient déverser en bas l'eau qu'il avait emmagasinée. Le compartiment suivant du compteur vient alors prendre la position d'emplissage qu'occupait le précédent, et le cycle recommence.

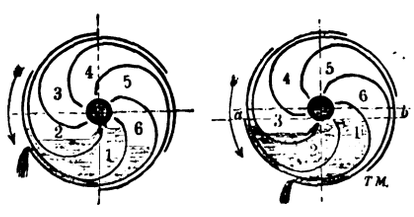


Fig. 2. — Dispositif du compteur, système Hans Reisert.

Pendant que le tambour bascule, l'arrivée d'eau est interrompue par un clapet obturateur de l'orifice d'écoulement d'eau, qui vient recouvrir cet orifice dès que le tambour commence à pivoter.

Le compteur Hans Reisert, à tambour, est fort ingénieux. Il est essentiellement constitué par une série d'augets tournant autour d'un axe central, qui sert d'arrivée d'eau; ces augets, en se remplissant successivement, provoquent la rotation du tambour dont le nombre de tours est transmis à une minuterie. L'eau est donc pesée effectivement, puisque c'est son poids dans les augets qui détermine la rotation.

Les deux croquis (fig. 2) font comprendre le fonctionnement de l'appareil; dans le premier, le compartiment 6 se vide, le compartiment 1 a achevé de se remplir et le trop-plein déborde dans le compartiment 2; celui-ci, en se remplissant en même temps que se vide le 6, provoque la rotation du tambour dans le sens de la flèche.

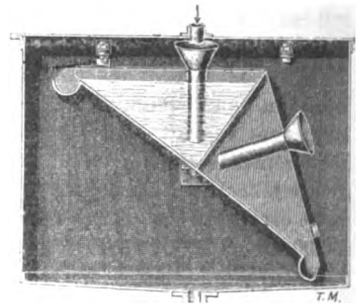


Fig. 3. — Dispositif du compteur système Eckardt.

Le second croquis (fig. 2) montre le moment où un auget est en équilibre : l'arête interne et l'arête externe du compartiment 1 passent par la même horizontale *ab*, l'auget ne se vide donc pas; mais l'auget 3 continuant à se remplir, le tambour continue à tourner, et par suite l'arête externe deviendra inférieure à l'arête interne : dès lors, le compartiment 1 commencera à se vider; le compartiment 6 achève de se vider en totalité.

Le compteur Eckardt est extrêmement simple et ne comporte pas de soupape, mais son emploi est limité aux débits relativement restreints. Pour les gros débits, la maison Eckardt construit un compteur à soupapes comme ceux de la catégorie décrite plus loin.

Le compteur Eckardt à bascule (fig. 3) se compose de deux réservoirs rectangulaires, juxtaposés et rotatifs sur un axe commun, disposés dans un récipient fermé. Les butoirs à vis de réglage, disposés à la paroi supérieure, maintiennent le compteur dans une position telle, qu'au moindre débordement dans la rigole latérale le centre de gravité se déplace immédiatement et l'appareil bascule de suite.

Le mouvement du récipient à bascule est transmis de façon fort simple à un mécanisme compteur disposé à une des parois antérieures. Ce mécanisme indique exactement le nombre de renversements et par suite la quantité totale de liquide mesurée.

Dans le compteur Leitner (fig. 4), le basculement de la tonne d'eau est moins brutal. Le principe de fonctionnement, des plus simples, se comprend à l'aspect de la figure.

Le compteur comprend deux bâches A_1A_2 d'égale contenance, susceptibles de basculer sur les couteaux *c*; l'une des parois est

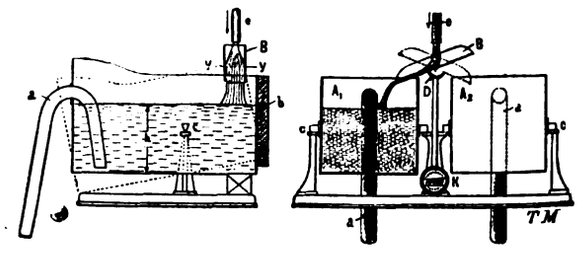


Fig. 4. — Dispositif du compteur, système Leitner.

munie d'un siphon *a* et la paroi opposée d'un contrepoids *b*, dont on règle la valeur de façon à équilibrer un certain poids d'eau correspondant à la hauteur *h*. Dès que, par suite du remplissage, on dépasse cette hauteur, la bâche bascule, ce qui amorce le siphon et vide le contenu. Une minuterie totalise les basculements.

A cette catégorie on pourrait rattacher un autre appareil à siphonage, le compteur Wilcox, ingénieux, mais dont le fonctionnement apparaît moins simple et moins sûr.

Digitized by Google

L'appareil comprend (fig. 5) une bâche divisée en deux compartiments, supérieur et inférieur, par une cloison traversée d'une soupape. Le fonctionnement est basé sur l'amorçage du siphon de décharge dès que la hauteur d'eau dépasse une hauteur correspondant à la charge d'amorçage.

Au début, le tuyau-soupape est appuyé sur son siège, et la cloche est suspendue, son poids faisant joint. L'eau s'accumule jusqu'à déborder par-dessus le tuyau-soupape, et pénètre ainsi dans le compartiment inférieur où elle s'élève jusqu'à faire joint hydraulique à la lèvre inférieure de la cloche. Une certaine quantité d'air se trouve ainsi emprisonnée en *c*, entre la lame d'eau restée dans le siphon et l'eau du joint hydraulique.

Au fur et à mesure que l'eau monte, la cloche se trouve flotter, le tuyau-soupape se soulève, et l'eau du compartiment supérieur se vidange brusquement dans le compartiment inférieur ; puis l'eau continue à s'élever jusqu'à ce que la hauteur dépasse la hauteur de la colonne d'eau dans le petit siphon B. A ce moment, l'air comprimé en *c* expulse cette colonne d'eau, la cloche s'abat brusquement, appliquant la soupape dans sa position de fermeture, tandis que l'eau refluant à l'intérieur de la cloche s'évacue par le gros siphon.

Les autres compteurs ouverts ne pèsent pas l'eau, mais totalisent, à l'aide d'une minuterie, le nombre de bâches vidées et remplies; il est nécessaire en ce cas de tarer une fois pour toutes leur contenance pour une température déterminée de l'eau d'alimentation.

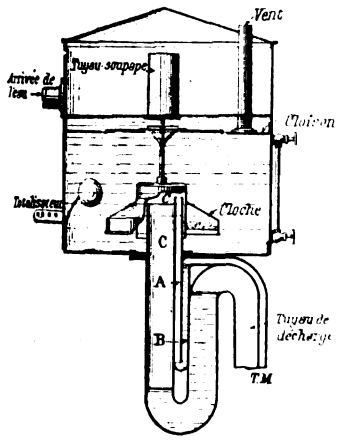


Fig. 5. — Dispositif du compteur, système Wilcox.

Le compteur Schilde est le prototype des appareils de ce genre, dont il existe maintenant un grand nombre de modèles divers; il comprend essentiellement deux bâches ou tonneaux qui se remplissent et se vident alternativement; des flotteurs, placés dans les tonneaux, produisent l'ouverture et la fermeture des soupapes de vidange et en même temps le sens de direction de la coulotte canalisant l'eau vers l'un ou l'autre des tonneaux.

Nous avons déjà décrit en détail le compteur Lacombe (1) qui présente, outre divers dispositifs fort heureux, et de plus le très grand avantage de se combiner avec l'épurateur d'eau, ce qui supprime la critique d'encombrement que l'on a faite aux compteurs ouverts.

Un mesurage régulier de la vaporisation à l'aide d'appareils de ce genre devrait exister dans toute usine soucieuse de contrôler le prix de revient de la vapeur, facteur important dans beaucoup d'industries.

Compteurs hydrodynamiques. — Pour les gros débits, les compteurs, même ouverts, deviennent encombrants et prohibitifs; il est bien plus simple de mesurer les débits d'après les lois de l'écoulement. La maison Sulzer construit un mesureur de débit de ce genre, constitué par un cylindre vertical muni, à la partie inférieure, d'un ajutage exactement calibré. Un niveau d'eau est en communication avec ce cylindre et indique à chaque instant le niveau dans l'intérieur du cylindre. Il est donc, par conséquent, évident que, suivant l'arrivée de l'eau plus ou moins abondante, le niveau dans le cylindre montera ou descendra, et une échelle graduée se trouvant à côté du niveau d'eau, servira d'index, alors qu'un enregistreur donnera les variations du débit en fonction du temps.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 8 (août 1911), p. 473.

La figure 7 représente schématiquement un appareil du même genre, d'origine anglaise, le *Lea recorder*; le jaugeage du débit se fait non plus à travers un orifice, mais par un déversoir en forme de V (fig. 6).

Le *Lea recorder* est un simple déversoir, à forme spéciale triangulaire comme l'indique le croquis ; un flotteur F enregistre les hauteurs *h* au-dessus de la pointe du déversoir, et le débit Q en m³ : sec. est donné par :

$$Q = 0{,}16bh\sqrt{2gh},$$

b étant la largeur du déversoir correspondant à la hauteur *h*. Pour une forme donnée de déversoir, on établit une fois pour toutes les débits Q correspondant aux diverses hauteurs *h*; cette courbe est enroulée sur un tambour C qui est commandé par la crémaillère du flotteur ; de cette manière, les déplacements imprimés par la courbe au stylet inscripteur sont proportionnels aux débits que ce stylet enregistre sur le tambour enregistreur T.

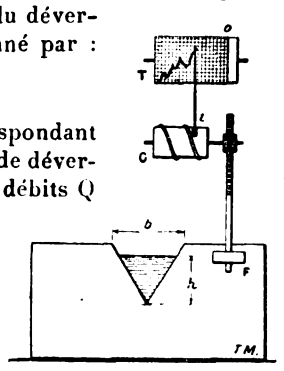


Fig. 6. — Dispositif du compteur enregistreur, système Lea (Lea recorder).

Cet appareil fonctionne bien, à condition qu'on en ait soin. Pour cette raison, nous ne le classerons pas comme robustesse ni comme sécurité à côté des compteurs à basculement; sa place n'est pas dans la poussière des chaufferies.

Un autre compteur hydrodynamique est le compteur de Venturi, d'une simplicité idéale puisqu'il consiste simplement en deux troncs de cônes réunis par leur petite base.

Un manomètre enregistreur de la dépression fournit une fonction du débit. Nous reviendrons, avec plus de détails, sur le compteur de Venturi et les propriétés des ajutages convergents-divergents.

Jaugeage pour essais. — Pour les essais de chaudière proprement dits, si l'on ne possède pas de compteurs ouverts, il est toujours fort simple d'installer à peu de frais un jaugeage à la bâche d'aspiration de la pompe alimentaire. C'est, à notre avis, le moyen le plus simple et le plus précis.

Pour les débits peu importants, on adoptera la disposition (fig. 7) à l'aide de vulgaires tonneaux.

Pour les chaufferies importantes, on emploiera la disposition (fig. 8, p. 316) avec cloisonnement de la bâche alimentaire en deux compartiments étanches.

Premier dispositif (fig. 7). — Le schéma est suffisamment explicite ; deux bascules sont montées sur la bâche alimentaire, et deux tonneaux munis de robinets de vidange sont alternativement remplis et vidés, l'un étant en vidange quand l'autre est en remplissage.

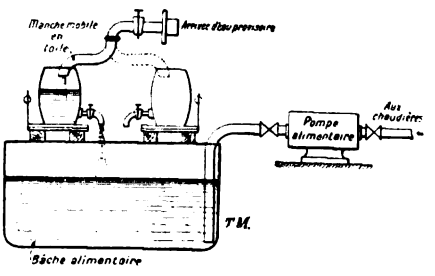


Fig. 7. — Petite installation volante pour essais de chaudières.

Les tonneaux sont remplis avec la manche d'amenée d'eau jusqu'à équilibre du fléau de la bascule à un poids déterminé, toujours le même pour chaque tonneau.

Il suffit donc de pointer le nombre de tonneaux pour avoir le poids d'eau, sans aucune correction, puisque l'alimentation est littéralement pesée.

Ce mode de jaugeage est à la fois le plus simple et le plus exact. Souvent, si le débit à mesurer est assez faible et le tonneau assez gros, il suffira d'un seul tonneau et d'une seule bascule.

Il suffit, en effet, qu'on ait largement le temps matériel voulu

Digitized by Google

de remplir et vider le tonneau tout en faisant face à l'alimentation.

Deuxième dispositif (fig. 8). — Pour les débits importants ou les batteries de chaudières, on ne peut plus peser l'eau.

Il faut avoir recours, au lieu de tonneaux, à des bâches d'un volume suffisant pour satisfaire à l'alimentation. Préalablement à l'essai, le volume est déterminé une fois pour toutes, pour chaque bâche, au moyen de deux repères fixes, un à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure (un clou d'affleurement par exemple). Pour cet essai préliminaire, on remplit chaque bâche d'eau, dont on pèse la quantité et dont on mesure la température.

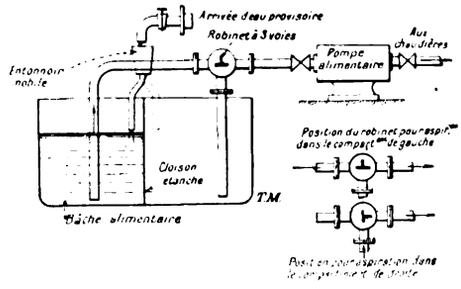


Fig. 8. — Installation pour essais de chaudières comportant des débits importants.

Le repère inférieur est nécessaire pour ne pas découvrir l'orifice du tuyau d'aspiration, ce qui provoquerait le désamorçage de la pompe alimentaire. Le poids de l'eau pendant l'essai sera alors obtenu en pointant le nombre de bâches vidées, ce qui donne le volume, et en faisant la correction de densité de l'eau correspondant à la température de l'eau alimentée durant l'essai.

Généralement, lorsque l'installation est importante, il existe un bassin alimentaire qu'on divise simplement en deux compartiments à l'aide d'une cloison étanche.

Une tuyauterie volante avec intercalation d'un robinet à 3 voies comme indiqué, permet d'aspirer alternativement dans l'une et l'autre bâche, ou l'un et l'autre compartiment du bassin.

Le croquis montre clairement la manœuvre du robinet à 3 voies qui est à effectuer.

Précautions générales. — Si l'on emploie dans l'usine des appareils de retour direct d'eau condensée aux chaudières, il faut évidemment, pendant l'essai, supprimer ces retours. Si cela est nécessaire, l'essai se fera à l'eau froide.

De même, on mettra un joint plein à tous les branchements ou conduites en connexion directe ou indirecte avec le collecteur d'alimentation et dont l'emploi est inutile durant l'essai.

Enfin, on *cassera* les joints aux soupapes de vidange des générateurs et l'on recueillera les fuites s'il y a lieu, ainsi qu'aux soupapes de décharge de la conduite d'alimentation et du Green.

J. Izart.

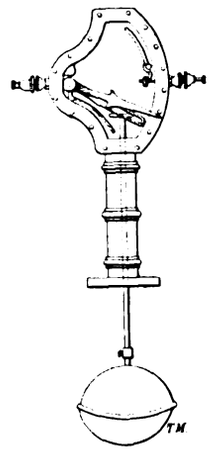


Fig. 1. — Indicateur (système Gerkinet) à sifflets de sons différents.

Indicateur de niveau d'eau (système Gerkinet).

Les indicateurs de niveau d'eau fonctionnent fréquemment de façon fantaisiste, la plupart du temps à cause de la complexité, et notamment du presse-étoupe que comportent la plupart des appareils de ce genre.

Nous croyons intéressant de signaler l'appareil de M. Gerkinet, extrêmement répandu dans le Hainaut alors qu'il est à peu près inconnu en France.

Le croquis ci-joint montre le principe de cet appareil, dont l'extrême simplicité est une garantie de fonctionnement efficace. Il n'y a pas de presse-étoupe : le boîtier supérieur est en communication avec la chaudière; le flotteur se déplace dans une coulisse sur l'axe de laquelle est calé l'index visible à distance; deux sifflets, l'un à son grave pour le manque d'eau, l'autre à son aigu pour l'excès d'eau, complètent l'appareil.

J. I.

MÉTALLURGIE

Emploi du graphite dans la construction métallique.

La construction métallique n'a point encore résolu le problème si important de la *rouille*.

Jusqu'ici, on est d'accord pour reconnaître que l'huile de lin doit être la base de toute peinture antirouille, et, si ce n'est que l'air ne la desséchât rapidement, son film imperméable et élastique formerait la couche idéale. On a cru résoudre ce problème en y mélangeant différents pigments finement moulus tels : le minium, l'oxyde de fer, de zinc, la silice, etc., qui, au début, paraissent conserver au film son élasticité; mais en suivant de près les effets, on s'aperçoit bientôt que, sous l'influence atmosphérique, le film s'oxyde et se dessèche, devient poreux, se durcit et se crevasse : *l'oxygène de l'air et l'oxyde du pigment ont fait œuvre commune en détruisant le film protecteur.* Il est à noter que toutes les couleurs en usage, non seulement transmettent l'oxygène de l'air, mais aussi attaquent, elles-mêmes, le métal devant le protéger.

On a déjà tenté d'essayer la peinture à base de graphite ou de plombagine; malheureusement, on faisait passer pour graphite antirouille des substances qui en empruntaient seulement le nom, car la majeure partie des graphites, sur le marché, dosent à peine 50 °/₀ de graphite pur, le reste étant de la silice, ce qui portait le discrédit le plus complet du graphite.

Cependant, le graphite pur ou carbone peut seul fournir la couche dont nous avons besoin pour enduire les pièces de fer et acier, car c'est l'unique corps offrant une résistance parfaite aux acides et à l'oxygène.

Bien des procédés ont été imaginés pour purifier les graphites, tels que : le lavage et le laminage; ces méthodes ne sont pas rigoureuses et la forme obtenue, souvent inapplicable, est souvent très onéreuse. On s'est donc avisé de fabriquer le graphite par voie artificielle; le produit brut et impur est alors soumis à l'action d'un courant électrique, produisant une température d'environ 4 000° C; à cette chaleur extraordinaire, obtenue par une force de plus de 1 000 chevaux, tous les corps composants entrent en fusion et se volatilisent *sauf le carbone*. Le résidu est une forme de graphite plus parfaite, son dosage est garanti du fait qu'il est produit de façon mathématique. Mélangé avec de l'huile de lin *bouillie*, c'est la peinture antirouille par excellence; aucune préparation, aucun autre corps ne peuvent offrir les garanties (pureté et efficacité) qu'elle possède.

Mélangé, en proportion convenable, avec l'huile de lin bouillie, le graphite forme une couche très adhérente, durable et imperméable à l'air, à l'humidité et aux gaz. De finesse quasi-moléculaire, le graphite forme une couche uniforme et lisse. Comparé au minium, il s'applique avec plus de facilité et, à quantité égale, couvre une surface de double étendue; on n'ajoutera que la dose de siccatif nécessaire pour le séchage. A noter qu'une dessiccation rapide nuit nécessairement, car elle diminue les propriétés vitales du film.

Déjà, aux Etats-Unis, les grandes constructions métalliques sont recouvertes de peinture à base de graphite *dosant* 90 °/₀ *de carbone*.

Les mastics à base de graphite sont supérieurs à ceux à base de minium, pour les joints, car ils conservent leur souplesse; en effet, le graphite conserve indéfiniment sa souplesse primitive : ni le froid, ni la chaleur, ni les acides ne peuvent le changer. Le joint peut donc être enlevé facilement après des années et il reste parfaitement étanche. Les parties en contact sont à l'abri de la *rouille*.

Nous ajouterons que le graphite est aussi employé comme lubrifiant pour moteurs; la pureté combinée avec une extrême finesse le destinent particulièrement au graissage des organes délicats, surtout lorsqu'il s'agit de grandes vitesses. Quelques pour cents du poids d'huile suffisent pour empêcher tout échauffement.

J. Duponchelle.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Sur un nouveau principe de stabilité longitudinale des aéroplanes. — On sait que la stabilité longitudinale des aéroplanes en air calme, entendue dans le sens de création d'un couple de rappel lorsque l'appareil, supposé préalablement en équilibre, prend un petit mouvement de tangage, est habituellement obtenue par le principe dit du V longitudinal. Le V longitudinal consiste en la disposition de deux surfaces fixes l'une derrière l'autre, celle d'avant ayant un angle d'incidence plus grand que celle d'arrière. Les deux surfaces peuvent à la rigueur être réunies en une seule dont la partie antérieure a une incidence plus grande que la partie postérieure.

La présente note a pour objet de montrer qu'on peut réaliser la stabilité longitudinale par l'application d'un principe tout différent.

Considérons un aéroplane composé d'une surface portante principale A, placée à l'arrière, et d'une surface B, placée à l'avant; cette surface B est librement mobile autour d'un axe transversal C; elle est en outre convexe vers le bas, ou plus généralement elle a une forme telle que la poussée de l'air sur elle avance lorsque l'incidence diminue (il existe des surfaces en S présentant cette propriété alliée à une bonne qualité portante).

En marche, la surface B s'oriente d'elle-même, de manière que la poussée E qu'elle reçoit de l'air rencontre l'axe C; elle conserve par conséquent une incidence constante.

Il est facile de voir qu'un tel ensemble, bien que dépourvu d'empennage fixe, possède la stabilité longitudinale.

En effet, supposons l'appareil en équilibre; les deux poussées D et E sur les surfaces A et B ont une résultante R passant par le centre de gravité (on suppose, comme d'habitude, que le moment de la traction de l'hélice par rapport au centre de gravité est très petit).

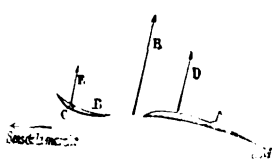


FIG. 1.

Si l'appareil pique du nez, l'angle d'incidence des deux surfaces se trouve diminué. La poussée D sur la surface A diminue, mais la surface B reprend immédiatement son incidence de régime, et par conséquent la poussée E ne diminue pas. Il en résulte que la résultante de D et de E se rapproche de E, produisant un couple qui tend à relever l'avant de l'appareil, c'est-à-dire à rappeler la position initiale.

On voit par un raisonnement analogue que, si l'appareil se cabre, la surface B est encore stabilisatrice.

Pour vérifier ce principe, l'auteur a construit un modèle réduit. Ce modèle présente une très grande stabilité; lancé dans des conditions diverses, il s'établit immédiatement à sa position de régime et ne s'en écarte plus.

En déplaçant soit le centre de gravité, soit la position de l'axe C sur la surface B, on a fait varier les vitesses et angles de régime, sans nuire à la stabilité.

Ce principe de stabilité ne fait pas appel au V longitudinal; l'incidence de la surface d'avant est déterminée par la position de l'axe C; elle peut être choisie égale ou inférieure à celle de la surface d'arrière.

En pratique, on donnera aux deux surfaces l'incidence correspondant à la meilleure qualité portante, chose qu'on ne peut jamais faire avec le V longitudinal, dans lequel la surface stabilisatrice a toujours une incidence nettement plus grande ou plus petite que celle correspondant à la meilleure qualité portante.

Le couple stabilisateur obtenu par le procédé ci-dessus est plus grand que celui que crée le V longitudinal; en effet, avec ce dernier, la poussée sur les deux surfaces varie, et le V a pour effet de faire varier la poussée sur l'avant un peu moins vite que la poussée sur l'arrière. Avec le procédé que l'on vient de décrire, la poussée sur l'avant ne varie pas du tout; l'effet stabilisateur est en quelque sorte la limite supérieure de celui qu'on pourrait obtenir avec le V longitudinal poussé à l'extrême.

(Note de M. *Alexandre Sée*, présentée par M. L. Lecornu, Académie des Sciences, 24 février 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu. — Pour déterminer l'excitation nécessaire à l'obtention d'une différence de potentiel aux bornes avec un débit donné à une vitesse imposée, l'auteur opère ainsi qu'il suit :

Il suppose que les caractéristiques partielles du flux en fonction des forces magnétomotrices, et relatives aux divers éléments du circuit magnétique, ont été déterminées (voir PICOU, *Bulletin Soc. Int. Elect.*, 1902).

Il distingue la *zone active*, comprenant l'entrefer et l'induit, où interfèrent le flux émis par la pièce polaire, et le flux global de réaction d'induit; le flux qui en résulte engendre la f. e. m. induite; c'est le flux utile en charge :

$$E_c = U_c + r_A I_{Aq},$$

où U_c est la différence de potentiel aux bornes par le courant I_{Aq}, et $r_A I_{Aq}$ la chute ohmique dans l'induit.

La f. e. m., induite en charge, est maximum suivant la direction de la zone de variation d'induction nulle. Le flux utile $\mathfrak{F}_c$ est dirigé à $\frac{\pi}{2}$ sur la f. e. m. E_c.

Le flux de réaction $\mathfrak{F}_i$ est orienté suivant le plan de calage des balais, soit comme la f. e. m. induite, à un petit angle φ près, négligeable et représentant l'avance des balais sur la zone de variation d'induction nulle (exigée par la commutation).

Le flux de réaction $\mathfrak{F}_i$ se calcule ou se détermine par expérience. Le flux utile $\mathfrak{F}_c$, proportionnel à la f. e. m. E_c induite, se calcule simplement.

Les positions relatives des vecteurs étant définies, le diagramme des flux est déterminé; la résultante $\mathfrak{F}_r$ est égale au flux émanant, en charge, du pôle dans la zone active.

Le flux total, engendré par l'excitation des bobines inductrices, se développe dans l'inducteur. Il se partage entre la zone active et les dérivations propres à l'inducteur.

Il convient aussi de distinguer les effets magnétiques dus à l'excitation des inducteurs et à l'enroulement d'induit.

On envisage ainsi deux diagrammes distincts : l'un, relatif aux flux en présence dans la zone active exige : flux d'induction utile et flux de réaction, équilibrant le flux résultant émanant du pôle dans la zone active; l'autre, relatif aux forces magnétomotrices.

Le flux résultant dans la zone active exige une excitation qu'on lira sur la caractéristique partielle de la zone active, pour l'entrefer seul. Il faut y ajouter l'excitation pour le flux utile d'induction dans le *fer* (denture et culasse).

La partie rectiligne de la caractéristique partielle de la zone active (entrefer, denture, culasse d'induit), et son prolongement, correspondent à l'entrefer seul, en négligeant, tant qu'il n'y a pas de saturation, l'excitation pour la partie *fer* de cette zone.

Dans la région saturée, la différence des abscisses entre la partie rectiligne « entrefer », et la partie curviligne représente l'excitation pour le fer; cette approximation, suffisante, fixe l'excitation exigée pour développer le flux utile, qui, seul, traverse la partie « fer ».

Le courant circulant dans l'induit y détermine une excitation qu'on décompose : 1° en une partie correspondant aux ampères-tours induits compris dans le double du décalage ou « réaction démagnétisante », arithmétiquement en opposition avec l'excitation principale des inducteurs; 2° en une réaction transversale, due au reste de l'enroulement induit; sa direction moyenne est à $\frac{\pi}{2}$ sur celle de l'excitation principale des inducteurs.

L'excitation nécessaire à la production du flux résultant dans la zone active doit en tenir compte, en affectant vectoriellement la réaction transversale d'un coefficient de réduction approprié.

A la résultante géométrique ainsi obtenue, on ajoute la réaction démagnétisante, et l'on obtient l'*excitation totale*, nécessaire à l'induction pour avoir le flux résultant, en charge, *sous la pièce polaire*.

Cette force magnétomotrice entraîne la production d'un flux dérivé, propre à l'inducteur.

Digitized by Google

L'excitation nécessitée par l'inducteur seul se relève sur la caractéristique partielle de celui-ci, pour la somme du flux total (émanant de la pièce polaire) et du flux dérivé.

L'*excitation totale* résultante à réaliser sur les inducteurs est égale à la somme de ces excitations.

Un procédé inverse permet de déterminer expérimentalement sur une machine de proportions connues, par un essai en court-circuit, le flux de réaction pour une intensité donnée.

On obtient ainsi, sans calculs laborieux, en partant des dimensions de la machine, et par une comparaison simple, le flux de réaction d'un induit quelconque pour un débit donné.

La méthode pourrait s'appliquer aux alternateurs.

(Note de M. *E. J. Brunswick*, présentée par M. E. Bouty, Académie des Sciences, 20 janvier 1913.)

MÉCANIQUE

L'emploi des freins hydrauliques pour l'étude des turbines à vapeur. — La construction des turbines à vapeur a pris un tel développement dans ces dernières années, et a été poussée à un tel degré de perfectionnement, que la nécessité s'est imposée de faire sur ces machines des essais très précis et de déterminer très exactement leur rendement pour les conditions de marche variées qu'il y a lieu d'envisager dans la pratique.

M. Rateau rappelle tout d'abord les procédés ordinairement employés dans ce but et cite notamment les deux suivants :

1° Pour les turbines installées à terre, on peut utiliser des génératrices électriques capables d'absorber la puissance fournie par la turbine, et en particulier, pour les groupes électrogènes, on se sert de la machine électrique du groupe lui-même. Cette méthode ne donne pas une précision supérieure à 1 ou 2 %. Les appareils de mesure électriques sont, en effet, sujets à des incertitudes de l'ordre de 1 à 2 %; le rendement des génératrices employées n'est pas connu avec plus d'exactitude. Ce rendement, pour les grosses machines tout au moins, ne peut être déterminé qu'indirectement; on mesure les pertes à vide et on en déduit par le calcul les pertes en charge; mais ce calcul admet que la distribution des champs électriques et magnétique est invariable, quelle que soit la charge, ce qui n'est qu'une approximation. De plus, cette méthode se prête mal aux variations de vitesse surtout lorsque les génératrices sont à courant alternatif.

2° Pour les turbines installées à bord des navires, on a employé la méthode du dynamomètre de rotation, et M. Rateau a lui-même imaginé il y a plus de vingt ans un dispositif avec miroir tournant, qui, repris dans ces dernières années par le professeur Hopkinson, de Cambridge, est connu actuellement sous son nom. La réalisation de ce procédé est sujette à des difficultés dont la plus importante est la nécessité d'un tarage préalable du frein qu'il est très laborieux de faire exactement.

Vers 1908, M. Rateau, désirant étudier les résultats donnés par son nouveau type de turbine et vérifier leur concordance avec les prévisions du calcul, s'est préoccupé de réaliser un frein aussi précis que possible, très sensible et stable à la fois, permettant d'essayer la machine dans un champ étendu de puissance et de vitesse.

Le frein qu'il a établi dans ce but est constitué simplement par une pompe centrifuge débitant sur elle-même. Des freins hydrauliques avaient été déjà appliqués, par exemple, en Allemagne et en Angleterre, notamment par M. Froude, mais ces freins ne permettent pas le réglage du couple en marche.

L'appareil se compose essentiellement d'une roue en bronze de pompe centrifuge, montée sur un arbre tournant dans deux paliers et directement accouplé à la turbine à essayer. Cette roue tourne dans une enveloppe mobile à frottement doux sur l'arbre. Afin de décharger les garnitures du poids de cette enveloppe, celle-ci est supportée par deux couronnes de billes montées sur des supports faisant corps avec les paliers. Cette enveloppe est ainsi très mobile et sensible à la moindre poussée.

La roue transforme la puissance de la turbine en énergie cinétique de l'eau. Celle-ci vient se heurter dans l'enveloppe à des nervures qui brisent le mouvement tangentiel. Des tiroirs cylindriques équilibrés, disposés devant des orifices d'écoulement, permettent, en les ouvrant plus ou moins, de régler le debit de l'eau. Ces tiroirs sont commandés de l'extérieur par des volants, de telle sorte que l'on peut, pendant la marche même, adapter exactement la puissance absorbée par le frein.

L'eau, en se heurtant à l'enveloppe, exerce sur celle-ci une poussée qui est transmise au fléau d'une balance par un bras solidement attaché à l'enveloppe. Toutes les articulations sont constituées par des couteaux en acier trempé, de telle sorte que les mouvements en sont très libres. Au fléau de balance sont accrochés des poids, ainsi qu'un dynamomètre permettant de mesurer l'effort. Le ressort de ce dynamomètre est très raide, afin de réduire les oscillations du système sous l'influence des petites variations du couple de charge. De plus, un petit frein à huile amortit rapidement ces oscillations, en sorte que l'appareil est tout à fait stable.

Comme l'eau doit absorber une énergie très grande par rapport à sa masse relativement faible (par exemple, dans le cas d'un frein de 800 ch, il faut absorber 140 calories par seconde), il est nécessaire de renouveler rapidement cette eau. A cet effet, on injecte dans le frein de l'eau froide, qui peut provenir soit d'une distribution en charge, soit d'une petite pompe auxiliaire montée sur l'arbre. Dans le cas du frein de 800 ch cité plus haut, il fallait faire circuler près de 3 l/s en admettant un échauffement de 50°C. Cette eau, amenée par l'intérieur de l'arbre, arrive dans les ouïes de la roue, de telle sorte que l'on utilise sa pression pour remonter à cet endroit celle de l'eau circulant dans le frein; on évite ainsi la « cavitation » que pourrait occasionner la très grande vitesse de circulation de l'eau. L'eau chaude est évacuée de chaque côté par des conduites souples munies de robinets, grâce auxquels on peut régler le débit de l'eau réfrigérante.

Différents exemplaires de ce système de frein ont été exécutés dont en particulier les suivants. L'un de 800 ch à 4 000 t/m avec roue à deux ouïes de $0^m,36$ de diamètre a été établi pour l'essai des turbines destinées à des compresseurs centrifuges; un autre de 10000 ch à 260 t/m avec roue à deux ouïes également, de $2^m,20$ de diamètre, pour essais de moteurs Diesel, a été exécuté, d'après les plans de M. Rateau, par les chantiers de Weser à Brême; il comporte un dispositif spécial de leviers permettant de mesurer le couple dans les deux sens de rotation, sans avoir à toucher à l'appareil. Un troisième de 8000 ch à 650 t/m, avec roue à une seule ouïe de $1^m,20$ de diamètre, était spécialement construit pour être installé à bord d'un bateau de guerre, afin d'expérimenter sur place les turbines destinées à actionner les hélices; la roue de ce frein était à une seule ouïe, afin qu'elle pût exercer une poussée axiale se substituant à la poussée de l'hélice; cet appareil a été construit par les Ateliers et Chantiers de Bretagne à Nantes qui avaient assumé les frais assez élevés de cette installation.

M. Rateau donne quelques-uns des résultats d'essais effectués avec ces différents freins. Il fait remarquer, en particulier, leur très grande stabilité; les variations de charge ne dépassaient pas, en effet, au cours d'un même essai, 1 % et même souvent 0,5 %. Il signale également la facilité d'adaptation de ces freins à des régimes de marche variés et montre notamment que, pour une même vitesse de rotation, la puissance pouvait varier de 1 à 17 dans le cas du frein de 10 000 ch à 260 t/m et de 1 à 10 pour celui de 8 000 ch à 650 t/m.

A la fin de 1908, M. Rateau ayant mis au point un dispositif d'essais pareil pour l'étude d'une turbine de 800 ch à 4 000 t/m, il lui a paru tentant de chercher à répéter en grand les mesures classiques de Joule sur l'équivalent mécanique de la calorie. Les puissances qu'il lui était possible de mettre en jeu étant ici considérables pour un volume réduit des appareils, il y avait tout lieu de supposer que l'on pourrait obtenir des chiffres très précis et exacts à quelques millièmes près tout au plus. C'est ce que M. Rateau s'est astreint à réaliser.

A cet effet, il a déterminé : 1° la puissance transmise au frein; 2° la quantité de calories enlevées par l'eau et par le rayonnement.

La puissance était donnée par l'observation de la vitesse de rotation moyenne de la turbine, mesurée en comptant son nombre de tours pendant un temps donné, et du couple au frein déduit des longueurs des leviers et des poids nécessaires pour maintenir l'équilibre.

La quantité de calories par seconde enlevée par l'eau était mesurée en déterminant le débit d'eau par seconde et l'élévation de température de cette eau. Le débit d'eau s'obtenait en faisant évacuer l'eau dans un réservoir, muni à sa partie inférieure de tuyères préalablement tarées, et en déterminant, d'après la hauteur de charge de l'eau au-dessus de l'axe de ces tuyères, le débit de l'eau les traversant. L'échauffement de l'eau était donné par la comparaison des lectures de deux thermomètres Baudin, en verre dur, de grande précision, permettant d'évaluer le centième de degré et placés l'un à l'arrivée, l'autre à la sortie de l'eau.

Digitized by Google

Le rayonnement du frein avait été déterminé par des expériences préliminaires, effectuées en faisant traverser cet appareil par de l'eau chaude et en mesurant l'abaissement de température de cette eau.

Toutes les mesures, faites le même jour (26 janvier 1909), ont été groupées en quatre séries d'essais à des charges approximatives de 250-440-600-700 ch. Pour chacune de ces séries, on faisait quatre essais successifs correspondant chacun à une durée de marche de 120 secondes en régime aussi permanent que possible. La vitesse de rotation moyenne était déduite du nombre de tours de la turbine pendant ces 120 secondes. Toutes les autres valeurs des mesures étaient les moyennes des lectures faites simultanément aux instruments de mesure toutes les quinze secondes, de telle sorte que les résultats relatifs à chaque essai sont la moyenne de neuf lectures et qu'au total toute cette étude en a nécessité 144.

En procédant ainsi par lectures simultanées, on avait pour les différentes mesures des valeurs correspondant à des mêmes régimes de fonctionnement, ce qui devait donner pour les moyennes calculées des valeurs bien concordantes. Les appareils eux-mêmes, thermomètres, chronomètre, avaient été étalonnés avec le plus grand soin, et, dans les calculs, toutes les corrections utiles ont été faites : déplacement du zéro des thermomètres, réduction des températures à l'échelle du thermomètre à hydrogène, variation de la densité et de la chaleur spécifique de l'eau, etc. ; ainsi on pouvait espérer des résultats bien concordants, les erreurs maxima de chaque mesure ne dépassant pas un millième. Cependant, dans les seize essais, on constate des écarts assez sensibles allant jusqu'à 7 millièmes, tandis que l'on aurait dû n'avoir que des écarts de 3 à 4 millièmes tout au plus. M. Rateau attribue ces irrégularités à des variations du coefficient de débit des tuyères à eau et au manque d'entraînement de quelques-uns des observateurs.

L'équivalent mécanique de la calorie, correspondant à une élévation de la température de 1 kg d'eau de 15 à 16° C dans l'échelle du thermomètre à hydrogène, qui résulte de la moyenne générale, est 427 kgm 6. En se reportant aux deux dernières séries de quatre essais qui sont assez concordantes, et qui, ayant été établies pour les puissances les plus fortes, doivent être considérées comme les plus justes, on voit que la valeur de l'équivalent mécanique de la calorie serait de 426 kgm, 86.

Ces résultats s'accordent bien avec ceux obtenus par les physiciens qui ont opéré avec le plus de précision. En effet, d'après le rapport de J. S. Ames au Congrès international de Physique de 1900, les valeurs trouvées sont les suivantes : Pour des mesures faites suivant la méthode de Joule, par brassage mécanique de l'eau, Joule a obtenu 425 kgm 4, Rowland 426 kgm 5, Reynolds et Moorby 426 kgm 8. Ces derniers avaient utilisé, pour leurs essais, une machine de 100 ch. Dans les expériences faites en échauffant de l'eau par du courant électrique, Griffiths a trouvé 427 kgm 8, Shuster et Gannon 427 kgm 4, Callendar et Barnes 427 kgm 1.

(Communication de M. *Rateau*, Société des ingénieurs civils, 7 mars 1913.)

MÉTALLURGIE

Les réactions du puddlage. — Le professeur Thomas Turner constate le réveil de l'industrie du fer malléable : à la fin de 1912, il y avait dans le North Worcestershire et le Southstaffordshire, 32 maisons fabriquant du fer puddlé ; elles employaient 661 fours et 10 000 ouvriers. Le fer puddlé et l'acier extra doux, malgré leur composition voisine et des caractéristiques physiques analogues, montrent une différence marquée quant au temps nécessaire pour la rupture sous un effort alternatif ; le fer résiste plus longtemps que l'acier, qui se corrode plus facilement (fournitures navales, coloniales).

Pour conserver les bénéfices apportés par une période où la demande de fer était considérable, il faut apporter des perfectionnements dans la fabrication et étudier soigneusement les méthodes trop souvent appliquées sans esprit de suite. Il faut procéder scientifiquement.

Le point de fusion du fer pur à 1 600° C (chiffre généralement admis) est descendu à 1 505 par les mesures précises, à la pile thermoélectrique, de Carpenter et Keeling. Le carbone abaisse ce point à 1 130° ; le silicium et le phosphore agissent dans le même sens. Mais le silicium ne s'incorpore qu'à la place d'une certaine proportion de carbone et le résultat final est inverse, car l'abaissement dû au Si ne compense pas l'élévation due à la moindre teneur en C.

La température du four est de 1 300° ; elle ne dépasse par 1 400° au coup de feu. L'agent le plus actif de purification du fer est le bain de scorie composée de trois parties :

1° Du silicate de fer $SiO^2.2FeO$ (point de fusion 1 183°) très fluide ; refroidi, il se cristallise suivant la composition de la fayalite ;

2° De l'oxyde magnétique, agent très actif ; pour enlever le phosphore du métal, il ne faut pas que la proportion de silice du bain dépasse 20 °/₀. La scorie de puddlage est alors une forte solution d'oxyde de fer qui, venant au contact du métal, oxyde les impuretés. Son point de fusion est abaissé par un peu de chaux, d'alumine, etc., empruntés au revêtement du four ; le point de solidification est 1 075° ;

3° Du phosphate $(PO^4)^2Fe^3$. La scorie d'aciérie serait, d'après Dr Stead, un tétraphosphate. La scorie de puddlage contient normalement 7 °/₀ de P^2O^5, qui augmente la fluidité et donne un meilleur rendement.

Mais on ne peut régler l'allure d'un four de façon précise, même si on a adopté une composition idéale du bain. Les réactions se passent entre deux types extrêmes.

Si $Fe^2O^3 + C = 2FeO + CO$ se produit 1C est brûlé et 2Fe passe à la scorie.

Si $FeO + C = Fe + CO$ se reproduit, 1C est bien brûlé mais 12 gr de C perdu ont fixé 56 de Fe et le bain gagne 44 gr. On peut avoir :

$$Fe^3O^4 + C \begin{cases} Fe + Fe^2O^3 + CO \\ 3FeO + CO \end{cases}$$
$$Fe^2O^3 + 4C = 3Fe + 4CO$$

avec P :

$$5Fe^2O^3 + 8P = 15Fe + 4P^2O^5$$

1 de P réduit 3,4 de fer.

Au point de vue pratique, comment peut-on conduire la marche du four ? Comment le contrôler ?

Quand il n'y a pas de fer ajouté, il y a excès d'oxyde particulièrement de Fe^2O^3 et le rendement est bas, la scorie est moins fusible et la loupe se martelle mal.

Il faut donc ajouter une quantité suffisante de matières riches en oxyde ferreux et facilement fusibles, ce qui aide à la purification : ce qui aura été mis en moins comme scorie ferreuse se reproduit avec le fer de la fonte, et le rendement en serait diminué. Une quantité raisonnable de métalloïdes dans la fonte améliore la fluidité de la scorie, mais si la proportion s'élevait, ce serait seulement aux dépens du garnissage du four.

D'après l'étude du Bessemer, on sait que le P ne peut être éliminé qu'au-dessous d'une certaine température qui n'est pas atteinte au four à puddler.

M. Turner parlant des fours oscillants et tournants dit qu'il ne préconise pas les grands fours ; il préfère le puddlage par masse de 50 kg effectué par un ouvrier habile. Des fours petits et nombreux sont nécessaires. La chaleur perdue peut être utilisée pour le réchauffage des barres et la production de la vapeur, qui trouve son emploi dans l'alimentation des machines de laminoirs.

(Communication du professeur *Thomas Turner*, West of Scotland Iron and Steel Institute, 11 janvier 1913.)

Nomenclature des constituants dont l'existence est révélée par l'étude au microscope ; microstructures des aciers et des fontes. — Le but de cette note est d'établir une nomenclature permettant de distinguer le nom de la matière, sa définition et sa composition. Le terme d'« austenite » n'a pas plus de signification qu'une appellation minéralogique, tandis que les dénominations de « fer gamma » et de « cristaux mixtes » supposent l'acceptation de théories définitives quant à la nature de l' « austénite » qui pourraient plus tard être controuvées. Le carbure de fer eutectoïde serait la perlite ; l'acier contenant plus de carbone ou moins de carbone que la perlite serait dénommé hyper-eutectoïde ou hypo-eutectoïde plutôt que saturé, hypersaturé ou non saturé. Les matières dont l'existence est révélée par l'étude au microscope seraient nettement définies en appelant « metaraals » les minéraux naturels, les composés chimiques définis, les solutions solides, etc., et « agrégats » les analogues aux constituants pétrographiques distincts des vrais minéraux ; ces agrégats consistent en mélanges eutectiques, ou en mélanges dans lesquels les proportions des divers éléments restent indéfinies.

(Communication de MM *H. M. Howe* et *A. Sauveur*, au VIe Congrès international de l'Association internationale pour l'Etude des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, New York, septembre 1912.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

L'évolution de la sidérurgie française : Fabrication de la fonte, du fer, de l'acier ; laminage et forgeage.

La métallurgie du fer a pris en France un essor remarquable, depuis quelques années, dans les diverses régions industrielles et en particulier dans l'Est, le Nord et le Centre. M. Anglès d'Auriac a publié, à ce sujet, une étude très documentée, dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*. Il envisage particulièrement l'état de la sidérurgie dans le district du Nord. Nous résumerons succinctement cette étude.

Fonte. — De 1869 à 1910, la production de fonte en France a triplé (1 381 000 à 4 038 000 t). Celle du district du Nord a fait plus que quadrupler (167 000 à 577 000 t) dans la même période, bien que la production reste encore fort au-dessous de celle de la Meurthe-et-Moselle.

Les usines productrices de fonte sont les suivantes :

1° Dans le département du Nord :

Les usines de Denain et Anzin : l'usine de Valenciennes ; l'usine d'Aulnoye ; l'usine d'Haumont.

2° Dans le Pas-de-Calais :

Les usines d'Isbergues, d'Outreau, de Calais.

Il faudra ajouter prochainement l'usine de Pont-à-Vendin et l'usine de Leffrinckouke, près de Dunkerque.

On peut prévoir une production de fonte de 1 million de t en 1914 et de 1 800 000 t en 1920.

En 1910 la production de la fonte Thomas correspondait à 62 °/₀ de la production totale. Le développement de la production de la fonte Thomas est relativement récent.

Les minerais proviennent surtout de Lorraine (35 à 40 °/₀ de fer) et de Normandie. Le Nord reçoit également des minerais de Bilbao, d'Algérie et de Suède, et des minerais de manganèse des Indes, du Brésil, de Russie et de Grèce. On emploie également des scories diverses et des résidus de grillage des pyrites.

Le coke provient en majeure partie des mines de la région (12 à 15 °/₀ de cendres). Le fourneau type, de 450 à 525 m³, produit de 160 à 210 t de fonte Thomas par vingt-quatre heures.

On distingue quatre types de souffleries :

1° Les souffleries à piston actionnées par machine horizontale (Denain, Valenciennes, Louvroil) ;

2° Les souffleries à piston actionnées par moteur à gaz, généralement du type quatre temps, double effet à une ligne tandem composé de deux cylindres moteurs et d'un cylindre soufflant (Isbergues, Valenciennes, Calais) ;

3° Les soufflantes centrifuges actionnées par moteurs électriques recevant le courant d'une station centrale à moteurs à gaz ou à turbines à vapeur d'échappement (Outreau, Denain).

L'emploi des soufflantes centrifuges est particulièrement intéressant dans les usines où l'on dispose de vapeur d'échappement : dans le cas contraire, la solution la plus économique au point de vue de la *dépense de gaz* est celle de la soufflerie à piston directement actionnée par moteur à gaz.

L'utilisation directe dans les moteurs à gaz se généralise de plus en plus ; le rendement thermique atteint 20 °/₀, tandis qu'il varie de 10 à 4 °/₀ pour l'ensemble de la chaudière et de la machine à vapeur. La puissance disponible avec le moteur à gaz est d'environ 30 ch par tonne de production journalière. Par contre, les frais d'épuration supplémentaire sont relativement considérables, les gaz destinés aux moteurs ne devant pas contenir plus de 0 gr 2 de poussière par mètre cube. La plus grande installation de moteurs à gaz du Nord est celle de l'usine de Valenciennes. Il existe également des stations centrales avec moteurs à gaz aux usines d'Outreau, de Calais, d'Isbergues et de Louvroil.

Les premières poussières déposées dans les premiers épurateurs contiennent 35 °/₀ de fer et 8 à 10 °/₀ de carbone. On peut les utiliser pour la charge des hauts fourneaux après les avoir agglomérées en briquettes (Denain).

Fer soudé. — Le district du Nord occupe le premier rang en France pour la production du fer puddlé, mais cette fabrication a une tendance à disparaître progressivement. Le tonnage total produit en France annuellement atteint encore 526 000 t dont 230 000 de métal obtenu par réchauffage, ce qui correspond à 18 °/₀ de la production totale de fer et d'acier (contre 40 °/₀ en 1899). L'élévation du prix de revient du four à puddler par rapport au convertisseur ou au four Martin, provient surtout des frais beaucoup plus considérables de combustible et de main-d'œuvre. Le recrutement des puddleurs devient de plus en plus difficile, malgré l'élévation des salaires. L'emploi du fer ne présente guère d'intérêt que lorsque la facilité de forgeage et la soudabilité sont des qualités essentielles, par exemple pour les produits usinés chez le petit forgeron et les pièces de serrurerie. Certaines usines préfèrent employer le fer soudé pour la fabrication des tubes, des chaînes, des pièces en mouvement des locomotives, et des crochets d'attelage.

Aciers. — La production d'acier brut en France a passé de 591 000 t en 1888 à près de 4 000 000 t en 1911 ; cet accroissement est dû en grande partie au développement de la métallurgie en Meurthe-et-Moselle. Dans le district du Nord, la production s'est élevée de 163 000 t en 1888 à 791 000 t en 1910, et dans les autres départements de 275 000 à 935 000 t.

Les principaux producteurs d'acier de la région du Nord sont les Sociétés de Denain-Anzin (365 000 t en 1910), du Nord et de l'Est (121 700 t) et des aciéries de France (108 700 t). Il existe un grand nombre d'aciéries plus ou moins importantes à Anzin, Denain, Hautmont, Maubeuge, Louvroil, Feignies, Jeumont, Milourd, Douai, Lille, Outreau. Il faut citer en outre certaines usines ne produisant pas l'acier qu'elles utilisent (Laminoirs Saint-Marcel à Hautmont, des Aciéries de la Marine et d'Homécourt, usine de Senelle-Maubeuge, etc.).

De nouvelles usines en construction, entre autres celle de Pont-à-Veudin prévue pour 300 000 t d'acier, permettront d'augmenter considérablement la production du métal fondu.

M. Anglès d'Auriac donne des détails intéressants sur les principales aciéries Thomas, Bessemer et Martin.

Laminage et forgeage. — Au point de vue de l'élaboration de l'acier, les districts du Nord et de la Meurthe-et-Moselle sont sensiblement équivalents, mais les fabrications sont assez différentes ; le premier fait beaucoup de tôles, le deuxième beaucoup plus de rails. Le Nord fabrique en outre quantité de pièces de forge et de moulages d'acier. L'auteur décrit en détail l'installation des laminoirs de l'usine de Denain, la plus puissante du district du Nord.

L'emploi des laminoirs électriques tend à se généraliser de plus en plus. Parmi les laminoires électriques en marche ou en installation, on peut citer ceux des usines de Louvroil, de Recquignies, d'Aulnoye, de Valenciennes, d'Isbergues, de Maubeuge, de Denain et d'Hautmont (aciéries de la Marine et d'Homécourt). Cette dernière installation, effectuée par la Société Thomson-Houston, comprend un train ébaucheur de 450 mm et un train finisseur de 270 mm alimentés par du courant continu à 440 volts provenant de la transformation de courant triphasé à 10 000 volts.

La substitution de l'électricité à la vapeur se justifie par les avantages suivants :

1° Economie dans la production de l'énergie provenant du remplacement de la machine à vapeur par le moteur à gaz actionnant une station centrale ;

2° Grande capacité de surcharge pendant une courte période, ce qui permet de réduire de moitié la puissance normale du moteur ;

3° Souplesse remarquable, la vitesse de régime pouvant varier de 1 à 3 ;

4° Contrôle facile des opérations.

Par contre, les frais de premier établissement sont plus élevés pour les laminoirs électriques que pour les laminoirs à vapeur. M. Anglès d'Auriac fait la critique des diverses solutions possibles relativement à la production et à l'utilisation du courant (moteurs à courant continu, moteurs asynchrones, etc.).

L. V.

LÉGISLATION INDUSTRIELLE

Loi du 13 décembre 1912, faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs des dispositions de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

ARTICLE PREMIER. — Trois mois après la promulgation de la présente loi, la législation sur les accidents du travail sera étendue, sous réserve des dispositions spéciales ci-après, aux délégués à la sécurité des ouvriers mineurs pour les accidents survenus par le fait ou à l'occasion de leur service.

ART. 2. — En cas d'incapacité temporaire, l'indemnité journalière est fixée à la moitié du prix de journée déterminé en exécution de l'article 16 de la loi du 8 juillet 1890.

Le salaire servant de base à la fixation des rentes est supputé en tenant compte, tant des indemnités allouées à la victime pour ses visites en vertu de la loi précitée, que de son gain d'ouvrier pendant le reste de l'année.

ART. 3. — Chaque délégué ou délégué suppléant doit faire, par les soins du préfet, l'objet d'une assurance à la caisse nationale d'assurance en cas d'accidents contre les risques d'accidents entraînant incapacité permanente ou mort.

Les primes de cette assurance, ainsi que les indemnités d'incapacité temporaire et les frais médicaux et pharmaceutiques, sont payés par le Trésor sur mandats délivrés par le préfet et recouvrés sur les exploitants comme en matière de contributions directes.

ART. 4. — La procédure est suivie contre l'État, représenté par le préfet, dans les mêmes conditions que pour les salariés des exploitations de l'État.

Le Gérant : E. PINAT.

PARIS. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (*1er Semestre*). — TOME VI. — N° 9. 1er MAI 1913

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

INFLUENCE DE L'ATTRACTION MAGNÉTIQUE SUR LA VITESSE CRITIQUE DES ARBRES DE DYNAMOS

Il n'est plus possible actuellement, dans la construction des machines électriques, d'ignorer le phénomène de la vitesse critique des arbres en rotation, car même les vitesses considérées comme absolument normales dans l'utilisation de ces machines, sont d'ordre assez élevé pour que le seul calcul à effectuer sur l'arbre soit précisément celui ayant trait à la vitesse critique.

Nous dirons de suite que le grand intérêt de ce calcul est surtout de bien constater que la vitesse de régime est très au-dessous de cette vitesse critique, car, sauf pour les premières turbines de Laval, dont les vitesses de 10 000 à 20 000 tours permettaient l'utilisation de l'équilibre paradoxal existant au-dessus de la vitesse critique, l'expérience a montré qu'il est bien préférable et plus sûr d'en rester très éloigné, non en dessus, mais en dessous.

Or, nous allons voir que la vitesse critique d'une masse tournant dans un champ magnétique est notablement inférieure à celle de la même masse tournant dans un champ nul; il est donc prudent de se rendre compte aussi exactement que possible de ce qui se passe alors, si l'on veut conserver toute sécurité de marche, et c'est le but de cette étude dans laquelle nous établirons rapidement, en même temps que la théorie des phénomènes, les méthodes permettant d'effectuer les calculs pratiques qui se présentent dans l'industrie.

VITESSE CRITIQUE DANS UN CHAMP NUL. — Nous donnerons d'abord de ce cas une démonstration nouvelle qui permet de suivre très clairement le phénomène.

Un arbre chargé d'une masse de poids P est animé d'une vitesse angulaire ω. Cette masse, si bien centrée et équilibrée qu'elle soit, est forcément excentrée, par rapport à l'axe de rotation, d'une petite quantité e.

Elle exercera donc sur l'arbre un effort :

$$F = \frac{P}{g}\omega^2 e.$$

Cet effort va faire fléchir l'arbre d'une quantité que l'on pourra déterminer par la proportionnalité admise des flèches aux efforts.

Nous partirons par exemple de l'effort P, qui crée une flèche f que l'on pourra déterminer par une méthode quelconque; dès lors, l'effort F créera une flèche :

$$f' = f\frac{F}{P}$$

ou, en remplaçant F par sa valeur :

$$f' = \frac{\omega^2 f}{g} e. \qquad (1)$$

Cette égalité (1) montre donc qu'une excentricité e a créé une flèche f' qui lui est proportionnelle et égale à $\frac{\omega^2 f}{g}$ fois e, ce que l'on traduira (fig. 1), en portant e en OB, f' en AB, $\frac{\omega^2 f}{g}$ étant alors égal à tg α.

Or, la flèche f' étant tournante, s'ajoutera à l'excentricité e, de telle sorte que le centre de gravité de la masse, supposé d'abord en B, à une distance BO $= e$ de l'axe de rotation, se sera encore éloigné d'une quantité BC $=$ AB $= f'$.

Mais, de même que l'éloignement e a créé une flèche supplémentaire f', ce nouvel éloignement f' créera un nouveau supplément de flèche DC $= f''$ obtenu en faisant en B l'angle α.

Ce supplément portera en E le centre de gravité et créera à son tour un supplément EF $= f'''$ obtenu de la même manière.

La loi est évidente et ces accroissements de flèches successifs se suivent en une progression géométrique de raison $\frac{\omega^2 f}{g}$, qui, dans le cas de la figure 1, est convergente, et dont la somme des termes $\varphi =$ BM est facile à calculer, puisque les points A, D, F, H sont sur une droite qui coupe OX en M.

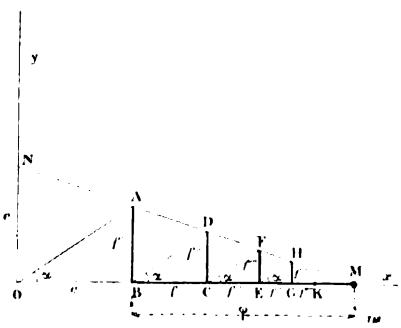


FIG. 1. — Epure de l'augmentation de la flèche pour une vitesse angulaire inférieure à la vitesse critique.

Cette droite coupe OY en N tel que ON $= e$. On a dès lors, dans les triangles semblables MAB et MON :

$$\frac{\varphi}{\varphi + e} = \frac{f'}{e}$$

ou, en remplaçant f' par sa valeur tirée de (1),

$$\frac{\varphi}{\varphi + e} = \frac{\omega^2 f}{g}$$

d'où la flèche totale prise par l'arbre sera :

$$\varphi = \frac{\omega^2 e}{g} \frac{1}{\left(\frac{1}{f} - \frac{\omega^2}{g}\right)}.$$

Cette démonstration permet ainsi de suivre l'augmentation graduelle de la flèche jusqu'à sa valeur d'équilibre.

Digitized by Google

Or, si, dans l'équation (1), nous supposons que ω a augmenté jusqu'à une valeur Ω telle que f' soit égal à e (fig. 2), l'angle α sera de 45°, les augmentations successives f'', f''', f^{IV} seront alors toutes égales à e; la droite ADFH devenant parallèle à OX, le point M est rejeté à l'infini, même si e est infiniment petit, *l'équilibre n'est jamais atteint, c'est la vitesse critique*. Sa valeur sera donc donnée par :

$$e = f' = \frac{\Omega^2 fe}{g}$$

d'où :

$$\Omega = \sqrt{\frac{g}{f}}$$

soit, en nombre de tours à la minute, f étant exprimé en millimètres :

$$N = 945\sqrt{\frac{1}{f}} \qquad (2)$$

Si Ω augmente encore, f' sera alors plus grand que e, la ligne ADFH coupera encore OX, mais du côté des flèches négatives, c'est-à-dire qu'il y aura un point M' d'équilibre (fig. 3), pour une flèche φ' opposée à l'excentricité.

On voit, cependant, de suite, dans ce cas, qu'en partant de B les flèches tendent à s'augmenter de quantités f', f'', f''', f'''' dont les valeurs forment une progression géométrique divergente, c'est-à-dire dont la somme des termes augmente au delà de toute limite. L'équilibre donné par la marche en M' apparaît donc comme *instable*; mais, en réalité, à ce régime, dans certaines conditions, la stabilité est rétablie, grâce à des phénomènes gyroscopiques (1) très compliqués.

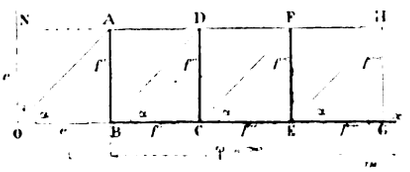


Fig. 2. — Epure de l'augmentation de la flèche pour une vitesse angulaire égale à la vitesse critique.

Il n'en est pas moins vrai que cette instabilité peut exister, et nous l'avons personnellement constatée sur une machine exécutée dont l'arbre ne pouvait rester dans sa position d'équilibre bien que sa vitesse de rotation fût 2,5 fois la vitesse critique.

On conçoit donc l'insécurité possible d'un pareil régime de marche et qu'il soit plus raisonnable de réaliser le cas de la figure 1 en réduisant même φ autant que possible.

Remarque 1. — Un avantage de la construction (fig. 1) est qu'elle se prête à une résolution graphique des cas les plus complexes rencontrés dans la pratique.

Supposons, en effet, un arbre de forme quelconque, chargé d'un nombre de masses quelconques. On supposera de même pour chaque masse une excentricité arbitraire e (qui pourra être de l'ordre de 1/10 de millimètre) et sous l'influence des efforts créés par la rotation des masses, excentrées de cette valeur, on fera l'épure de la ligne élastique, par la méthode graphostatique de Mohr, qui tient compte des moments d'inertie variables de l'arbre. On trouvera sur cette ligne élastique devant les différentes masses des flèches f_1', f_2', f_3' qui donneront en tournant des efforts supplémentaires :

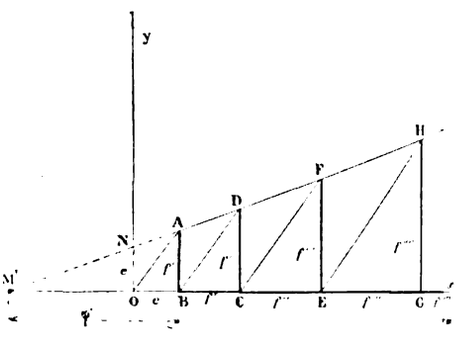


Fig. 3. — Epure de l'augmentation de la flèche pour une vitesse angulaire supérieure à la vitesse critique.

$$\frac{P_1}{g}\omega^2 f'_1, \qquad \frac{P_2}{g}\omega^2 f'_2, \qquad \frac{P_3}{g}\omega^2 f'_3.$$

Avec cette série d'efforts, on construira une nouvelle ligne élastique qui donnera devant les masses de nouvelles flèches f_1'', f_2'', f_3''.

Une troisième ligne élastique faite avec les efforts

$$\frac{P_1}{g}\omega^2 f''_1, \qquad \frac{P_2}{g}\omega^2 f''_2, \qquad \frac{P_3}{g}\omega^2 f''_3$$

donnera les flèches f_1''', f_2''', f_3'''.

On pourra alors tracer, comme dans le cas de la figure 1, la courbe NADFH de la série obtenue pour la flèche la plus grande (f_2' par exemple si P_2 est au milieu des appuis). Or, si l'on est suffisamment au-dessous de la vitesse critique, la courbe NADFH

(1) La stabilité de la marche au-dessus de la vitesse critique a été démontrée par M. Stodola dans son ouvrage *Die Dampfturbinen*, d'une manière que nous n'avons jamais pu traduire physiquement, ce qui nous laissait craindre qu'une erreur se fût glissée dans cette démonstration.

Or, M. Maurice Leblanc vient de donner de cette stabilité une démonstration nouvelle, totalement différente, mais sûrement plus exacte, car elle permet de suivre lumineusement la succession des phénomènes qui prennent naissance lorsque la vitesse critique est atteinte ou dépassée. Résumons ci-après, très rapidement, les grandes lignes de cette démonstration.

Un arbre fléchi par une force centrifuge tourne d'abord tout d'une pièce en décrivant une surface de révolution dont la ligne élastique de l'arbre est la méridienne, et ce mouvement est naturel, car ainsi la fibre tendue reste tendue, et celle qui est comprimée reste comprimée; ce qui ne comporte aucun travail moléculaire dans l'arbre.

Mais si un effort résistant suffisant, en l'espèce la viscosité du milieu, s'oppose à cette rotation tout d'une pièce de l'arbre fléchi, celui-ci tournera alors complémentairement autour de sa propre ligne élastique, et à chaque demi-tour complémentaire la fibre comprimée deviendra tendue et réciproquement.

Ce phénomène se produira donc lorsque la flèche de la ligne élastique sera suffisante pour que le couple dû à la viscosité du milieu soit égal à celui que nécessitent les extensions et les compressions successives des fibres de l'arbre.

En résumé, dès que le couple résistant de la viscosité est capable de vaincre le couple d'hystérésis interne de l'arbre, la rotation de l'arbre fléchi ne peut plus augmenter, et *tout supplément de vitesse donné à l'arbre se traduit par une rotation de cet arbre autour de sa ligne élastique*.

Il s'ensuit donc que, pour une vitesse angulaire Ω supérieure à celle qui provoque cette décomposition, l'arbre aura une vitesse ω autour de sa ligne élastique, celle-ci ne tournant tout d'une pièce qu'à une vitesse $\Omega - \omega$.

Dès lors, *si le plateau n'est pas monté au milieu de l'arbre*, la flexion de l'arbre rend le plateau incliné sur l'axe de rotation, et l'ensemble constitue un gyroscope tournant sur lui-même à une vitesse ω et ayant une vitesse de précession $\Omega - \omega$.

Un tel mouvement provoque un couple de redressement, qui équilibre alors la force centrifuge due à la rotation $\Omega - \omega$ de l'arbre fléchi, et empêche la flèche de devenir infinie.

Enfin, comme le plateau a naturellement conservé son excentricité initiale pendant sa rotation ω autour de sa ligne élastique, celle-ci, sous l'influence de la force centrifuge correspondant à ω, fouette en décrivant une nutation le long de la précession $\Omega - \omega$, tout à fait comme les gyroscopes déséquilibrés qui tournent lentement autour de leur axe de suspension, mais vibrent rapidement autour de leur axe de rotation, cette vibration ou nutation se limitant elle-même par la création d'un couple gyroscopique secondaire qui équilibre la force centrifuge due à ω.

On peut, par cet exposé rapide, se rendre compte de tout ce qu'il faut réunir de circonstances heureuses pour obtenir une marche convenable à ce régime et, sorti des merveilleux appareils imaginés par M. Maurice Leblanc, on comprendra bien qu'il vaille mieux pratiquement s'en tenir, comme nous l'avons dit, à une vitesse de marche très inférieure à la vitesse critique.

Digitized by Google

sera très inclinée, et pourra être prolongée, sans grand risque d'erreur, jusqu'à son intersection M avec OX, donnant la flèche maximum φ_1 d'équilibre (fig. 4), et par suite la fatigue maximum de l'arbre.

Remarque 2. — Le point M donne, comme nous l'avons vu, la flèche limite atteinte φ (fig. 1).

Dans les triangles semblables MAB et MXO, on a :

$$\frac{\varphi}{f'} = \frac{\varphi + e}{e}$$

ou en remplaçant f' par sa valeur (1)

$$\frac{\varphi}{f} = \frac{\omega^2}{g}(\varphi + e).$$

Multiplions chaque membre par P, on a :

$$P\frac{\varphi}{f} = P\frac{\omega^2}{g}(\varphi + e).$$

Or, le premier terme de cette équation est l'effort élastique final de l'arbre; le second, l'effort centrifuge final des masses excentrées de $(\varphi + e)$.

Lorsque le régime est atteint, il y a donc équilibre entre ces deux efforts et, pour le cas suivant, où nous ferons entrer la valeur de l'attraction magnétique, nous partirons de suite de cette loi qu'il est évidemment possible de poser *a priori*, mais qui est rendue pour ainsi dire visible lorsqu'on envisage les augmentations successives des flèches, comme nous venons de le faire.

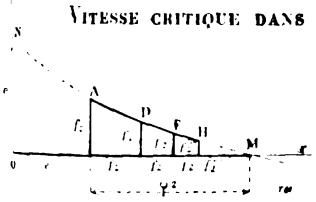


Fig. 4. — Epure de l'augmentation de la flèche maximum : cas d'un arbre chargé d'un nombre quelconque de masses.

Vitesse critique dans un champ magnétique. — Un rotor de dynamo est toujours environné d'un champ magnétique qui exerce sur lui et en chacun de ses points un effort dirigé dans le sens du rayon. Lorsque le rotor est parfaitement centré dans le champ, l'axe de rotation est aussi un axe de symétrie pour tous ces efforts radiaux, de sorte que chaque effort est toujours annulé par un effort égal diamétralement opposé.

Mais si le rotor est excentré dans le champ, soit par vice de construction, soit par la flexion de l'arbre due au déséquilibrage mécanique, les efforts diamétralement opposés deviennent inégaux et un effort résultant prend naissance dans la direction de l'excentricité.

Cet effort est une fonction très compliquée de l'excentricité. Nous donnons plus loin une méthode pratiquement satisfaisante pour le calculer et un exemple pris sur une machine exécutée.

Cet exemple suffit pour montrer qu'au début, l'effort d'attraction est sensiblement proportionnel à l'excentricité, c'est-à-dire que le champ exercera sur le rotor un certain effort de α kg par millimètre d'excentricité.

Si donc une construction imparfaite laisse subsister une excentricité e', l'effort correspondant fera fléchir l'arbre, ce qui augmentera l'excentricité et par suite l'effort, exactement comme précédemment avec la force centrifuge, et l'équilibre ne sera établi, comme on l'a vu, que lorsque la force élastique de l'arbre sera égale à l'effort d'attraction.

Soit φ la flèche à ce moment. L'effort élastique de l'arbre sera égal à $P\frac{\varphi}{f}$, f étant la flèche due au poids P.

L'excentricité totale étant $\varphi + e'$, l'effort d'attraction sera égal à $\alpha(\varphi + e')$ et on aura :

$$\frac{P\varphi}{f} = \alpha(\varphi + e')$$

d'où :

$$\varphi = \frac{\alpha e'}{\frac{P}{f} - \alpha}.$$

On voit de suite que si $\alpha = \frac{P}{f}$, c'est-à-dire si l'attraction magnétique par millimètre est égale à la réaction élastique par millimètre, on a $\varphi = \infty$, et le rotor vient se coller dans le stator *même à vitesse nulle*.

On peut dire que, dans ce cas, la vitesse critique est zéro, et il ne faut pas croire que ce soit là uniquement une pure conception théorique, le fait se rencontre très fréquemment sur les moteurs asynchrones, lorsque leur entrefer est trop faible et leur construction imparfaite. Il n'y a alors qu'un remède : augmenter leur entrefer pour diminuer α.

Supposons maintenant l'arbre en rotation avec une excentricité initiale e (différente en général de e', cette dernière pouvant même être nulle); à l'effort magnétique précédent s'ajoutera l'effort centrifuge $\frac{P}{g}\omega^2(\varphi + e)$ et l'équilibre sera atteint lorsque l'on aura :

$$\frac{P}{g}\omega^2(\varphi + e) + \alpha(\varphi + e') = P\frac{\varphi}{f}$$

d'où l'on tire pour la flèche d'équilibre :

$$\varphi = \frac{\frac{\omega^2}{g}e + \frac{\alpha}{P}e'}{\left(\frac{1}{f} - \frac{\alpha}{P}\right) - \frac{\omega^2}{g}}.$$

L'équilibre sera impossible si la flèche devient infinie, ce qui aura lieu lorsque le dénominateur sera nul, soit pour une vitesse angulaire :

$$\Omega = \sqrt{g\left(\frac{1}{f} - \frac{\alpha}{P}\right)}$$

ou, en nombre de tours, f étant exprimé en millimètres :

$$N = 945\sqrt{\frac{1}{f} - \frac{\alpha}{P}}.$$

On voit que la valeur sous le radical est diminuée de $\frac{\alpha}{P}$ par rapport au cas (2) de la vitesse critique dans un champ nul. Cette vitesse critique a donc diminué, et pour nous rendre compte de quelle quantité, nous prendrons l'exemple du moteur asynchrone traité plus loin.

La flèche de l'arbre sous le poids P du rotor est 0 mm,15. Le nombre de tours critique dans un champ nul sera donc de :

$$N = 945\sqrt{\frac{1}{0,15}} = 2\,450 \text{ tours.}$$

L'effort α par millimètre de flèche est égal à cinq fois le poids, d'où $\frac{\alpha}{P} = 5$; le nombre de tours critique dans le champ magnétique sera donc :

$$N = 945\sqrt{\frac{1}{0,15} - 5} = 1\,200 \text{ tours,}$$

c'est-à-dire *la moitié de la précédente*.

On voit que le danger créé par la présence du champ n'est pas illusoire.

Remarque. — La méthode graphique indiquée pour le cas d'un champ nul peut s'appliquer encore; il suffit d'ajouter à chaque effort $\frac{P_n}{g}\omega^2 f'_n$ la différence entre l'effort magnétique correspondant à f'_n et celui correspondant à e'_n; on trouvera ainsi la ligne élastique $f''_1, f''_2, f''_3, \ldots, f''_n$; puis on fera la nouvelle ligne élastique avec les efforts $\frac{P_n}{g}\omega^2 f''_n$ augmentés de la différence entre l'effort magnétique correspondant à f''_n et celui correspondant à f'_n, et on trouvera $f'''_1, f'''_2, f'''_3, f'''_n$; et ainsi de suite, en

Digitized by Google

se servant de la courbe des efforts magnétiques (fig. 6) tracée, préalablement, en fonction des excentricités, par la méthode suivante.

Effort magnétique dû a l'excentricité. — Le calcul approché ci-dessous est basé sur un certain nombre d'hypothèses qui avoisinent suffisamment la réalité pour que le résultat obtenu soit pratiquement vérifié.

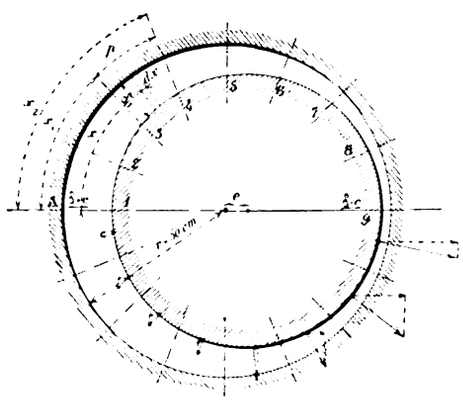


Fig. 5. — Rotor excentré dans son stator.

Ces hypothèses sont les suivantes :

1° Le flux total d'un pôle est proportionnel à la conductance de l'entrefer sous son pas polaire.

2° L'effort dû au champ d'un pôle est calculé comme si la loi de l'induction restait toujours sinusoïdale sous ce pôle.

3° Pour une excentricité e l'entrefer moyen, δ passe de la valeur $\delta + e$ à la valeur $\delta - e$ suivant une loi sinusoïdale.

Un quelconque des pôles s'étend sur un arc égal à la différence entre les arcs x_2 et x_1, A étant l'origine (fig. 5).

La conductance d'un tube de force est proportionnelle à sa section et inversement proportionnelle à sa longueur, ce qui donne pour un tube de 1 cm de profondeur, de largeur dx et de longueur δ_1, une conductance :

$$dc = \frac{dx}{\delta_1}.$$

L'entrefer en un point quelconque est, d'après la troisième hypothèse,

$$\delta_1 = \delta + e \cos \frac{x}{R},$$

d'où la conductance sous un pôle, qui est donnée par la somme des conductances des tubes de force, de x_1 à x_2, sera :

$$C = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{\delta + e \cos \frac{x}{R}} \quad (3)\ (1).$$

En effectuant cette intégrale, on trouve que la conductance c d'un pôle est proportionnelle à :

$$\text{arc tg}\left[\sqrt{\frac{\delta - e}{\delta + e}} \operatorname{tg} \frac{x_2}{2R}\right] - \text{arc tg}\left[\sqrt{\frac{\delta - e}{\delta + e}} \operatorname{tg} \frac{x_1}{2R}\right] \quad (4).$$

Reportons-nous figure 5. Les axes entre pôles étant tracés, pour plus de commodité, symétriquement par rapport à l'axe des x, on calculera d'abord,

$$\operatorname{tg} \frac{x_1}{2R} \operatorname{tg} \frac{x_2}{2R} \operatorname{tg} \frac{x_3}{2R} \cdots \quad \text{puis} \quad \text{arc tg}\left[\sqrt{\frac{\delta - e}{\delta + e}} \operatorname{tg} \frac{x_1}{2R}\right] \text{ etc.}$$

Prenons le cas d'un moteur de 16 pôles, de 100 cm de diamètre d'alésage, de 35 cm de largeur, de 1mm, 2 d'entrefer moyen, de 0mm,6 d'excentricité e. On trouve alors pour :

$$\text{arc tg}\left[\sqrt{\frac{\delta - e}{\delta + e}} \operatorname{tg} \frac{x_n}{2R}\right],$$

les valeurs suivantes aux points 1, 2, 3... 9, de la demi-circonférence supérieure :

0 ; 0,11 ; 0,232 ; 0,367 ; 0,52 ; 0,715 ; 0,945 ; 1,24 ; 1,57 ;

et pour les nombres proportionnels aux conductances de chaque pôle, les différences successives des nombres précédents, soit :

0,11 ; 0,122 ; 0,135 ; 0,153 ; 0,195 ; 0,23 ; 0,295 ; 0,33.

L'induction moyenne dans ce moteur étant $B_m = 3\,300$ lignes par centimètre carré, le flux total, pour l'ensemble des 8 pôles supérieurs, était égal à :

$$3\,300 \times \pi \times 50 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} = 18\,150\,000 \text{ lignes.}$$

Ces 18 150 000 lignes de force se répartiront donc proportionnellement aux 8 nombres ci-dessus, ce qui donne pour la valeur des flux successifs, lors d'une excentricité de 0mm,6 :

1 270 000 ; 1 410 000 ; 1 560 000 ; 1 770 000 ;
2 250 000 ; 2 660 000 ; 3 410 000 ; 3 810 000 ;

(le flux moyen étant par pôle de 2 270 000).

Or, l'attraction magnétique sur une surface ds, où l'induction est B_x est donnée en kg par la formule :

$$F = \frac{B_x^2 ds}{25 \times 10^6}.$$

Si B_x varie sinusoïdalement le long du pas polaire p, et a B pour maximum, l'effort total d'attraction de ce pôle sera :

$$F = \int_0^p \frac{B^2 \sin^2 \frac{\pi}{p} x \times L dx}{25 \times 10^6} = \frac{B^2 L p}{25 \times 10^6} \times \frac{1}{2},$$

ou, en remarquant que l'induction moyenne B_m sous un pôle est $\frac{2}{\pi}$ fois l'induction maximum B sous ce pôle, qui entre dans l'équation ci-dessus :

$$F = \frac{B_m^2 L p}{25 \times 10^6} \times \frac{\pi^2}{8}.$$

(1) Résolution de l'intégrale (3) :

Posons $\frac{x}{R} = z$ on a $dx = R dz$ et l'intégrale (3) devient égale à :

$$R \int \frac{dz}{\delta + e \cos z} \quad (5).$$

Posons :

$$= \operatorname{tg} \frac{z}{2},$$

on a :

$$dz = 2 \frac{dt}{1 + t^2}$$

et

$$\cos z = \cos^2 \frac{z}{2} - \sin^2 \frac{z}{2} = \frac{1 - t^2}{1 + t^2}$$

d'où, en remplaçant, l'intégrale (5) devient :

$$2R \int \frac{dt}{(1 + t^2)\left[\delta + e \frac{1 - t^2}{1 + t^2}\right]} = 2R \int \frac{dt}{(\delta + e) + (\delta - e) t^2} \quad (6).$$

Posons encore :

$$t = u \sqrt{\frac{\delta + e}{\delta - e}} \quad \text{d'où} \quad dt = \sqrt{\frac{\delta + e}{\delta - e}} du \quad \text{et} \quad t^2 = u^2 \frac{\delta + e}{\delta - e}$$

et remplaçons dans (6) on trouve

$$\frac{2R}{\sqrt{\delta^2 - e^2}} \int \frac{du}{1 + u^2} = \frac{2R}{\sqrt{\delta^2 - e^2}} \text{ arc tg } u$$

ou en remontant de u à z et intégrant de x_1 à x_2 :

$$\frac{2R}{\sqrt{\delta^2 - e^2}} \text{ arc tg}\left[\sqrt{\frac{\delta - e}{\delta + e}} \operatorname{tg} \frac{x}{2R}\right]_{x_1}^{x_2}.$$

Digitized by Google

Or, Lp est la section d'un pôle, et B_m Lp le flux Φ total passant par ce pôle, d'où :

$$F = \frac{B_m \times \Phi}{20 \times 10^6}.$$

Calculant B_m pour chaque pôle et appliquant cette formule aux huit flux précédemment déterminés, on trouve les efforts suivants en kilogrammes :

117 ; 145 ; 178 ; 230 ; 370 ; 515 ; 850 ; 1 060.

Remarquons que c'est la projection de ces efforts sur l'axe des x qui s'exerce parallèlement à cet axe, et que chaque projection doit être doublée à cause de la présence de la partie inférieure du rotor qui est identique à la partie supérieure. On trouve alors comme efforts parallèles à Ax, en affectant du signe — ceux qui sont dirigés vers la gauche et du signe + ceux qui sont dirigés vers la droite :

$$-230 ; -240 ; -200 ; -90 ;$$
$$+145 ; +572 ; +1\,410 ; +2\,080 ;$$

ce qui donne un effort résultant, dans le sens de l'excentricité, de 3 447 kg.

En répétant ce calcul pour différentes excentricités, on trouve la courbe (fig. 6).

L'allure de cette courbe est telle, qu'au début, l'effort d'attraction magnétique est de 5 750 kg par mm d'excentricité.

Le poids du rotor était de 1 100 kg, de sorte que $\frac{\alpha}{P}$, de la formule de la vitesse critique, était égal à :

$$\frac{5\,750}{1\,100} = 5{,}2.$$

Ce moteur, effectivement mal construit avec une excentricité initiale, n'a pu fonctionner qu'après avoir porté son entrefer à plus de 2 mm, l'arbre étant trop faible pour résister aux attractions correspondantes.

Il est d'ailleurs à remarquer sur la courbe (fig. 6), que si l'excentricité initiale est forte, $\frac{\alpha}{P}$ augmente énormément, car la courbe se relève paraboliquement vers les fortes excentricités, et alors on a très facilement $\frac{\alpha}{P} = \frac{1}{f}$, c'est-à-dire que la vitesse critique est zéro, et le rotor se colle dans le stator dès que le courant est mis sur celui-ci.

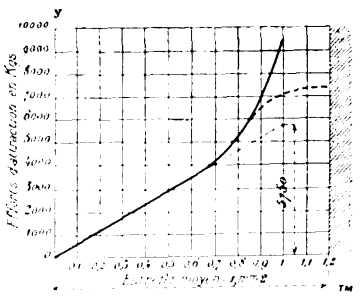


Fig. 6. — Courbe des efforts d'attraction en fonction des excentricités pour un moteur asynchrone de D = 100 cm; L = 35 cm; B^m = 3.300; entrefer, δ = 1 mm, 2; nombre de pôles 16.

Remarquons cependant que la théorie ci-dessus conduit à un effort infini lorsque $\delta - e = 0$. Ce résultat erroné provient de ce que l'influence de la saturation, qui limite la valeur du champ maximum, est négligée. En réalité, la courbe (fig. 6), redevient horizontale (tracé pointillé), mais ce fait est sans importance, car il ne se fait sentir que lorsque l'excentricité est déjà telle que la marche est devenue impossible.

La méthode de calcul ci-dessus permet, lors de l'étude, et avec un peu de pratique, d'éviter cet écueil.

L. Bergeron.

ESSAIS ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

DÉFINITION DES MODULES POUR LES CORPS TRÈS DÉFORMABLES

L'étude des propriétés magnétiques du fer a modifié de la façon la plus heureuse la mentalité des physiciens et des ingénieurs. Dans un cas où il est impossible de ne pas constater les phénomènes, elle a prouvé que les propriétés actuelles des solides dépendent, non seulement des valeurs actuelles des agents (ici champ magnétique et température), mais encore des valeurs antérieures de ces agents.

A la vérité, l'étude précise des thermomètres à mercure avait très antérieurement amené des remarques analogues. On sait que le zéro des thermomètres se déplace ; d'où la nécessité d'une technique particulière pour obtenir des mesures interprétables, malgré les déformations de l'enveloppe. Mais, outre qu'il s'agit là de quantités petites, leur importance paraissait plutôt théorique que pratique.

Certains phénomènes jouent le rôle de verre grossissant ; ils forcent à réfléchir sur la relativité des notions en apparence les plus sûres et à généraliser certaines définitions qui semblaient de tout repos. C'est précisément ce qui arrive aujourd'hui, par rapport à la théorie de l'élasticité, au caoutchouc, plus généralement aux matières très déformables. Leur importance industrielle, qui croît de jour en jour, ne permet plus au physicien, serait-il le plus théorique des savants, de se désintéresser de leurs propriétés. Le désir de définitions ayant un sens le contraint à regarder de près ce que tous les traités de physique théoriques ou industrielles répètent à qui mieux mieux.

J'ouvre l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. A l'article *Elasticité des solides* (vous lisez bien, *solides* et non *métaux*), je trouve :

Valeur du coefficient d'élasticité (en kilogrammes par millimètre carré).

Acier	écroui :	19 549	recuit :	19 561
Acier anglais.	—	18 809	—	17 278

Vous savez maintenant à quel point les expériences sont précises, par conséquent avec quelle rigueur les propriétés sont définies ; le vingt millième ne paraît pas exagéré aux auteurs de l'ouvrage.

Cependant un doute vous tracasse. Si les propriétés de l'acier anglais sont si bien définies que le 9 terminal soit nécessaire, comment se fait-il que le module de l'acier dur du Creusot (même table) soit 20 599 ? Entre ce chiffre et 18 809, la différence est 18 : 200, soit 9 %. Comment se fait-il que, la différence entre les modules de l'acier anglais (?!) écroui et du même acier recuit étant de 8 % environ, il ne soit pas indispensable de mieux définir ce qu'on entend par écrouissage et recuit ?

Et vous en arrivez à cette conviction que les propriétés d'un solide sont définies à chaque instant pour chaque échantillon, et qu'il est parfaitement absurde de déterminer de soi-disant paramètres valables pour tous les solides *de même nom*. Vous dites que la proposition n'est pas neuve. Vous avez raison : la

Digitized by Google

proposition n'est pas neuve..., mais tout le monde procède *actuellement encore* comme si elle était à découvrir.

Je n'en veux pour preuve que le récent fascicule des constantes qu'en ce moment tous les corps savants du monde se cotisent intellectuellement pour publier.

Mais je vous le démontre par la définition même du module.

Vous allez dire que je choisis, pour le besoin de ma cause, une définition mauvaise. Je la prends dans le même *Annuaire*, sous la signature de feu Cornu, professeur à l'Ecole Polytechnique qui dressa la table incriminée; ce qui est d'autant plus curieux qu'il avait mesuré sinon des modules d'Young, du moins des coefficients de Poisson.

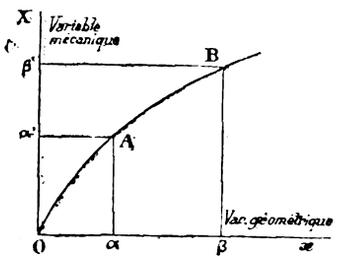


Fig. 1. — Courbe de déformation.

« On nomme communément coefficient d'élasticité, le poids, exprimé en kilogrammes qui doublerait la longueur d'une tige prismatique ayant un millimètre carré de section, si la proportionnalité de l'allongement à la tension, exacte pour les tensions faibles, se prolongeait indéfiniment.

« Lorsqu'on dépasse une certaine charge par unité de section, la tige subit un allongement permanent et ne revient plus à sa longueur primitive: le coefficient d'élasticité est alors plus ou moins modifié. »

Je rappelle qu'il s'agit des solides sans autre spécification.

Traduisons cette définition en style précis.

Je soumets une barre à des charges qui croissent suivant une certaine loi par rapport au temps; je porte en abscisses les allongements (variable géométrique), en ordonnées les tensions totales (variable mécanique). Je détermine ainsi une certaine courbe, qui est *la courbe d'essai à la traction*, dans les conditions posées (fig. 1).

La définition classique revient à dire que le module d'Young est mesuré par le coefficient angulaire de cette courbe à l'origine O, par l'inclinaison de la tangente au départ, pour de faibles charges.

Mais alors qui m'empêche de considérer, non seulement le module au point O, mais le module en un point quelconque de la courbe de traction, au point A par exemple? La tangente n'ayant pas une inclinaison invariable, je définirai à une infinité de modules variant d'une manière continue.

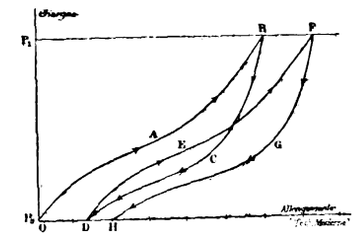


Fig. 2. — Cycles d'allongement d'une corde de caoutchouc.

Je n'en ai pas le droit, dites-vous, parce qu'il s'agit au point A d'une *déformation permanente*. Qu'en savez-vous, sinon parce que vous postulez que toute courbure de la courbe de traction correspond à une déformation permanente? Ce qui est un cercle vicieux caractérisé.

Vous demandez que moi-même j'apporte la preuve du contraire. Elle est facile et nous conduit à la définition « rationnelle » du module, la seule du reste qui ait un sens, ce qui légitime à suffisance l'épithète que je lui accole.

Je pose que toute déformation vraiment *élastique* correspond à des opérations réversibles. En effet, si la courbe OAB (fig. 1) correspond à des phénomènes *proprement élastiques*, vous pouvez la parcourir dans les deux sens: après l'avoir décrite par charges croissantes, vous pourrez la décrire par charges décroissantes; *vous repasserez exactement par les mêmes points.*

Il revient au même de dire que le parcours aller et retour, entre les mêmes charges, correspond à un travail nul. En effet, le travail est généralement mesuré par l'aire que limite la courbe; si la courbe de retour se superpose à la courbe d'aller, le travail est évidemment nul.

D'une manière générale, les courbes d'aller et de retour sont très différentes. La figure 2 représente la courbe de traction d'un fil de caoutchouc chargé puis déchargé; on a recommencé l'expérience deux fois de suite.

Le module d'Young devant, *par hypothèse*, représenter un paramètre caractéristique des phénomènes *actuels* proprement élastiques, et ces phénomènes étant, *également par hypothèse*, caractérisés par la superposition des courbes d'aller et de retour, nous n'avons pas le droit de considérer l'inclinaison de la tangente en un point quelconque, B par exemple, comme caractéristique du module. Les tangentes d'aller et de retour en B sont très différentes; en B d'après la figure, le module défini par la tangente de retour serait plus que double du module défini par la courbe d'aller.

Mais voici qui change complètement la question. A partir d'un point A quelconque de la courbe, correspondant à la charge P, produisons de petites variations de charge entre les charges $P - \Delta P$ et $P + \Delta P$. Nous décrirons successivement de petites courbes aller et retour, *quasi rectilignes et dont l'inclinaison tend vers la même limite* : nous fixons un petit parcours entre les horizontales $P - \Delta P$ et $P + \Delta P$. Si l'opération est répétée un grand nombre de fois, nous parvenons à décrire deux petites droites qui se superposent exactement, dont le milieu correspond à la charge P et à la longueur L, et dont l'inclinaison représente le module d'Young pour le point du plan de coordonnées P, L.

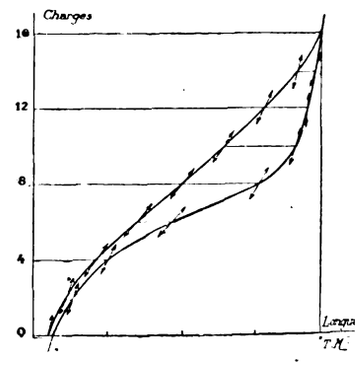


Fig. 3. — Petits cycles fixés définissant le module.

Avec le même fil, de même longueur (même individu), il est possible de parvenir, non pas en tous les points du plan (P, L), mais en tous les points d'une aire notable de ce plan: c'est ce que montre la figure 2. Il nous est donc possible de définir les modules en tous ces points: il faut déterminer l'inclinaison d'un petit parcours pratiquement formé de deux droites superposées: elle mesure le module d'Young (à un facteur près caractéristique de l'individu considéré et contenant l'aire de la section droite et la longueur).

Cette définition comprend la définition classique comme cas particulier, avec cet avantage de dire dans quel cas cette dernière est légitime. Pour savoir si, oui ou non, des déformations sont *proprement élastiques*, il faut que l'on obtienne le même résultat en chargeant et en déchargeant la barre. L'expérience montre en effet que ce n'est pas une condition suffisante que d'opérer à faible charge pour obtenir l'inclinaison caractéristique définissant le module; il faut tenir compte des parcours antérieurs, ou plutôt en éliminer l'effet par la répétition d'un petit cycle à faible charge.

Avant d'aller plus loin, que le lecteur examine la figure 3; elle montre à quel point l'inclinaison des petits cycles *fixés* peut différer de l'inclinaison d'une courbe étendue passant par leur milieu. Il ne s'agit pas ici de grattages de décimales; la grandeur du rapport des inclinaisons peut être de l'ordre de plusieurs unités.

Ces notions sont d'une nécessité moins apparente pour les métaux que pour le caoutchouc; en ce sens, j'ai pu dire que le

Digitized by Google

caoutchouc, exagérant les phénomènes, nous contraignait à les voir. Cependant, c'est l'étude de la torsion des fils de platine qui m'a conduit à cet ensemble de définitions ; pour presque nécessaire qu'il apparaisse, il n'avait jamais été proposé. Il est curieux que nombre d'expérimentateurs français et étrangers soient passés à côté sans le voir.

On constate même, pour le module de torsion des métaux, un singulier résultat : la quasi identité de ce module en tous les points accessibles du plan torsion-couple. Tandis qu'à leur passage à travers les couples voisins de zéro, on peut donner aux courbes de torsions *étendues* des inclinaisons très différentes, l'inclinaison caractéristique des petits cycles est à peu près indépendante de la valeur du couple moyen.

Je n'insiste pas sur les conséquences curieuses de ce résultat.

Les phénomènes d'allongement se prêtent mal à des vérifications de cet ordre avec les métaux; mais on peut opérer sur la flexion qui met en jeu le module d'Young.

« Voilà qui est bien, pense le lecteur. Mais nous sommes des techniciens; que nous importent des expériences de réalisation délicate! Qu'on nous montre l'intérêt pratique de ces belles considérations! »

C'est précisément ce que je vais faire.

La caractéristique des matières hétérogènes comme le caoutchouc, est le *vieillissement*, c'est-à-dire la transformation progressive d'un mélange qui supporte, au début, des allongements de 7 ou 8 fois la longueur initiale (je parle de caoutchouc non surchargé de matières étrangères, ce que les marchands vendent sous le nom de « bonne feuille anglaise ») en une matière cassante, ne supportant sans se briser que des allongements d'une fraction de sa longueur, ou se réduisant automatiquement en fragments. Ce vieillissement, œuvre nécessaire du temps, peut être arrêté ou accéléré de bien des manières. Un de mes collègues suspend les poires de caoutchouc de ses appareils photographiques à une porte qu'on ouvre fréquemment; les ébranlements corrélatifs du mouvement de va-et-vient répétés plusieurs fois par jour maintiennent le caoutchouc en forme excellente : je vous livre la recette sans en avoir expérimenté l'efficacité. Le fait est que l'hygiène la plus fâcheuse pour le caoutchouc est le repos.

Il y a donc intérêt à combiner des mélanges qui ne vieillissent pas, ou vieillissent lentement, par suite à combiner des méthodes d'essai *qui, sans intervenir trop brutalement sur le vieillissement*, permettent d'en constater les progrès.

Or, l'expérience prouve qu'une des caractéristiques du vieillissement est le durcissement de la matière, l'augmentation de son module d'Young. On a laissé du caoutchouc parfaitement souple (de petit module); on retrouve au bout de six mois une matière pétrifiée (de très grand module).

Ici se présente une objection qui mérite une seconde d'attention.

Un essai, quel qu'il soit, ne sera jamais caractéristique que d'une propriété particulière, dans des conditions déterminées. Si toutes les propriétés de la matière ne dépendaient que d'un paramètre, la détermination de ce paramètre suffirait pour caractériser entièrement la matière. Est-il nécessaire de répéter que la matière est définie non par un, ni par plusieurs paramètres, mais par des équations différentielles (du reste inconnues) où entrent plusieurs paramètres.

La détermination du module comme caractéristique du vieillissement ne peut donner tous les renseignements désirables; mais elle mesure une des propriétés liées au vieillissement, dans des conditions qui ne modifient pas trop complètement son allure.

Bien entendu, le vieillissement est une des propriétés à étudier; beaucoup d'autres intéressent l'industriel. La faculté d'absorption des caoutchoucs pour les hydrocarbures, les modifications par la chaleur (j'ai fait cet été 600 km en automobile avec une température de 45° à l'ombre; les enveloppes auraient durci des œufs par simple contact),... pourraient aussi bien me servir d'exemples.

Le problème est donc ramené au suivant : comment déterminer simplement les modules dans des conditions où les expériences puissent être répétées pendant des mois.

Voici, schématisé et légèrement modifié pour le rendre moins encombrant, le dispositif qui m'a servi dans des expériences publiées en 1904.

Un oscillateur est formé de deux masses lourdes SS, portées par un tube d'acier que traverse en son milieu une plaque de laiton P. Dans cette plaque, est monté normalement le couteau dont l'arête horizontale sert d'axe de rotation ; seules sont utilisées les extrémités de l'arête; elles reposent sur deux plaques d'acier D, dans lesquelles sont creusés des sillons sur le prolongement l'un de l'autre. Entre ces plaques, se trouve un vide où passe librement la plaque P et le tube d'acier.

La figure montre en A des aimants verticaux qui, pendant l'oscillation, pénétreront librement dans les solénoïdes B; en T, une tige assez longue qui porte à son extrémité, monté sur un bras horizontal, un léger pont conducteur *ff*; enfin en *pp* une pince qui peut serrer la corde ou la lame de caoutchouc en expérience.

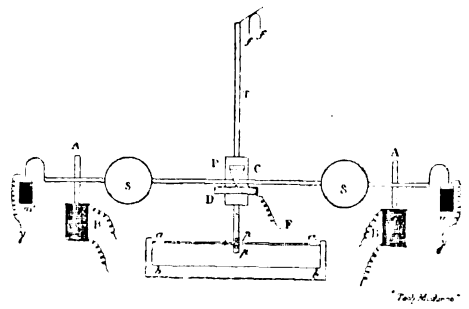


Fig. 4. — Oscillateur pour mesurer les modules.

Cette corde *aa* est représentée fixée par ses extrémités à une pièce métallique rigide *bb*. Supposons-la d'abord enlevée ; un déplacement de contrepoids (non représentés) permet de donner à l'oscillation une période T_0 grande, ou dans l'unité de temps un nombre N_0 d'oscillations petit. Installons horizontalement la corde, de manière que, dans la position d'équilibre, la pince *pp* la serre en son milieu. Soit alors T_1 la durée d'oscillation, N_1 le nombre d'oscillations dans l'unité de temps. Nous ne nous attarderons pas à démontrer que le module d'Young E de la corde expérimentée est proportionnel à $N_1^2 - N_0^2$:

$$E = k\,(N_1^2 - N_0^2).$$

Toute modification du module entraîne une modification de N_1.

On doit prendre assez grand le moment d'inertie de l'oscillateur pour que T_1 soit de l'ordre de quelques secondes. La mesure de T_1 s'effectue en déterminant au dixième de seconde, avec un compte seconde, la durée de 100 oscillations.

L'appareil peut servir pour toute une série de cordes, puisque, l'essai effectué, il suffit de desserrer la pince *pp* et de ranger la corde avec son support dans un lieu à température constante. L'appareil est prêt à fonctionner pour une autre corde inégalement tendue, ou ayant subi des actions diversement modifiées. Au bout d'un certain temps (jours ou mois), on peut reprendre la première.

L'appareil original permettait d'obtenir des variations systématiques de longueur pour la même corde (1).

Mais tel que, cet appareil est inutilisable parce que les oscillations s'amortissent très vite : il faut les entretenir. Je n'exposerai pas ici la théorie de l'entretien correct d'une oscillation pendulaire; elle est connue depuis Poisson; elle est exposée, par exemple, dans mon *Cours de mécanique rationnelle et expéri-*

(1) On en trouvera la description détaillée dans les *Annales de la Faculté de Toulouse* pour 1904.

Digitized by Google

mentale. Le résultat, très simple, est que des chocs au passage par la position d'équilibre, ou symétriquement distribués par rapport à cette position, ne modifient pas la durée d'oscillation.

Au voisinage de leur passage par la position d'équilibre, les extrémités des fils *ff* du pont conducteur, qui décrivent quasiment deux horizontales, pénètrent latéralement dans le mercure contenu dans deux nacelles de porcelaine (non représentées). Ces nacelles sont remplies de manière que la surface libre du mercure se trouve au-dessus du plan horizontal déterminé par leurs bords. Le pont *ff* ferme ainsi le circuit des bobines B et d'une pile, symétriquement par rapport à la position d'équilibre. D'où une attraction sur les aimants et une impulsion sur l'oscillateur.

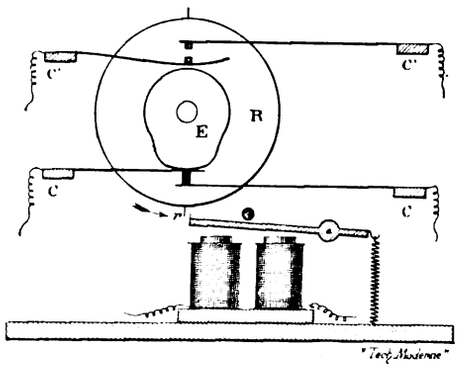


FIG. 5. — Inverseur de courant.

Mais on voit immédiatement que l'impulsion favorable au mouvement pour le passage dans un sens, lui devient défavorable pour le passage suivant : d'où la nécessité d'intervertir les connexions du circuit pile-pont-bobines à chaque demi-oscillation, après le passage par la position d'équilibre.

Pour obtenir ce résultat, on peut utiliser plusieurs dispositifs qui sont excellents.

Voici le premier : un mouvement d'horlogerie fait tourner une roue R (fig. 5) qui porte sur sa jante deux prolongements radiaux *r*. L'un d'eux bute contre l'armature d'un électro qui est dans le circuit des bobines B de la figure 4. Le passage du courant libère le prolongement en butée; la roue tourne d'un demi-tour, puis est à nouveau calée par la butée du prolongement *r'*, et ainsi de suite. L'arbre de la roue R porte deux excentriques (la figure n'en représente qu'un) qui, suivant leur position, ferment l'un des circuits CC, C'C'. La rotation d'un demi-tour du système permet donc d'intervertir les connexions du circuit des bobines avec les pôles de la pile.

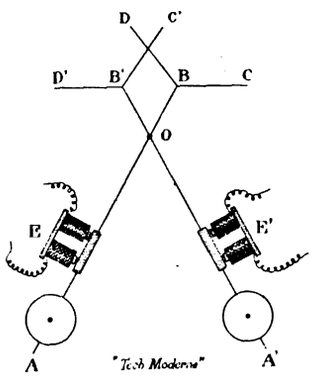


FIG. 6. — Autre inverseur de courant.

Pourvu que la période T_1 de l'oscillation soit assez grande par rapport à la durée du contact du pont *ff* avec les mercures, et en choisissant convenablement le profil des excentriques et la force du mouvement d'horlogerie, on arrive aisément à ce que le circuit fermé ne soit ouvert qu'après la rupture du contact au pont *ff*, et à ce que le circuit ouvert soit fermé avant le contact suivant.

L'autre dispositif (qui peut être varié de bien des manières) utilise les circuits Fγ, F'γ', de la figure 4 : l'un est fermé quand l'oscillateur a dépassé sa position d'équilibre dans un sens, l'autre est fermé quand l'oscillateur a dépassé sa position d'équilibre dans le sens opposé.

La figure 6 représente schématiquement l'interversion des connexions. Un pendule AOBCD, qui tourne autour de l'axe O, est maintenu hors de sa position d'équilibre par l'un des électros E et E' dont les circuits (indépendants ou non) sont toujours fermés, sauf quand les contacts *m* ou *m'* de la figure 4 sont établis.

Court-circuitons l'électro E : le pendule est lâché; il fait une demi-oscillation et se raccroche contre E'. Court-circuitons l'électro E'; même opération en sens contraire. Si nous court-circuitons l'un des électros plusieurs fois de suite, il n'en résulte évidemment rien. Les courts-circuits sont obtenus au moyen des circuits de faible résistance Fγ ou F'γ'.

Il suffit maintenant de lier à la partie supérieure du pendule un double bras BC, BD, portant des ponts de cuivre qui plongent dans des godets à mercure, pour obtenir le changement des connexions.

S'il y a un raté, les deux dispositifs invertissent le sens des connexions (ce qui arrête l'oscillation) ou cessent eux-mêmes de fonctionner. Mais l'expérience prouve qu'on obtient aisément des dizaines de milliers d'interversions sans raté. Le deuxième appareil fonctionne, sans qu'on ait besoin de s'en occuper, pendant des semaines au besoin.

On comprend maintenant les avantages de la méthode.

Par lui-même l'essai n'entraîne qu'une modification petite de la matière à essayer; il ne modifie pas outre mesure le phénomène qu'on étudie (vieillissement, par exemple). Il s'applique également bien à des cordes, à des lames, à des feuilles : c'est une simple modification des pinces *pp* à réaliser (fig. 4), pinces qui du reste travaillent peu puisqu'elles n'ont jamais à équilibrer que la différence des tensions sur les moitiés de la pièce.

La matière peut être indéfiniment maintenue sous une tension quelconque. Elle peut être facilement immergée dans des bains d'eau (pour opérer à des températures autres que la température ordinaire) ou dans des bains de liquides qu'elle absorbe (hydrocarbures, par exemple).

Avantage que, physicien, je place au-dessus des autres, *cette méthode d'essai est scientifique : ses résultats signifient quelque chose*. Elle habitue forcément à cette idée, qui est celle même sur laquelle je veux par cet article attirer l'attention, qu'il existe une infinité de modules pour chaque individu, loin qu'il soit légitime d'accoler le même paramètre, avec cinq chiffres significatifs, à tous les solides de même nom.

Mais, au fait, a-t-on le droit de parler du module d'un tube de caoutchouc? Ce module intervient-il directement dans l'expérience?

Evidemment non. Ce que l'expérience mesure, est précisément ce que nous avons défini : l'inclinaison limite des petits cycles de déformation dans le plan *tensions-allongements*. Il y entre, non le module d'Young explicitement, mais le produit de ce module par l'aire de la section droite actuelle divisé par la longueur actuelle.

Evidemment, si la matière était homogène, il serait intéressant de diviser la force et ses variations par cette aire et d'expliciter le module; mais un tube de caoutchouc, une lame, une feuille..., ne sont pas des corps homogènes. Il suffit pour s'en convaincre de couper le corps et de regarder la section obtenue.

Et l'on est ramené par une autre voie à la nécessité d'étudier, non la matière, mais l'individu.

Cette conclusion semble destructive de toute science générale pour ceux qui ont le préjugé des constantes. Pour les autres, elle amène simplement à conclure que *les relations entre les divers phénomènes doivent être établis sur le même échantillon*, l'expérience montre qu'*à la grandeur près*, les mêmes lois générales s'appliquent à tous.

H. BOUASSE,
Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

Digitized by Google

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LA PARTICIPATION AUX BÉNÉFICES

SES MÉTHODES PRATIQUES DANS L'INDUSTRIE MODERNE

La participation aux bénéfices est un des procédés les plus discutés à l'heure actuelle : les uns y voient la solution des conflits du capital et du travail; les autres la considèrent comme dangereuse par les contestations qu'elle risque de soulever et par les déceptions qu'elle peut ménager, soit aux ouvriers qui escomptaient des allocations plus élevées, soit aux chefs d'entreprise qui se flattaient de conquérir par des sacrifices volontaires la gratitude et, par suite, la sympathie de leur personnel.

Ces jugements extrêmes sont le résultat de méprises, tant sur la nature du procédé que sur les effets dont il est susceptible.

D'une part, le système de la participation aux bénéfices exclut l'ouvrier de toute participation aux pertes : il ne doit donc pas être confondu avec l'accession à la propriété, et les combinaisons qu'il admet sont essentiellement distinctes de celles que comporte le système des actions de travail. D'autre part, il suffit de constater la multiplicité et la gravité des sophismes d'ordre économique et social qui ont conquis droit de cité dans les classes élevées de la population pour comprendre et excuser les illusions et les erreurs de la classe ouvrière : de ce nombre, est l'exagération commise dans l'évaluation des profits que les chefs d'entreprise sont présumés obtenir; or, cette exagération crée, en matière de participation aux bénéfices, un double péril, parce qu'elle fait concevoir des espérances chimériques, génératrices de déceptions, et qu'elle incite les ouvriers à combattre toutes les mesures, telles que constitution de réserves ou exécution de travaux préparatoires, susceptibles de réduire les profits immédiats.

Entre ces opinions divergentes, se place une appréciation pondérée qui, sans tenir la participation pour une panacée, la classe au nombre des moyens qui contribuent à la paix sociale. Les avocats de cette thèse, qui présente, au point de vue du raisonnement, le mérite de la modération, peuvent invoquer, dans le domaine des faits, l'attachement de certaines entreprises à ce système; ils sont également en droit de ne pas s'effrayer de certains échecs qui sont, à leurs yeux, l'inévitable rançon de victoires subordonnées à la confiance mutuelle des patrons et des ouvriers.

Il est donc nécessaire :

1° De distinguer essentiellement la participation aux bénéfices de l'accession à la propriété;

2° De signaler les méthodes adoptées dans les entreprises où la participation est pratiquée avec succès et, dans ce but, de s'éclairer soit des exemples français soit, en leur absence, des exemples étrangers.

Telle est la genèse du présent article, nous réservant de traiter dans une étude distincte la question des actions de travail. Tel en est l'objet qui doit se réaliser par l'examen successif de la base, du taux, de l'emploi, de la gestion et des résultats de la participation aux bénéfices.

La documentation la plus complète et la plus récente est, d'ailleurs, fournie par les remarquables travaux(1) de M. Albert Trombert, secrétaire du Conseil d'administration de la « Société pour l'étude pratique de la participation du personnel dans les bénéfices », dont l'infatigable dévouement, le zèle éclairé et le labeur discret ont été reconnus en 1911 par l'une des plus hautes distinctions de l'Académie des Sciences morales et politiques, le prix Corbay.

1° Base de la participation. — La base de la répartition des sommes prélevées sur les bénéfices au profit des ouvriers est en général le salaire : ce choix résulte de la présomption que l'importance du salaire est le critérium normal de la mesure dans laquelle l'ouvrier a contribué à la production. Toutefois, ce critérium n'est pas le seul : d'autres éléments peuvent être admis comme base, soit à titre exclusif, soit en combinaison avec le salaire. Ces éléments sont l'ancienneté, l'importance ou la valeur des services ou des fonctions, la production individuelle, les actes de prévoyance, la situation de famille; enfin, quelquefois, la répartition est effectuée par tête ou même sans aucune base, c'est-à-dire au gré exclusif de l'employeur. De là, les applications suivantes :

a) Répartition proportionnelle *au salaire* : c'est le cas général : il est représenté dans des fonderies, des constructions mécaniques (Caillard et Cie au Havre, Piat à Soissons, etc.), des imprimeries (Chaix, Mame, etc.), des banques, des entreprises de transport, des fabriques de produits chimiques, etc.

b) Répartition proportionnelle *à l'ancienneté* : par exemple, dans la fonderie de bronze Muller et Roger, à Paris.

c) Répartition proportionnelle *au salaire et à l'ancienneté* : par exemple, dans la fabrique de cartonnages Bergeron, à Paris; dans celle d'instruments de précision Breguet, à Paris; à la Compagnie du canal de Suez; dans la fonderie de caractères Deberny et Cie, à Paris.

d) Répartition proportionnelle *au salaire et à l'importance ou la valeur des services ou des fonctions* : par exemple, dans l'entreprise de matériaux de construction Fouquet à Caen.

e) Répartition proportionnelle *à l'ancienneté et à l'importance ou la valeur des services ou des fonctions* : par exemple aux mines de Carvin et dans la filature Fauquet aux Câbles-Perruel (Eure).

f) Répartition proportionnelle *au salaire, à l'ancienneté et à l'importance ou la valeur des services ou des fonctions* : par exemple, dans l'entreprise de vente de combustibles Bernot frères, à Paris; dans celle de couverture et plomberie Boissière, à Rouen; à la Compagnie d'assurances la Nationale.

g) Répartition proportionnelle *au salaire et à la production individuelle* : par exemple, dans les ateliers de construction Storck frères, à Hengelo (Hollande).

h) Répartition réglée d'*après les actes de prévoyance* que l'ouvrier a spontanément accomplis : tel est le cas où la part distribuée est fixée d'après le chiffre des versements effectués par les intéressés dans une caisse d'épargne : par exemple, dans la papeterie Laroche-Joubert, à Angoulême; dans la Caisse d'épargne et de prévoyance de Paris.

i) Répartition variant avec *la situation de famille* : par exemple, dans le domaine de Komoroven (Prusse), où la part des célibataires n'est que la moitié de celle des ouvriers mariés.

j) Répartition *par tête* : tel est le cas dans les chemins de fer de l'État danois, dans l'imprimerie Metcalfe et Cooper de Londres.

**

(1) Voir notamment : *La participation aux bénéfices. Exposé des différentes méthodes adoptées pouvant servir de Guide pratique pour l'application du régime*, 1912. — *La participation aux bénéfices. Etude d'ensemble d'après l'état actuel des applications du régime présentée au premier Congrès national de la participation aux bénéfices.* (*Bordeaux*, 23-24 novembre 1912) (*Bulletin de la participation aux bénéfices*, 1912, p. 138 et suiv.)

Digitized by Google

b) Répartition subordonnée *à l'appréciation patronale* : tel est le cas dans la Société d'électricité Siemens et Schuckert, de Nuremberg et Berlin, dans la fabrique de papier Tonnellier à la Flèche.

2° Taux de la participation. — Deux systèmes sont adoptés pour définir le montant des allocations concédées au personnel sur les bénéfices de chaque année : dans l'un, ce montant est calculé d'après un taux fixé et annoncé d'avance au prorata des bénéfices; dans l'autre, il est déterminé au gré du chef d'entreprise, soit selon une règle que le patron tient secrète, soit en l'absence de tout règlement précis. Le premier système est celui de la « participation *avec* quantum déterminé »; le second est celui de la « participation *sans* quantum déterminé ».

A) *Participation avec quantum déterminé.* — Dans ce système, la participation est, à un certain degré, l'expression d'un contrat tout au moins annuel. Le régime comporte, d'ailleurs, diverses variantes selon le critérium admis pour caractériser le bénéfice.

a) En général, la part est calculée en pour cent des bénéfices nets : tel est le cas des entreprises Leclaire (50 %), Laroche-Joubert (50 %), Godin (où la répartition s'effectue à raison de 75 % des bénéfices au marc le franc entre le total des intérêts et celui des salaires); mais ces taux sont exceptionnels : ils s'expliquent par l'absence d'enfants dans les familles Leclaire et Godin et par la générosité héréditaire de la famille Laroche-Joubert. En dehors de ces exceptions, les taux les plus fréquemment appliqués sont ceux de 5 % (imprimerie Cassel, à Londres; Société d'éclairage du Mans; mines de Carvin; Compagnies françaises d'assurances), 15 % (imprimerie Chaix, à Paris) et surtout 10 % (entreprise de couverture et plomberie Thuillier, à Paris; filature Steinheil et Dieterlen, à Rothau, en Alsace); dans les exploitations agricoles, le taux varie de 10 à 50 %.

b) Les salaires remplacent parfois les bénéfices nets comme base du taux : ainsi la part allouée représente 10 % des salaires dans l'imprimerie Mame, à Tours, et dans la Société des chemins de fer économiques, et 20 % dans la Société électrique de la place Clichy, à Paris : le taux de 10 % semble le plus fréquemment adopté.

c) La part peut être calculée en pour cent du montant des ventes ou du produit brut (0,3 % des ventes à la librairie Masson, de Paris; d'après une échelle basée sur le prix du gaz, à la South Metropolitan Gas Company, de Londres; 1 % des affaires brutes à l'imprimerie Buttner-Thierry, de Paris, et à l'imprimerie du Journal de Rouen).

d) La part peut être fixée d'après les réductions obtenues, grâce à un travail soigné, sur des frais de main-d'œuvre déterminés au préalable (85 % dans l'entreprise de construction de grosse chaudronnerie Joya à Grenoble; 40 % dans la carrière des Maréchaux (Seine-et-Oise).

e) La part est quelquefois déterminée suivant des formules plus complexes et plus ingénieuses : tantôt le salaire reçoit un tantième égal au taux du dividende attribué aux actionnaires (Compagnie Edison d'éclairage de Brooklyn-New-York); tantôt, après prélèvement soit de l'intérêt du capital (Clarke et autres, confiseurs à Londres), soit d'un dividende minimum (mines de Blanzy), le bénéfice est divisé également entre les actionnaires et le personnel; tantôt la part allouée au personnel est basée sur le dividende attribué aux actionnaires et sur l'ancienneté des employés (fabrique de machines de Halle; Société de l'industrie des ressorts en acier, de Cassel); tantôt le bénéfice est partagé entre le capital et le travail proportionnellement au montant du capital et au total des salaires (fonderie de caractères Deberny et Cie, à Paris).

B) *Participation sans quantum déterminé.* — Dans ce système, la participation équivaut à une subvention patronale : celle-ci est définie par des règles précises, mais ignorées du personnel (fabrique de cartonnages Bergeron, à Paris; entreprise de construction Caillard et Cie, au Havre; imprimerie Gounouilhou, à Bordeaux; fonderie Piat, à Soissons; fonderie de bronze Muller et Roger, à Paris).

3° Emploi de la participation. — Les sommes octroyées au personnel peuvent lui être distribuées suivant deux systèmes : dans l'un, elles sont allouées individuellement aux intéressés; dans l'autre, elles sont allouées à la collectivité des intéressés; la participation est dite individuelle dans le premier cas, collective dans le second.

A) *Participation individuelle.* — Dans ce système, chacun des intéressés profite à titre personnel d'une part des bénéfices; mais cet avantage est tantôt immédiat, tantôt différé, tantôt converti en accession à la propriété de l'entreprise.

a) D'après le premier mode, l'intéressé reçoit à la fin de l'exercice une somme payée comptant qui représente sa part de bénéfice : le patron est de la sorte affranchi de tout souci de gestion. Les motifs qui déterminent l'adoption de ce régime sont au nombre de deux : tantôt le chef d'entreprise cherche dans la participation surtout un moyen d'inciter les ouvriers au travail et d'accroître la production; tantôt il estime qu'il appartient aux ouvriers de pourvoir eux-mêmes à la sauvegarde de leur propre avenir et qu'il suffit de leur remettre, dès qu'ils l'ont méritée par un supplément d'activité, la part de bénéfices qui a été stipulée en leur faveur et dont ils doivent disposer librement comme du salaire proprement dit : la première conception est fréquente aux États-Unis et en Angleterre; la seconde est répandue en France. On invoque à l'appui de ce régime l'exemple de la papeterie coopérative d'Angoulême, où les intéressés ont spontanément converti une fraction importante de leurs parts en dépôts ou en actions; on allègue de même l'heureuse influence matérielle et morale exercée sur des travailleurs besogneux par la distribution immédiate de ressources susceptibles d'améliorer leur état de vie.

Le nombre des exemples d'application de ce système est très considérable : leur énumération n'occupe pas moins de quatre pages dans le Guide précité de M. Trombert. Pour ne citer que des types connus et déjà mentionnés à d'autres titres, on doit indiquer les entreprises Bernot, Bréguet, Brière (Journal de Rouen), chemins de fer de l'État danois, la Nationale (Cie d'assurances), les mines de Blanzy, la confiserie Clarke, le domaine de Komoroven, les entreprises Joya, Leclaire, Siemens et Schuckert, la Société du secteur de la place Clichy, la Société des ressorts en acier de Cassel, Steinheil et Dieterlen, Storck, Tonnellier.

Le système présente toutefois l'inconvénient de n'améliorer, en général, que la situation actuelle, si, consommées pour les besoins immédiats, les allocations distribuées ne subissent, par l'initiative de l'ouvrier, aucun prélèvement affecté à la prévoyance.

b) D'après le deuxième mode, la part de l'intéressé est réservée pour l'avenir. Le but peut être atteint sous des formes diverses.

1° Une première forme est celle de la *capitalisation sur livret individuel*; le montant attribué au participant en fin d'exercice est inscrit à un compte qui lui est ouvert, et il est bonifié ultérieurement de ses intérêts; un livret qui est remis à l'intéressé reçoit l'inscription des sommes successives dont se forme l'épargne du titulaire : ce dernier peut donc en suivre la constitution progressive. Lorsqu'il a atteint l'âge ou la durée de service requise, il peut jouir du produit capitalisé des parts annuelles successives et de leurs intérêts; puis, selon les entreprises, tantôt il peut faire de ce produit l'usage qui lui convient, tantôt il doit opter entre l'acquisition de valeurs mobilières d'une grande sécurité, en titres nominatifs et inaliénables, et

Digitized by Google

la jouissance d'une rente viagère à capital aliéné ou réservé; la préférence pour le capital réservé s'affirme chez ceux qui ont des héritiers directs. En un mot, quel que soit l'emploi des sommes réunies, le livret individuel reçoit la capitalisation des parts successives et de leurs intérêts pour constituer un patrimoine au profit du participant. Il convient donc de distinguer essentiellement ce livret individuel de celui de la Caisse nationale des retraites, qui porte la trace des valeurs successives acquises aux diverses époques par la retraite à laquelle le titulaire a droit. — La rente viagère offre sur l'acquisition de valeurs mobilières l'avantage de fournir un revenu suffisamment élevé à l'aide de ressources qui seraient trop modiques pour se prêter à la constitution d'un patrimoine de quelque importance. Mais elle n'a pas, comme le revenu de ces valeurs, un caractère de perpétuité, puisqu'elle disparaît à la mort du bénéficiaire; de plus, si elle est subordonnée, pour son entrée en jouissance, à la révolution d'un âge déterminé ou à l'accomplissement d'une durée de service minimum, elle ne pourvoit pas aux besoins du participant frappé d'invalidité prématurée; il faut, d'ailleurs, que le capital de la rente soit réservé pour qu'au décès de son chef, la famille ouvrière ne soit pas dénuée de tout avantage issu de la participation aux bénéfices. — La capitalisation du livret individuel est appliquée par les Compagnies françaises d'assurances et notamment par la Compagnie d'Assurances générales dont M. de Courcy, ardent propagandiste du système, était administrateur, par la Compagnie de Fives-Lille et par les houillères d'Epinac.

Toutefois, l'absence complète de distribution immédiate risque de masquer aux intéressés le résultat de la participation et de leur inspirer la crainte que le chef d'entreprise ne trouve, dans la prévoyance, un moyen de river à son service le travailleur désireux de ne point perdre la jouissance des sommes qui lui ont été attribuées. De là l'opportunité d'une distribution immédiate d'une fraction de la part annuelle, dans le cas d'une population ouvrière, soit ignorante des bienfaits de la prévoyance, soit insouciante de l'avenir, soit naturellement portée à la défiance. Le système peut être, d'ailleurs, modifié avec le temps : lorsque la diffusion des notions de prévoyance a été réalisée par les progrès de l'éducation ouvrière, lorsque le désir de la satisfaction des besoins actuels a été tempéré par des préoccupations à longue échéance, lorsque la distribution régulière de sommes fournies par la participation aux bénéfices a matérialisé les bienfaits du régime et a, de la sorte, inspiré confiance aux intéressés, il est possible de supprimer l'allocation immédiate d'une fraction de la part annuelle et d'en affecter l'intégralité à la prévoyance. C'est ainsi qu'après avoir, durant vingt-trois années, payé comptant le tiers de la somme annuelle issue de la participation, l'imprimerie Chaix, avec le consentement de son personnel, verse l'intégralité de cette somme à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse en vue de la constitution à capital réservé d'une rente viagère pour l'âge de cinquante-cinq ans. Par contre, la pratique simultanée d'un versement immédiat et d'une attribution à l'œuvre de prévoyance est appliquée dans l'imprimerie Mame, de Tours, et la fonderie Piat, de Soissons.

Enfin, lors de l'échéance à laquelle le bénéfice de la prévoyance est exigible, l'option entre le placement en valeurs mobilières et la jouissance d'une rente viagère peut être remplacée par la libre disposition de la somme fournie par la prévoyance, somme qui est remise au titulaire en espèces : tel est le système appliqué par la papeterie Laroche-Joubert, à Angoulême, et par la librairie Masson, à Paris.

2° Une deuxième forme est celle de la *constitution de rentes viagères* : ce système est pratiqué par la Société des chemins de fer économiques et l'imprimerie Gounouilhou, de Bordeaux. — Dans celle-ci, l'attribution immédiate d'un tiers en espèces a été supprimée depuis 1908, et l'intégralité de la part est versée à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse en vue de la constitution d'une rente viagère à cinquante-cinq ans : par ce caractère intégral du versement, l'imprimerie Gounouilhou se rapproche de l'imprimerie Chaix; mais elle s'en distingue tant pour le passé que pour le présent : d'une part, en effet, naguère, la fraction (2/3 dans chacune des deux imprimeries) non versée en espèces au personnel était, dans l'imprimerie Chaix, capitalisée suivant le premier mode (désignée plus haut sous le nom de livret individuel) et, dans l'imprimerie Gounouilhou, versée à la Caisse nationale des retraites; d'autre part, le versement effectué à cette dernière Caisse est fixé dans chacune de ces deux entreprises selon des règles différentes : dans l'imprimerie Chaix, il est déterminé au prorata des salaires, tandis que, dans l'imprimerie Gounouilhou, il est fixé eu égard à l'ancienneté du participant, et cela en commençant, chaque année, par les plus anciens qui n'ont pas atteint l'âge de cinquante-cinq ans et en attribuant à chacun d'eux, jusqu'à épuisement de la somme à répartir, le maximum admis par la loi pour le versement à la Caisse nationale des retraites. — Par contre, le régime d'un paiement partiel immédiat est en vigueur à la Compagnie du Canal de Suez et dans la maison Leclaire.

c) D'après le troisième mode, les parts de bénéfices sont affectées à l'acquisition de fractions de la propriété de l'entreprise. Les propagandistes de cette méthode invoquent en sa faveur le développement des liens qui attachent le travailleur à l'établissement, le stimulant qu'elle apporte à l'activité de chacun, la garantie qu'elle fournit de l'économie dans l'utilisation des matières premières. On lui reproche, par contre, d'exposer aux risques de l'industrie le produit de l'épargne ouvrière, et l'on cite les ravages matériels et moraux causés à la population laborieuse par les catastrophes économiques dont elle subit le contre-coup. Sans se dissimuler la gravité du péril, il convient, du moins, de distinguer entre le cas où l'épargne ouvrière dérive d'un prélèvement sur le salaire lui-même et celui où elle provient d'une rémunération additionnelle au salaire, telle que la part dans les bénéfices; le danger signalé est, sans aucun doute, moins grave dans le second cas que dans le premier.

L'application de la méthode comporte, d'ailleurs, deux variantes selon que l'acquisition de fractions de la propriété de l'entreprise est obligatoire ou facultative : la première variante est appliquée par le Familistère de Guise, par la South Metropolitan Gas Company, de Londres, par les mines de Carvin; la seconde est en vigueur à la papeterie Laroche-Joubert, à la Compagnie d'assurances le Phénix, à la Compagnie Edison d'éclairage de Brooklyn.

Quant à la participation au capital réalisée sans le concours d'une participation préalable dans les bénéfices, c'est intentionnellement que nous la passons sous silence dans la présente étude, pour le même motif que la question des actions du travail.

B) *Participation collective.* — Dans ce système, les ayants droit ne possèdent aucun compte individuel qui corresponde à la formation d'un patrimoine personnel : le produit de la participation générale des ouvriers ou employés dans les bénéfices est affecté à l'alimentation d'un fonds collectif de secours et de prévoyance. Le caractère du patronage est le propre de cette formule; il se traduit par la création d'institutions patronales, telles que caisses d'assurances et habitations à bon marché. Ce système a été recommandé et appliqué par MM. Jean Dollfus et Frédéric Engel-Dollfus : celui-ci évaluait à 10 % des salaires le taux que devait atteindre la participation collective pour être efficace, et il distribuait cette somme entre les diverses œuvres selon l'échelle suivante : 1 % aux œuvres en faveur de l'enfance, 1 % au logement, 4 % aux secours de maladie, 0,5 % aux secours aux femmes en couches, 0,5 % à l'assurance contre les accidents, 3 % à la constitution de pensions de retraite; il recommandait, en outre, de prélever cette somme avant toute attribution d'un supplément de salaire à l'ouvrier, pour être

Digitized by Google

certain de l'affectation de la part de bénéfice aux œuvres prévues. La participation collective est plus efficace que la participation individuelle, lorsque la part qui serait attribuée à chacun des intéressés serait trop modique pour être d'une utilité effective à leur profit. Elle est pratiquée, notamment, dans la Société anonyme d'industrie textile (ancienne maison Dollfus-Mieg) et dans la filature Steinheil et Dieterlen.

4° Gestion. — La gestion des fonds produits par la participation comporte :

1° la détermination du mode de placement des fonds; 2° la décision relative aux sommes à distribuer, aux règlements à édicter, aux conditions à imposer pour l'obtention des avantages de la participation.

1° *Mode de placement des fonds.* — Le placement des fonds peut être réalisé selon trois modes :

a) Tantôt les fonds sont déposés en compte courant dans l'entreprise : celle-ci les fait valoir à son gré et leur garantit un intérêt fixe, en général 4 ou 5 %. Les partisans de ce mode lui attribuent l'avantage d'intéresser plus efficacement les employés à la prospérité de l'entreprise par le souci de la bonne utilisation des sommes laissées dans l'affaire; mais il présente l'inconvénient d'exposer aux risques de l'industrie les fonds qui sont la propriété du personnel. Le système est appliqué dans l'entreprise de couverture et plomberie Barbas, Balas et Cie (ancienne maison de M. Goffinon, protagoniste de cette méthode de gestion), mais sous réserve de la consultation annuelle du personnel appelé à décider par un vote secret si les sommes seront, comme par le passé, inscrites en compte courant dans l'entreprise ou si elles seront remises à une caisse publique, à une société de crédit ou à une société d'assurances. Nous considérons que cette précaution est indispensable pour éviter les revendications ultérieures du personnel en cas de désastre industriel qui viendrait à atteindre les fonds issus de la participation : en fait, dans l'entreprise de M. Goffinon, les employés ont toujours opté pour le dépôt en compte courant dans l'entreprise.

b) Tantôt les fonds sont employés en valeurs de tout repos, telles que titres de rentes sur l'État ou obligations de chemin de fer, et ils s'accroissent des rentes ou des intérêts : les titres sont ou bien gardés par l'entreprise ou bien déposés dans un établissement de crédit. Ce système offre l'avantage d'établir une séparation matérielle entre l'avoir des intéressés et celui de l'entreprise : il affranchit le patron d'une partie de sa responsabilité et donne au personnel une plus grande sécurité; mais cette séparation n'établit pas une distinction juridique qui exclue l'absorption des fonds des participants dans la ruine de l'entreprise; en effet, le groupement des intéressés n'étant pas investi de la personnalité civile, les placements sont effectués au nom du chef d'entreprise. Le système est appliqué dans l'entreprise Muller et Roger et dans les compagnies d'assurances la France, l'Abeille, le Phénix, le Soleil, l'Aigle, la Foncière.

c) Tantôt les fonds sont versés à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ou dans une compagnie d'assurances pour constituer des pensions de retraite à capital aliéné ou à capital réservé. Ce système présente l'avantage d'exonérer le patron de toute responsabilité et les intéressés de toute crainte quant à la sécurité de leur avoir; il offre, en outre, celui de réaliser une excellente mesure de prévoyance. Le système est appliqué par l'imprimerie Chaix, la compagnie de Fives-Lille, l'imprimerie Mame, la fonderie Piat de Soissons, l'imprimerie Gounouilhou de Bordeaux.

2° *Décisions motivées par la gestion.* — Les décisions motivées par la gestion visent :

a) La détermination des sommes à distribuer aux intéressés. — Cette détermination suppose l'étude des comptes de l'entreprise : il est, en effet, nécessaire de connaître les bénéfices de celle-ci pour calculer la part à affecter au personnel; mais ces bénéfices ne sont pas tous distribuables : une fraction doit être conservée pour l'avenir de l'entreprise, sous forme, soit de réserves, soit de travaux préparatoires; de plus, certaines dépenses, telles que les amortissements, dépendent en partie de l'appréciation annuelle du chef d'entreprise qui en règle l'allure lors de la confection de l'inventaire, et, malgré leur caractère de nécessité, même en l'absence de bénéfices, elles prêtent à une confusion avec les réserves pour des individus qui ignorent les véritables principes de la comptabilité. Or, la fixation de ces éléments se rattache par des liens trop étroits à la conduite même des affaires, pour que le chef d'entreprise puisse abandonner sur ce point la moindre parcelle du pouvoir de décision qui lui appartient. La « Société pour l'étude pratique de la participation du personnel dans les bénéfices » professe, à cet égard, une doctrine formelle : elle recommande (1) aux chefs d'industrie « de stipuler expressément, quand ils établissent la participation, qu'elle ne donnera ouverture, de la part du personnel, à aucune ingérence d'aucun genre, dans l'administration de l'affaire, la gestion de l'entreprise ou le contrôle des comptes ». Cette réserve n'est nullement en opposition avec le principe du contrat de participation : en effet, celui-ci ne comporte pas une association analogue à celle qui résulte du contrat de salaire : le salaire normal est toujours payé à l'ouvrier, qu'il y ait ou non participation, et il reste toujours indépendant des résultats futurs de la production; l'attribution d'une part des bénéfices est postérieure au paiement du salaire qui rémunère le travail normal, même en cas de participation future; la participation, au contraire, ne procède pas d'une association entre le patron et l'ouvrier, puisque celui-ci ne participe point aux pertes de l'entreprise. Au reste, on ne saurait invoquer pour combattre une telle réserve, soit des principes de droit, soit des décisions de jurisprudence, soit une nécessité de fait. En effet : α) au point de vue du droit, il est légitime d'interdire au personnel toute vérification et tout contrôle des comptes : une telle clause n'est contraire ni aux bonnes mœurs, ni à l'ordre public : elle est admise par la jurisprudence (2) en matière de contrats intervenus entre les compagnies d'assurance-vie et leurs assurés, à qui elles distribuent une part de leurs bénéfices sans leur permettre la vérification des livres; β) si des jugements ont autorisé un contrôle ou une révision des comptes, c'est qu'ils envisageaient des cas où la participation n'était pas réalisée sous sa forme proprement dite : les intérêts promis dans les bénéfices avaient pour objet de remplacer ou de compléter le salaire; ils représentaient donc tout ou partie de la rémunération normale du travail, et leur allocation n'était que l'exécution partielle ou totale du contrat de salaire : en d'autres termes, ils s'appliquaient à un système différent de la participation proprement dite; ils ne peuvent dès lors être invoqués relativement à celle-ci; γ) l'ingérence des ouvriers serait à la fois inefficace et dangereuse pour la sauvegarde de leurs intérêts : car, d'une part, la vérification des comptes ne les mettrait à l'abri, ni de la mauvaise foi patronale, dont les artifices de comptabilité ne pourraient être démasqués que par un expert, ni des imprudences de gestion consécutives à des décisions dont les comptes ne feraient que traduire les résultats; d'autre part, l'ingérence ne serait efficace que si elle aboutissait à l'interdiction, pour le patron, de prendre aucune décision sans une consultation préalable de son personnel : ce serait la suppression de l'initiative patronale, qui est le corollaire de la responsabilité, et la destruction de la discipline, qui est nécessaire pour que la gestion soit productive de bénéfices : les ouvriers compromettraient donc leurs propres intérêts par la diminution ou par la suppression des bénéfices eux-mêmes. — En un mot, les ouvriers et employés qui

(1) Trombert : Étude précitée (Congrès de Bordeaux, 1912), *Bulletin*, 1912, p. 190.

(2) Cour de Paris, 12 janvier 1881 (*Répertoire des Assurances* de Baden Pascal, II, p. 168, et *Journal des Assurances*, 1881, p. 98). — Cour de Cassation, Chambre des Requêtes, 11 juillet 1881 (*Ibid.*, *Répertoire*, III, p. 345, et *Journal*, 1883, p. 177).

Digitized by Google

acceptent la participation doivent renoncer expressément à toute ingérence dans la gestion, à tout contrôle et à toute vérification des comptes. Cette renonciation avait été prévue par la Commission d'enquête extra-parlementaire de 1883, dans un projet de loi sur les sociétés coopératives de production et sur le contrat de participation aux bénéfices, présenté à la Chambre des députés le 16 juillet 1888. — Bien plus, ces mesures sont en opposition avec l'essence même du contrat de participation, qui est basé sur la confiance réciproque du patron et de l'ouvrier : toute entreprise où des germes de défiance sont à redouter de la part du personnel ne doit pas espérer le succès d'une telle combinaison. — Si toute fois le patron ne veut pas soumettre à une trop rude épreuve la confiance de ses ouvriers et employés, il peut leur proposer de faire vérifier sa comptabilité par un expert qui sera choisi à l'amiable sur une liste de spécialistes présentant toutes garanties de compétence et d'honorabilité ou qui, en cas de désaccord, sera désigné par le président du Tribunal de Commerce. C'était seulement en l'absence de renonciation au contrôle ou de réglementation contractuelle de celui-ci que le projet de loi susvisé de 1888 prévoyait la vérification annuelle des comptes par un expert désigné de la sorte. Cette vérification ne suppose, du reste, aucune ingérence dans la direction de l'entreprise : c'est une opération exclusivement comptable dont le patron peut accepter l'exécution sans compromettre l'autonomie de sa gestion ; elle est, d'ailleurs, normalement effectuée dans les sociétés anonymes par les commissaires que les actionnaires délèguent à cet effet. Le système a été appliqué dans les entreprises Goffinon et Thuillier; aussi bien le personnel de ces deux entreprises, loin d'exiger l'institution du contrôle, a même, dans l'établissement Goffinon, protesté contre ce régime qui lui paraissait supposer de la part des employés une défiance qu'ils n'avaient jamais ressentie à l'égard de leur chef. Le choix d'un expert est, du reste, singulièrement facilité depuis la récente création de la Compagnie des experts-comptables de Paris, qui offre aux intéressés un personnel recruté avec une rigoureuse sélection par la coopération de praticiens dont la science et l'honorabilité sont au-dessus de tout éloge (1).

b) Les règlements à édicter. — Les observations qui précèdent ne visent que le cas des mesures antérieures à la fixation des parts à distribuer; elles ne s'appliquent nullement à l'emploi des sommes représentatives de ces parts. Ainsi : 1° il est naturel que, si tout ou partie du bénéfice annuel distribué est conservé dans l'établissement, les participants demandent à veiller à la sauvegarde de cette portion de leur avoir; ils peuvent renoncer à tout contrôle de cette nature : le projet de loi susvisé de 1888 admettait lui-même cette renonciation; 2° il est désirable que l'entreprise institue un comité consultatif, dont les membres, délégués par le personnel et pris dans le sein de ce dernier, délibèrent avec le patron sur la tenue des comptes de la participation, la gestion des œuvres de prévoyance, la constitution d'une réserve à l'aide des fonds alloués en vue de parer à la diminution des parts au cours des exercices moins prospères. Un tel comité, loin d'ébranler l'autorité patronale, ne peut que la fortifier par la création de liens entre le chef d'entreprise et son personnel, grâce à la mutuelle confiance issue de relations directes et d'une collaboration faite d'entente et de bonne volonté.

c) Les conditions à imposer pour l'obtention des avantages de la participation. — A cet égard, la gestion de la participation doit exclure les clauses de déchéance qui résulteraient de l'obligation de remplir certaines conditions d'âge ou de service, pour devenir propriétaire définitif de la totalité ou d'une fraction des parts mises provisoirement en réserve : le Congrès international de la participation aux bénéfices, tenu en 1900, s'est, à juste titre, prononcé contre des clauses de cette nature qui ne peuvent être que des sources de découragement et de méfiance pour l'avenir.

(1) Voir Maurice Bellom : *L'Organisation française des expert-comptables* (*Economiste français*, 7 septembre 1912, II, p. 339).

5° Résultats de la participation. — L'appréciation des résultats de la participation est subordonnée à l'examen des conditions dans lesquelles elle a été instituée. Leclaire, avec une réelle sagacité, prévoyait deux conditions de réussite : 1° constance de la direction par la nomination de gérants à vie; 2° formation d'excellents collaborateurs à l'aide d'une gradation d'avantages, qu'un agent laborieux, zélé et attaché à l'entreprise pourrait seul obtenir dans leur plénitude. Sans doute, la participation n'a pas empêché le personnel de la maison Chaix de s'associer aux grèves des typographes de 1894 et de 1906, mais elle a fourni le noyau des travailleurs stables qui a permis de traverser la crise avec le moins de préjudice possible pour l'avenir de l'établissement et de reconstituer les équipes dès le lendemain de la grève. En fait, la participation n'a ni pour prétention ni pour objet de remplacer le salariat; elle peut l'améliorer, si elle est appliquée avec sagacité et gérée avec autant de fermeté sur les principes que de prudence pour les applications : or, ces conditions supposent, de la part de ses initiateurs, une connaissance approfondie de la matière, une étude attentive des exemples du passé, un examen préliminaire du milieu ouvrier auquel elle doit être appliquée, une entière confiance tant du côté ouvrier que du côté patronal.

Intervention législative. — Le simple énoncé des conditions qui précèdent suffit à montrer que la participation ne saurait être imposée par la loi. Et, cependant, les tentatives de généreux sociologues visent à la considérer comme un remède assez efficace pour être l'objet d'une présomption impérative.

Le récent Congrès tenu à Bordeaux les 23 et 24 novembre 1912, qui fut la première réunion nationale relative à la participation, a été saisi de ce problème. Les deux questions suivantes étaient posées :

1° *La participation aux bénéfices doit-elle être rendue obligatoire?* Le Congrès a entendu un rapport de M. le Dr Montéli, secrétaire-général du Comité girondin d'éducation sociale, qui a traité la question au point de vue spécial du « solidarisme » : se référant à la thèse de M. Léon Bourgeois, il a rappelé que ce dernier veut développer dans l'individu le « sens social » en faisant de lui un « être social », et il en a conclu que c'est l'éducation qui fera naître et grandir dans des voies parallèles l'être social et le sens social qui sont l'un et l'autre en puissance dans l'homme : il a donc invité ceux qui veulent être des « économistes écoutés » à être des éducateurs pour répandre ce qu'il appelle « la saine doctrine du solidarisme »; il compte, en effet, sur l'acquisition du sentiment de l'étroite interdépendance pour faire comprendre aux hommes l'incessant travail que la société accomplit en vue de la définition équitable des devoirs et des droits de chaque associé.

Le Congrès n'avait pas à émettre un vote sur ces considérations. Par contre, il a adopté les conclusions de la Chambre de Commerce de Laval nettement hostiles au caractère obligatoire de la participation : ces conclusions étaient motivées comme suit : 1° l'obligation porterait « la révolution et la ruine » dans l'industrie et le commerce; 2° elle n'est pas nécessaire pour procurer aux ouvriers les avantages de la participation aux bénéfices, qu'ils recueillent déjà sous forme de primes, de gratifications et d'emploi d'une part des bénéfices dans les œuvres sociales, telles que crèches, écoles, caisses de secours, institutions de retraite.

2° *La participation aux bénéfices garderait-elle sa valeur propre et son véritable caractère si, même dans des cas exceptionnels, elle doit être rendue obligatoire?* M. Benzacar, professeur à la Faculté de droit de Bordeaux, a présenté au Congrès un rapport qui, tout en écartant l'obligation de la participation dans les entreprises exclusivement privées, concluait à l'admettre dans les entreprises « jouissant d'une rente industrielle ou commerciale », c'est-à-dire : 1° dans les services publics, industriels ou commerciaux; 2° dans toutes les entreprises concédées ou jouissant du concours financier de l'Etat, des départements ou des communes. En effet,

Digitized by Google

d'après le rapporteur : *a*) le fonctionnement des services publics concédés ou exploités en régie interdit la grève au personnel : d'où la nécessité de lui accorder par la loi, à titre de compensation éventuelle, une participation aux bénéfices ; *b*) la concession de primes, de subventions et d'immunités fiscales procure des bénéfices exceptionnels : d'où le droit pour l'Etat de subordonner son concours financier à l'établissement d'une participation aux bénéfices.

Le Congrès a rejeté le projet de vœu dans lequel le rapporteur traduisait ces conclusions : il a tenu à confirmer, sous une forme absolue et générale, les votes antérieurs qui écartaient en toute circonstance l'idée d'obligation ; il a même repoussé une proposition qui tendait à déclarer la participation obligatoire dans les sociétés qui l'ont établie au profit de leurs administrateurs.

D'autre part, le Congrès n'a point formulé, par un vote, une réponse à la question posée ; il a, en effet, jugé préférable de se maintenir dans le domaine des faits sans s'attaquer à des problèmes de pure doctrine.

Aussi bien a-t-il indiqué, sur le terrain pratique, le rôle que le législateur doit jouer en faveur de la participation sous un régime de liberté. Adoptant les conclusions du rapport de M. de Seilhac, il a demandé au législateur :

1° De supprimer ou de prévenir les entraves qui s'opposent au développement de la participation, savoir : *a*) les aggravations d'impôts et les autres charges légales qui grèvent les frais généraux des entreprises, telles que les mesures de protection légale des travailleurs, parce que ces mesures réduisent les bénéfices et permettent à l'Etat d'accaparer les sommes qui normalement seraient attribuées à chacun des intéressés sous forme de participation aux bénéfices ; *b*) la substitution de l'Etat aux libres initiatives de l'industrie privée, telle que toute loi qui, « sous prétexte de participation obligatoire, peut aboutir à une entrave et à une mainmise sur l'industrie » : les décrets d'avril 1912, par exemple, qui visent « en apparence à établir obligatoirement une participation aux bénéfices dans plusieurs mines, aboutissent à une véritable expropriation des ouvriers et vont jusqu'à transférer éventuellement la part de ceux-ci à l'Etat » ; d'après M. de Seilhac et, à la suite de l'approbation des conclusions de ce dernier par le Congrès, d'après le Congrès lui-même, « le plus gros péril que puisse courir la participation aux bénéfices, l'entrave la plus redoutable au développement de cette œuvre, c'est une loi qui prétendrait » la « rendre obligatoire » ;

2° De réaliser une politique financière, économique ou sociale qui garantisse la sécurité aux entreprises et leur permette d'obtenir des bénéfices qui conduisent à une libre participation ;

3° De « s'attacher au côté moral de la question », par une propagande qui enseigne le respect des contrats, l'amour du travail, l'esprit d'ordre et de prévoyance, la solidarité d'intérêts entre les patrons et les ouvriers : le développement de la participation exclut les menaces contre la propriété individuelle et contre la liberté des travailleurs, la restriction de la dignité et de l'indépendance de chacun, l'excitation à la lutte des classes ; la paix sociale est la condition essentielle du progrès de la participation : contribuer à la première, c'est faciliter la seconde.

Cette dernière formule est tout un programme : elle est, en effet, l'expression éloquente et convaincue de la pensée de tous ceux — et nous sommes du nombre — qui estiment que la question sociale est une question morale.

MAURICE BELLOM,

Ingénieur en chef au corps des Mines.
Professeur d'Economie industrielle
à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

MÉTALLURGIE

SUR L'ÉCROUISSAGE DES MÉTAUX

La connaissance des alliages n'a fait de progrès réels que le jour où l'on ne s'est plus borné à déterminer leur composition, mais où l'on y a joint l'étude de leur structure et de leurs propriétés physiques. Les alliages ne sont pas, en effet, des combinaisons définies, mais des mélanges d'espèces chimiques dont les propriétés mécaniques varient avec la proportion de ces espèces, avec la grosseur et la disposition des grains cristallins. C'est ainsi que les propriétés d'un alliage sont modifiées par le laminage, qui n'affecte aucunement sa composition. On dit que l'alliage est écroui.

Et cependant, nos connaissances sur l'écrouissage sont des plus sommaires : la définition la plus précise que j'en ai trouvée est la suivante : « L'écrouissage est produit par l'élévation de la limite élastique due à un effort extérieur. » D'autre part, on admet que l'écrouissage est lié à la déformation du métal, et la seule tentative que j'ai rencontrée, tendant à exprimer l'écrouissage par un nombre, est due à Grard, qui donnait pour les barres soumises au laminage l'expression :

$$E = \frac{S - s}{s} \times 100,$$

S et *s* étant les sections des barres avant et après laminage. Notons enfin que l'on sait, depuis les travaux de Osmond, Guillemin, Cohen, etc., que, au point de vue métallographique, on voit l'écrouissage déformer et fragmenter les cristaux constitutifs de l'alliage, qui se reforment par le recuit.

Tel est, dans ses grandes lignes, l'état de nos connaissances sur l'écrouissage ; aussi comprend-on que Charpy ait pu dire, que l'état d'écrouissage n'est pas susceptible d'une définition précise, et cependant un alliage n'est réellement défini que lorsqu'on connaît ses propriétés fondamentales et les modifications qu'y apporte l'écrouissage.

Le recuit est l'inverse de l'écrouissage, c'est-à-dire qu'il restitue au métal la structure et les propriétés que l'écrouissage lui avait fait perdre, en sorte que je propose la définition suivante : *Est écroui tout métal qui, par un recuit suffisant, subit une modification quelconque dans ses propriétés physiques, en dehors de toute transformation chimique.*

Cette définition, beaucoup plus générale que la précédente, a sur elle l'avantage de ne pas exiger la connaissance des efforts qu'a subis antérieurement le métal ; en outre, elle fait intervenir, non pas seulement la limite élastique, mais l'ensemble des propriétés physiques du métal pour la détermination de l'écrouissage ; enfin, elle fait rentrer dans cette définition les métaux obtenus par électrolyse qui sont manifestement écrouis, et cependant n'ont subi aucun effort extérieur.

Quelle est celle des propriétés physiques qui, pratiquement, nous servira à constater l'écrouissage ? Pour des raisons qui seront exposées plus loin, nous avons rejeté la limite élastique, et nous avons adopté la dureté, dont la détermination est plus facile et dont les variations offrent plus de sensibilité.

Digitized by Google

Détermination de la dureté. — Brinnel a proposé, en 1900, de déterminer la dureté en enfonçant sous une pression connue une bille d'acier dans le métal, puis mesurant le diamètre de l'empreinte ainsi obtenue. La dureté est alors donnée par la relation

$$d = \frac{P}{s}$$

S étant la surface de la calotte sphérique de la bille enfoncée dans le métal, et P, la charge que supporte la bille d'acier. La méthode de Brinnel a rendu les plus grands services, surtout dans l'étude des métaux durs; on emploie alors une bille de 10 mm de diamètre et une pression de 3 000 kg, mais pour les métaux mous, tels que ceux que j'ai principalement étudiés, il y a lieu d'employer des pressions beaucoup plus faibles; il est bon également de se servir de billes plus petites, de façon à conserver sensiblement la même valeur à l'angle de pénétration de la bille dans le métal. Après bien des tâtonnements, je me suis arrêté à une pression de 30 kg et une bille de 3 mm.

Sous ces faibles pressions, les plus légers frottements causent de suite des variations importantes de la charge; aussi, pour éviter tout frottement, j'ai employé l'appareil suivant : j'ai fait adapter sous le plateau d'une forte balance une chasse pouvant recevoir une bille d'acier de 3 mm. Ce plateau reçoit des poids de 30 kg; il repose sur un trépied annulaire qui laisse passer en son centre la bille et sa chasse.

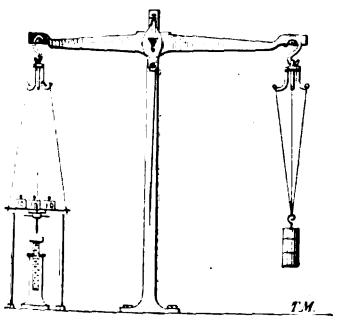


Fig. 1. — Dispositif de la balance de dureté.

Le métal à essayer est placé au-dessous de la bille, puis soulevé avec un levier, de façon qu'il supporte à lui seul le poids des 30 kg; au bout de 30 secondes, on obtient une empreinte parfaitement nette; on mesure son diamètre avec un microscope muni d'un micromètre oculaire, dont on a repéré à l'avance la valeur des divisions.

Les empreintes ne dépassent guère 1mm,5; il est donc facile d'en faire de nombreuses en divers points de la pièce; on en prend la moyenne; du reste, avec un métal homogène, elles concordent à 1/50 près.

Brinnel avait déjà signalé que les nombres de dureté d'un même métal, déterminés avec des pressions et des billes différentes, sont eux-mêmes différents, et le fait a été confirmé par les nombreux expérimentateurs qui, depuis, se sont occupés de la question.

Dans mes expériences, la pression (30 kg) étant cent fois plus faible que celle habituellement employée, il importait de voir quelles différences je pouvais avoir dans ces conditions. J'ai donc pris les duretés de divers alliages sous des pressions différentes :

	PRESSION : 1 000 KG BILLE : 10 MM	PRESSION : 30 KG BILLE : 3 MM
Bronze d'aluminium 8 %	95	67
Nickel	80	60
Argent-cuivre 835	68	55

On voit donc que les écarts sont considérables.

Meyer, qui a observé des différences analogues, les a attribuées à l'écrouissage du métal par la bille au moment de l'enfoncement, de sorte que l'on détermine, non pas la dureté du métal considéré, mais celle du métal écroui par la bille. On conçoit donc que le nombre de dureté soit plus fort sous 1 000 kg que sous 30 kg. J'ai pu en donner une vérification expérimentale de la façon suivante : j'ai pris une lame de nickel et j'ai mesuré sa dureté sous les pressions de 1 000 et de 30 kg; j'ai trouvé :

	1 000 KG	30 KG
Dureté	80	61

J'ai alors dressé la lame de nickel à la lime, de façon à araser exactement le fond des empreintes, et j'ai pris sous 30 kg la dureté sur l'emplacement de deux empreintes; j'ai obtenu :

116, 67.

Le métal s'était donc beaucoup plus écroui dans la compression à 1 000 kg que dans celle à 30 kg.

Un autre fait semblait appuyer l'hypothèse de Meyer. Le plomb, qui ne s'écrouit pas, donne le même nombre de dureté quelles que soient les conditions dans lesquelles on le mesure.

Tableau I. — Duretés du plomb sous différentes pressions.

DIAMÈTRE de la bille en mm	PRESSION en kg	DIAMÈTRE de l'empreinte en mm	DURETÉ
18	200	8,2	3,9
18	300	9,3	4,2
18	400	10,5	4,5
18	500	11,3	4,5
18	600	12,2	4,5
18	700	13,6	4,0
18	800	14,1	4,1
5	30	2,85	4,0
3	20	2,2	4,4
3	10	1,61	4,4

J'ai alors cherché à déterminer la dureté d'un métal recuit en me plaçant dans des conditions où l'écrouissage par la bille n'intervienne pas, espérant, dans ces conditions, obtenir un résultat indépendant de la pression, comme je l'avais eu pour le plomb.

Pour cela, après avoir produit et mesuré une première empreinte, je recuisais le métal pour faire disparaître l'écrouissage produit, puis j'enfonçais à nouveau la bille dans la même empreinte. Celle-ci s'agrandissait et le métal s'écrouissait encore, mais moins que la première fois. Je répétais cette manœuvre jusqu'à ce que les diamètres de l'empreinte ne varient plus. Voici le résultat de deux expériences faites sur le bronze d'aluminium, sous les pressions de 1 000 kg et de 30 kg :

Tableau II. — Dureté limite du bronze d'aluminium sous deux pressions différentes.

D = dureté à 1 000 kg	d = dureté à 30 kg	$\frac{D}{d}$	D = dureté à 1 000 kg	d = dureté à 30 kg	$\frac{D}{d}$
94	61	1,54	42	28	1,47
70	46	1,53	41	28	1,45
62	43	1,46	40	26	1,50
56	39	1,42	39	26	1,49
54	37	1,42	38	25	1,50
50	35	1,41	37	24	1,50
48	33	1,43	36	24	1,48
46	31	1,46	36	24	1,49
44	30	1,45	35,5	24	1,48

On voit donc que l'on obtient avec chaque bille des duretés décroissantes, mais que le rapport de ces nombres, au lieu de tendre vers l'unité, comme je le supposais, reste constant pour un même métal.

Le rapport $\frac{D}{d}$ varie avec la nature du métal considéré, il est

Bronze d'aluminium	1,45
Nickel	1,33

Digitized by Google

Argent monétaire à 835	1,19
Or à 999	1,02
Plomb	1

On peut donc, une fois ce rapport connu, calculer les duretés que l'on obtiendrait à 1 000 kg en se servant d'un nombre de dureté déterminé à 30 kg. ou inversement.

Une autre conséquence de ces faits est que les nombres de Brinnel pour les métaux recuits sont beaucoup trop forts; ainsi la dureté du bronze d'aluminium, étudié plus haut, est certainement inférieure à 24, tandis que l'expérience directe donne 94. L'épreuve à la bille fournit donc un résultat complexe où entrent la dureté du métal, sa facilité d'écrouissage, son élasticité, etc.

Les résultats précédents sont donc insuffisants pour expliquer les différences obtenues sous des pressions différentes; peut-être en trouverait-on l'explication dans l'élasticité du métal. Il faut remarquer, en effet, que ce qui devrait entrer dans le calcul de la dureté, c'est la surface de la calotte sphérique enfoncée dans le métal au moment de la pression. En réalité, l'empreinte que l'on mesure est plus faible; quand la pression cesse, le métal revient élastiquement sur lui-même, et le diamètre lu est trop petit; il est à remarquer également que les métaux ayant l'élasticité la plus faible sont ceux qui ont donné le rapport le plus petit pour les duretés sous des pressions différentes.

Seuls, parmi les appareils proposés pour la mesure de la dureté, celui de Martens évite l'influence fâcheuse de l'élasticité du métal; il donne, paraît-il, des résultats concordants sous diverses pressions.

Ecrouissage. — J'avais donc échoué dans ma tentative de détermination d'un nombre de dureté pour le métal recuit, indépendant des conditions dans lesquelles on le mesure, mais j'avais reconnu que les nombres donnés pour un même métal par deux appareils différents sont dans un rapport constant.

Cela m'a permis, sinon de mesurer, au moins de caractériser par un nombre l'état d'écrouissage d'un métal. Je propose de l'exprimer par *le rapport des duretés du métal considéré et du même métal complètement recuit.*

D'après ce qui précède, ce nombre doit être indépendant de l'appareil qui sert à la mesure de la dureté. Voici, en effet, quelques résultats obtenus avec des métaux pris à des états d'écrouissage différents :

Tableau III. — Constance de l'écrouissage déterminé avec des appareils différents.

	Duretés		Écrouissages	
	30 kg	1 000 kg	30 kg	1 000 kg
Aluminium recuit	14	20,6	»	»
— écroui	26,1	39,1	1,87	1,99
— —	30,5	44,9	2,17	2,17
— —	21,3	30,3	1,48	1,46
Argent recuit	19,4	32,7	»	»
— écroui	45,8	75,2	2,35	2,30
— —	49,4	89,7	2,54	2,74
Bronze aluminium recuit	53,2	77,1	»	»
— écroui	67,4	90,9	1,25	1,17
Bronze cuivre recuit	31,6	36,8	»	»
— écroui	35,7	45	1,15	1,22

Ces nombres sont suffisants; il importe, en outre, de remarquer que, en pratique, les déterminations d'écrouissage ne se feront pas avec des appareils présentant des différences de 30 à 1 000 kg.

Il importe maintenant de voir comment varient les autres propriétés mécaniques des métaux quand l'écrouissage augmente. A cet effet, j'ai taillé dans un lingot d'argent fin une série de barres qui ont été soigneusement recuites, puis laminées avec un nombre de passes différent, de façon à leur communiquer des écrouissages croissants; elles ont été ramenées à la lime à avoir la même section, puis on a mesuré leur dureté, leur charge de rupture et leur allongement. Voici le résultat de l'expérience :

Tableau IV. — Comparaison des propriétés mécaniques d'un métal a des états différents d'écrouissage.

	Dureté	Écrouissage	Charge de rupture en kg par mm²	Allongement %
Métal recuit	25	1	8,5	31
— écroui	28	1,12	8,8	30
— —	38	1,58	9,5	27
— —	45	1,80	14,4	12
— —	51	2,04	15	4
— —	66	2,44	22	6

On voit que, des trois constantes étudiées, la dureté est la seule qui accuse les écrouissages faibles; elle varie d'une façon progressive avec le laminage, tandis que la charge de rupture et l'allongement subissent une variation brusque quand l'écrouissage atteint une valeur déterminée. Cette remarque justifie le choix que nous avons fait de la dureté pour caractériser l'écrouissage.

Ecrouissage par compression. — On s'accorde habituellement à lier la notion de l'écrouissage d'un métal à la déformation qu'il a subie. Cependant, la frappe des monnaies et des médailles fournit un métal très écroui, bien qu'ayant éprouvé une déformation minime. J'ai donc entrepris de comprimer un métal recuit sans le déformer, pour voir ce que deviendrait son écrouissage.

J'ai fait préparer des compresseurs formés d'un cylindre d'acier foré d'un trou parfaitement cylindrique. On ajustait aussi exactement que possible deux rondelles d'acier de 1 à 2 cm d'épaisseur : l'une d'elles servait à obturer exactement le fond du compresseur, l'autre servait de piston; entre les deux, on mettait la matière à comprimer.

Dans une première série d'expériences, le compresseur avait 50 mm² de diamètre. La matière à comprimer était un cylindre d'argent exactement ajusté, ayant 15 mm de hauteur et pesant 98 gr: ce cylindre avait été recuit après son ajustage. Le piston a reçu dix coups d'un balancier très puissant. L'appareil étant défait, on voit que l'argent a légèrement bavé entre le cylindre et le mortier; on détache ces bavures, elles pèsent 0 gr 649. Elles représentent la déformation subie par le métal qui est ainsi 6,5 °/₀₀; et cependant, l'examen de la dureté révèle un écrouissage notable : la dureté était 23,5 avant la compression; elle est devenue 39,5 après, l'écrouissage était donc 1,68.

J'ai voulu rechercher si la surface seule avait subi l'écrouissage ou si celui-ci avait pénétré dans toute la masse et y était également réparti. J'ai donc fait scier le cylindre suivant son axe et perpendiculairement; j'ai attaqué à l'acide nitrique la surface pour enlever la couche que la scie avait pu écrouir, et j'ai pris les duretés en divers points :

Surface	39,5
Centre	38,7
Sur la coupe suivant l'axe	38,6, 38,8, 39,9

Ainsi l'écrouissage a pénétré presque uniformément dans toute la masse; toutefois, les empreintes faites sur une section parallèle à l'axe sont légèrement ovalisées, ce qui révèle une dyssymétrie minime dans la répartition de l'écrouissage.

Un cylindre de zinc, comprimé dans le même appareil, m'a

Digitized by Google

fourni des résultats analogues; toutefois, les empreintes après compression ont toujours été irrégulières, en sorte que les mesures manquent de précision.

Dans ce qui précède, l'écrouissage était constaté par la variation d'une seule des propriétés physiques du métal, la dureté; il était important de voir si les autres propriétés mécaniques du métal étaient également modifiées. J'ai donc découpé dans le cylindre d'argent comprimé deux minuscules barrettes qui ont été soumises à la traction, l'une directement, l'autre après recuit. Voici les résultats :

	DURETÉ	ALLONGEMENT °/₀	CHARGE de rupture
Argent recuit	23,5	18,3	8,8
— comprimé . .	39,5	10	10,6

Il s'agit donc bien d'un véritable écrouissage qui atteint à la fois la dureté, l'allongement et la charge de rupture.

L'expérience précédente laissait toutefois un doute, le métal ayant subi une déformation, minime il est vrai, mais réelle; j'ai donc recommencé une nouvelle série d'expériences en opérant avec de petits cubes de métal noyés dans un liquide qui répartissait également la pression en tous sens; enfin, la pression, au lieu d'être effectuée par choc, avait lieu graduellement au moyen d'une presse hydraulique. Par contre, je ne pouvais opérer que sur des petits échantillons à cause de la difficulté d'obtenir de grands joints étanches sous de fortes pressions, en sorte que je n'ai pu mesurer que la dureté.

Je n'ai guère pu dépasser 10000 kg par centimètre carré, les mortiers se déformant ou éclatant sous des pressions plus élevées. La difficulté de faire les joints m'ayant longtemps arrêté, je donne quelques détails sur le procédé qui m'a réussi. Le joint inférieur est le plus facile. On introduit la rondelle d'acier au fond du compresseur; on met au-dessus une rondelle de plomb de même diamètre, que l'on mate au fond à l'aide d'un poinçon et d'un marteau; on introduit les cubes de métal à comprimer, on coule de la vaseline tiède à 3 ou 4 cm au-dessus, puis une rondelle d'acier de 1 cm d'épaisseur, une rondelle de plomb et une nouvelle rondelle d'acier; avec un poinçon et un marteau, on écrase la rondelle de plomb entre les deux rondelles d'acier; quand le joint est fait, on place un piston un peu plus petit que les rondelles, et on comprime à la presse. Après chaque expérience, il est nécessaire de rectifier le compresseur et de changer les rondelles formant l'office de pistons.

Une première série a porté sur trois cubes de métaux noyés dans la vaseline. Voici les duretés avant et après compression :

	AVANT compression	APRÈS compression	ÉCROUISSAGE
Argent	19,4	36	1,8
Cuivre	27	46,1	1,70
Aluminium	14,6	19	1,30

Une deuxième série a porté sur les métaux suivants :

	AVANT compression	APRÈS compression	ÉCROUISSAGE
Argent	20,3	32,2	1,58
Fer	57,7	62,3	1,10
Laiton	24	36,5	1,52
Zinc	33,1	43	1,33

Dans aucun cas, les cubes de métal n'étaient sensiblement déformés; on doit en conclure que la compression suffit pour écrouir les métaux, en dehors de toute déformation.

Il est, en outre, intéressant de remarquer que, sous une même pression, les métaux s'écrouissent très différemment. Parmi ceux que j'ai essayés, c'est l'argent qui s'écrouît le plus facilement. J'étais déjà arrivé à une conclusion analogue, quoique moins précise, par des essais au laminoir.

Au point de vue métallographique, on admet que l'écrouissage est caractérisé par la fragmentation ou la déformation des cristaux qui se reforment par le recuit. J'ai recommencé une expérience de compression sur des cubes de laiton attaqués et polis par le procédé donné par M. Charpy.

Les figures 2 et 3 montrent que les cristaux n'ont pas été modifiés par l'écrouissage.

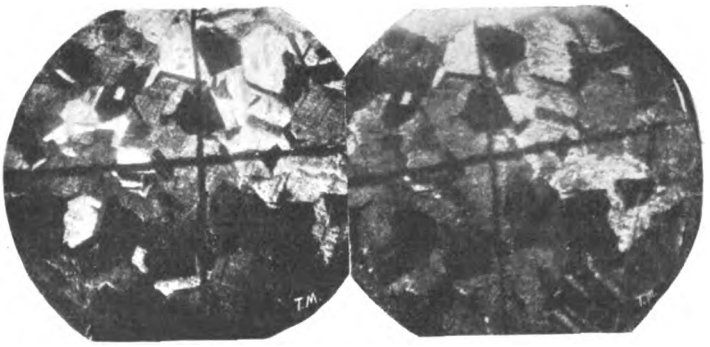


Fig. 2. — Métallographie du laiton avant compression. Dureté : 30,3.

Fig. 3. — Métallographie du laiton après compression. Dureté : 50,5.

Ainsi donc : *l'écrouissage peut avoir lieu sans modification dans la forme extérieure ou dans la structure intime de l'alliage. Il est produit par la compression subie par le métal. Les modifications de structure métallographique sont au contraire en rapport avec la déformation subie par le métal.*

Écrouissage par traction. — L'étirage en fils représente la plus grande déformation qu'un métal puisse subir; mais l'action mécanique qu'il éprouve est double : compression intense lors de son passage à la filière, et allongement par traction. Pour séparer l'une de l'autre ces deux actions, j'ai étudié l'écrouissage produit par la traction sans interposition de filières; j'ai ainsi soumis à la traction des lames d'un même métal précédemment amenées à divers écrouissages au moyen du laminoir.

J'ai découpé dans un lingot d'argent un certain nombre de lames; je les ai recuites avec soin, puis je les ai laminées sous des épaisseurs différentes pour chacune.

Elles représentaient donc des lames d'un même métal avec des écrouissages différents. Dans chacune de ces lames, on a façonné à la lime un certain nombre d'éprouvettes de même section (10 mm²), on en a mesuré la dureté, puis on les a soumises à la traction :

Tableau V. — Variations de la dureté sur un métal soumis a la traction (argent).

	DURETÉ initiale	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT °/₀	DURETÉ après étirage	AUGMENTATION de dureté
1. . . .	25	8,5	31	40	15
2. . . .	28	8,8	30	36	8
3. . . .	29	9,5	27	39	10
4. . . .	38	10,5	12	38	0
5. . . .	51	15	4	49	— 2
6. . . .	65	22	6	62	— 3
7. . . .	68	30	4	57	— 11

Une fois les barres rompues, on les polit s'il est nécessaire, et l'on mesure à nouveau leur dureté. Les variations de celle-ci représente l'écrouissage dû à l'étirage.

Ce tableau V est fort instructif, il montre : 1° Que des métaux faiblement écrouis, entre lesquels la dureté révèle cepen-

***

Digitized by Google

dant des différences notables, ont sensiblement la même charge de rupture et le même allongement : ceux-ci varient, au contraire, brusquement à partir d'un certain écrouissage;

2° L'étirage écrouit fortement le métal recuit; il l'augmente d'autant moins que le métal avait déjà, au début de l'expérience, un écrouissage plus fort; à partir d'une certaine valeur (n° 4 de l'expérience précédente), l'étirage n'augmente plus la dureté, il la diminue, il adoucit le métal fortement écroui, il produit une sorte de recuit;

3° Un autre fait mérite de fixer l'attention : les lames à fort écrouissage restent polies après étirage; au contraire, les lames peu écrouies sont gaufrées; dans l'exemple que nous avons relaté plus haut, c'est à la quatrième lame que se produit ce changement.

Le laiton, l'aluminium ont fourni, dans les mêmes conditions, des résultats analogues.

Tableau VI. — Laiton.

	DURETÉ initiale	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT	DURETÉ après étirage	AUGMENTATION de dureté
1. . . .	38	27,5	31	101	63
2. . . .	58	28,3	25	104	46
3. . . .	64	25	18	98	34
4. . . .	81	28,1	6	98	17
5. . . .	98	33,4	4	98	0
6. . . .	136	49	2	111	— 25

Tableau VII. — Aluminium.

	DURETÉ initiale	CHARGE de rupture	ALLONGEMENT	DURETÉ après étirage	AUGMENTATION de dureté
1. . . .	17	5,5	15	26	9
2. . . .	22	5,5	15	27	5
3. . . .	23	5,9	5	25	2
4. . . .	25	7,6	4	26	— 1
5. . . .	30	10,7	3	29	1
6. . . .	33	10,0	4	28	— 5
7. . . .	35	15,5	5	31	— 4

Il semble donc que la traction soit susceptible de déterminer dans le métal un certain écrouissage, qui tend à se substituer à celui qui existait antérieurement, l'augmentant s'il était inférieur, le diminuant s'il était supérieur. En effet, un métal soumis à la traction reçoit deux modifications inverses : l'allongement qui écarte les molécules, et la compression de chaque couche par la couche située au-dessus : on conçoit donc que la traction puisse produire de l'augmentation ou de la diminition de dureté, suivant que l'une de ces deux actions l'emporte sur l'autre.

Les métaux, faiblement écrouis, ont sensiblement la même charge de rupture et le même allongement que les métaux recuits; c'est que tous ces métaux, par la traction, arrivent sensiblement au même degré d'écrouissage, et que, ce que l'on mesure, ce sont les constantes qui correspondent à cet écrouissage.

Il restait enfin à voir si l'écrouissage à la traction se produit pendant la période d'allongement élastique, ou seulement lors de la déformation.

J'ai recuit une barre de bronze d'aluminium (à 9 %), mesuré sa dureté; j'y ai tracé deux transversales servant de repères, puis je l'ai tirée à des charges croissantes, en mesurant chaque fois l'allongement permanent et la dureté.

Tableau VIII. — L'écrouissage ne commence qu'après la période de déformation (bronze Al.).

	PRESSION par mm²	ALLONGEMENT %	DURETÉ
1.	0	0	60,5
2.	2,5	0	60,5
3.	7,5	0,1	60,5
4.	12,5	0,22	60,5
5.	17,5	0,49	60
6.	22,5	0,7	61
7.	27,5	1,6	60
8.	32,5	3,4	63,5
9.	37,5	5,4	73
10.	42,5	8,5	76,5
11.	47,5	13,3	82

Le laiton, traité de même, a fourni des résultats analogues.

Tableau IX. — Laiton.

	PRESSION par mm²	ALLONGEMENT %	DURETÉ
1	0	0	35
2	1,71	0,09	35
3	3,42	0,18	35
4	5,13	0,18	35
5	6,84	0,63	35
6	8,55	2,16	39
7	10,26	5,33	42
8	11,97	8,48	46
9	13,68	9,58	51

L'aluminium a fourni des résultats du même genre.

On voit donc que l'écrouissage à la traction, caractérisé par l'augmentation de dureté du métal, ne commence qu'après que le métal a subi une déformation permanente.

Écrouissage par la lime. — La lime passe pour ne pas écrouir les métaux; en réalité, elle les écrouit fortement; seulement son action est purement superficielle, en sorte que les propriétés mécaniques sont à peine atteintes, mais l'examen microscopique montre que la lime et même le papier de verre déterminent un écrouissage considérable.

Comme les éprouvettes dont je me servais étaient travaillées à la lime, la question était importante, et je l'ai soumise à l'expérimentation.

La bille de Brinnel à 1 000 kg ne révèle pas de différence sensible sur un morceau de métal avant et après l'action de la lime.

Il n'en est plus de même sous la pression de 30 kg : l'empreinte étant moins profonde, intéresse surtout les couches écrouies.

J'ai pris un morceau d'argent recuit ayant une dureté de 23,5, j'en ai enlevé 1 mm à la lime douce, et j'ai repris la dureté en ce point; elle était 27,1.

Pour voir si l'écrouissage s'étendait en profondeur, j'ai attaqué la lame précédente par l'acide nitrique, de façon à enlever environ 1 mm; la dureté est devenue 23,4.

Ainsi donc, l'écrouissage par la lime est réel, mais très superficiel. Dans les expériences délicates, on peut le faire disparaître en attaquant par un acide la surface du métal.

M. Hanriot,
Directeur des Essais à la Monnaie.

Digitized by Google

MÉTALLURGIE

MATÉRIEL ET OUTILLAGE MÉCANIQUE DE LA FONDERIE [1]

(*Suite.*)

Démouleuses. — Comme nous l'avons expliqué précédemment, la démouleuse, machine très simple, n'effectue mécaniquement que la séparation du moule et du modèle.

Les figures 105 et 106 représentent une démouleuse construite par la Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei, de Durlach. Le châssis A est engoujonné sur la table B portant la plaque modèle. Il vient appuyer sur quatre chandelles *a*, fixées à un plateau E. Ce plateau surmonte une tige F, mobile dans une douille G et articulée à l'extrémité d'un levier à contrepoids D, que commande une pédale C. On serre le sable à la main dans le châssis, après quoi, une pression sur la pédale C soulève ce dernier sur les chandelles et le sépare de la plaque-modèle.

Nous avons signalé les inconvénients de ce démoulage, châssis dessus, plaque-modèle dessous. Pour les éviter, on a recours à la table ou plaque renversable, plus pratique également pour les modèles de grande hauteur. Il faut signaler encore comme un avantage de ce dispositif que les deux faces de la table reçoivent chacune une moitié de la plaque-modèle, ce qui permet

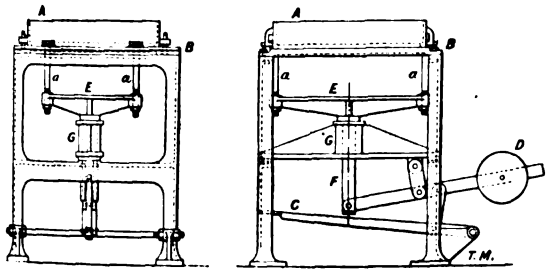


Fig. 105. Fig. 106.

Fig. 105 et 106. — Démouleuse construite par la Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei.

de mouler les deux châssis sur la même machine, et de les repérer beaucoup plus facilement. Il suffit, en effet, de les assembler par des boulons traversant les deux plaques-modèles et la table.

Les démouleuses à plaque renversable comportent essentiellement une table pivotant autour d'un axe horizontal, un chariot de démoulage sur rails, qu'on amène sous la table, et un mécanisme de levage de disposition variable.

Nous en donnons ici un exemple : c'est une démouleuse des ateliers Darling and Sellers (fig. 107 à 109). La table renversable possède des vis de réglage *a* pour assurer son horizontalité et des manettes de verrouillage A. Le chariot, mobile sur les rails B, vient se placer sur un plateau élevateur actionné par un mécanisme formé d'un levier à contrepoids et de bielles.

Le châssis est claveté sur la table; le sable est serré à la main, puis on retourne la table et l'on élève le chariot jusqu'au contact du châssis; on déclavette et on laisse redescendre le chariot avec le moule qu'on ramène en arrière sur les rails B. Pendant ce temps, le mouleur prend un châssis vide sur la console latérale D, la clavette sur l'autre face de la table et serre un second moule.

La disposition de la commande mécanique varie suivant les dimensions des châssis; pour les petits modèles, la manœuvre par leviers est la plus simple; pour les modèles plus grands, on adopte une transmission par volant à main, engrenages et crémaillères, avec retournement de la table par volant à main et vis sans fin.

Fig. 107. Fig. 108.

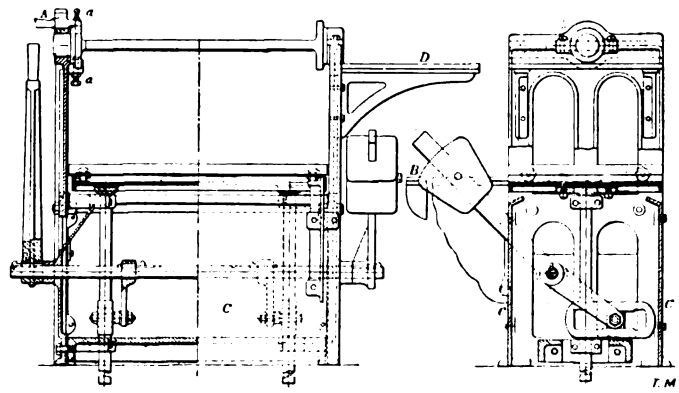


Fig. 107 à 109. Démouleuse système Darling and Sellers.

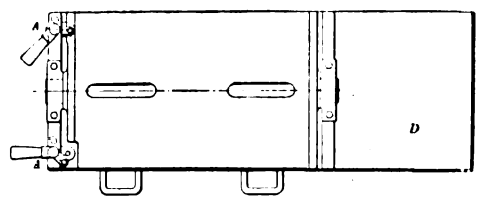


Fig. 109.

Au lieu de la commande mécanique, on adopte souvent aussi la commande hydraulique par des pistons qui soulèvent le plateau et le chariot de démoulage. Une autre disposition, que nous retrouverons ailleurs, consiste à laisser le chariot de démoulage à un niveau fixe et à relever la table renversable.

Lorsqu'il s'agit de modèles dyssymétriques ou comportant un châssis de grande hauteur, il est nécessaire, pour reporter sur l'axe de rotation le centre de gravité de l'ensemble table et moule, de désaxer la table par rapport à ses pivots (fig. 110).

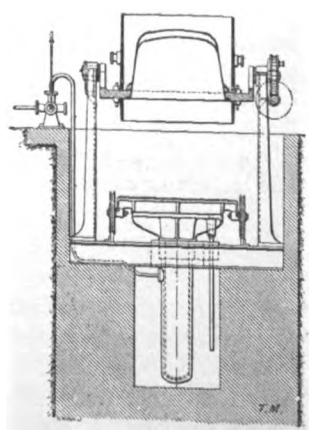


Fig. 110. — Table de moulage à pivots désaxés.

Comme type de démouleuse américaine très répandue, il convient de citer la machine Pridmore. C'est une démouleuse simple, à table non renversable, mais retirant le modèle à travers un peigne ou une plaque ajustée au contour du modèle. C'est sur cette démouleuse que sont exécutées les pièces des faucheuses Mac Cormick. La fonderie de cette Compagnie à Chicago, en possédait 1 200 en 1907, dit M. Ronceray. La machine est, par elle-même, peu coûteuse et comme le peigne et le modèle, généralement en fonte, sont, au contraire, d'un prix très élevé, beaucoup de fonderies ne démontent jamais le modèle et envoient au ma-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 5 (1er mars 1912), p. 171; n° 7 (1er avril 1912), p. 225; n° 9 (1er mai 1912), p. 332; t. V, n° 1 (1er juillet 1912), p. 21; t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 261.

Digitized by Google

gasin la machine complète lorsqu'une fabrication est terminée.

Les Américains ont réalisé un type de démouleuse transportable dit « Rock-over » à démoulage par retournement, qui jouit d'une certaine faveur, surtout pour mouler les pièces à grand relief. Le renversement de la plaque-modèle s'y fait par un dispositif tout différent du précédent, et dont on se rendra parfaitement compte par les photographies (fig. 111 à 113). La machine représentée est construite par l'International Moulding Company, de Chicago. Le bâti formant chariot présente deux montants supportant un axe de rotation; à deux bras en équerre est fixée une table sur laquelle on monte la plaque-modèle. Pour le moulage, la table repose sur deux consoles et une béquille (fig. 111). On place le châssis, on serre le sable à la main, on dresse le fond et on le recouvre d'un plateau en bois qu'on maintient par deux étriers en le réunissant à la plaque-modèle. On bascule tout le système autour de l'axe et on le laisse reposer sur des coussinets articulés, de façon à procurer automatiquement un appui parfait. Pour démouler, on presse sur une pédale qui, par l'intermédiaire de tiges intérieures aux montants, soulève l'axe et la plaque-modèle. Cette dernière est, à nouveau, basculée en arrière, manœuvre facilitée par des ressorts à boudin qui en équilibrent le poids.

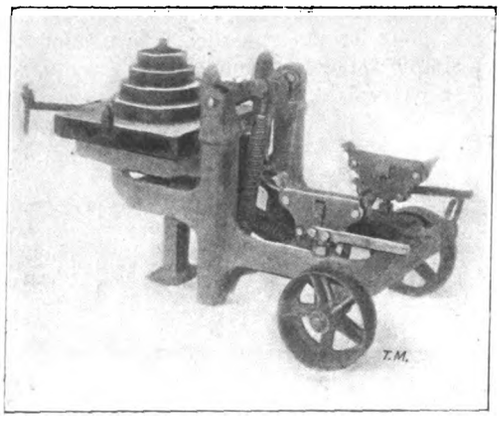


Fig. 111. — Plaque-modèle prête à recevoir un châssis.

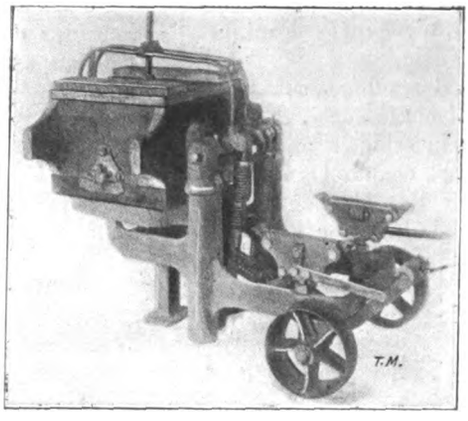


Fig. 112. — Le moule serré à la main prêt à basculer.

Fig. 113. — Démoulage.

Fig. 111 à 113. — Démouleuse sur roues, type « Rock over » de l'International Moulding Machine Co, Chicago.

Les démouleuses sur roues se sont répandues en Amérique pour la raison qu'il serait plus avantageux de transporter la machine que le sable et les châssis. Cela peut être vrai si les coulées se font à de longs intervalles mais, en général, il est préférable d'établir les machines à poste fixe et de les desservir, s'il y a lieu, par des appareils de manutention perfectionnés. C'est cette méthode qui prévaut actuellement en Europe et qui tend à s'y développer de plus en plus, comme nous le verrons dans le dernier chapitre de cette étude.

Machines a mouler proprement dites. — En ajoutant à la démouleuse de l'un des types que nous venons de passer en revue un dispositif mécanique pour serrer le sable dans le moule, on obtient une machine à mouler.

1° *Serrage par la force humaine.* — Il est bien évident que l'effort que peut produire un homme en agissant de tout son poids sur un levier donne une pression relativement minime; pour produire un serrage efficace et pour donner au moule la cohésion nécessaire, cette pression doit s'exercer sur une surface de faibles dimensions.

Le serrage par la force humaine ne convient donc qu'aux petits châssis et aux moulages faciles. Les machines de cette catégorie ne réalisent qu'un assez mince progrès sur le moulage à la main et travaillent de façon peu précise. Elles sont ordinairement conduites par des gamins pour la production de menus articles par grandes quantités.

La plus simple des machines à mouler de cette catégorie ne comporte aucun dispositif de démoulage mécanique, ce qui est plutôt rare car, réduite à cette forme rudimentaire, elle offre vraiment peu d'avantages. Dans cette machine qui se réduit à une simple table C (Fig. 114 et 115) pour recevoir le châssis à un sommier B pour la compression du moule et aux organes de commande de ce sommier, la pression est exercée en abaissant ce dernier par le levier A. Au repos, les barres filetées E, qui supportent le sommier, sont inclinées vers l'arrière et représentées à droite de la figure. Le premier déplacement du levier A redresse le système des tiges E et du sommier à l'aplomb du châssis à serrer, la continuation du mouvement effectue la compression. Au moyen des écrous *a*, on règle la hauteur du sommier B d'après celle des châssis.

La mouleuse mécanique est presque toujours munie d'un système de démoulage. La machine à mouler des établissements Bonvillain et Ronceray, que montre la figure 116, en est un bon exemple. Le serrage s'y fait par levier à bras, à peu près de la même façon que dans la machine précédente. On opère le démoulage en appuyant sur une pédale affectant la forme d'un piston placé sur le côté de la machine. La pression exercée se transmet par un pot de presse hydraulique à un plongeur que surmonte un plateau à quatre bras porte-chandelles. Les chandelles soulèvent le châssis par les angles : à cet effet, les porte-chandelles s'ajustent à volonté aux dimensions du châssis.

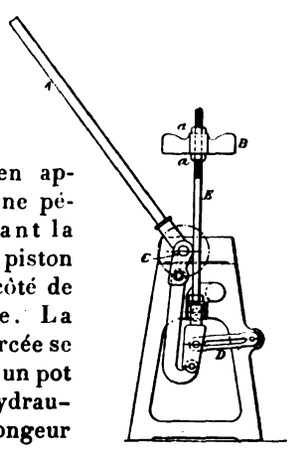


Fig. 114.

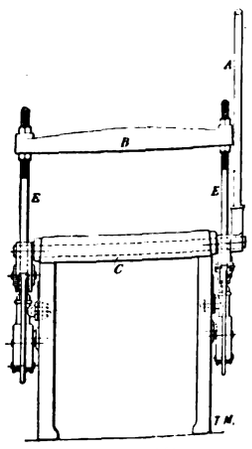


Fig. 115.

Fig. 114 et 115. — Presse à mouler à bras, Samuelson and C°.

Remarquons qu'on fait ici usage de liquide pour transmettre la pression; c'est un mode de transmission plus simple, plus progressif que la commande purement mécanique, mais on se sert également de cette dernière comme, par exemple, dans la machine

Digitized by Google

Riches (figures 117 et 118). Ici, le démoulage se fait en relevant le plateau H à chandelles *b* par pression sur le levier à main G.

Dans les machines que nous venons de décrire, le serrage est produit par abaissement du sommier; une autre solution, plus généralement adoptée, d'ailleurs, dans les machines mues par un fluide sous pression, consiste à presser le moule de bas en haut, entre la table, alors mobile, et le sommier fixe. La machine de la Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei (fig. 119 et 120) nous en donne un exemple intéressant par d'autres détails. Le levier de serrage est calé sur un arbre portant en son milieu un pignon qui engrène avec un secteur denté solidaire d'un levier à genouillère. Le redressement des deux bras du levier soulève un plateau qui applique fortement le moule contre le sommier garni de bois C.

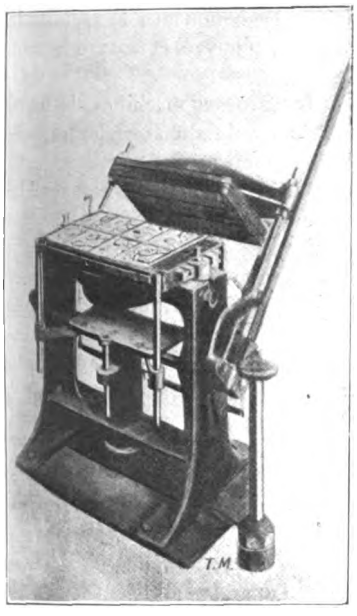


Fig. 116. — Machine à mouler universelle à levier de la Société anonyme des Etablissements Bonvillain et Ronceray, Paris.

Nous retrouvons ici la table renversable, avec deux plaques-modèles A et deux châssis engoujonnés de part et d'autre de cette table. Voici comment fonctionne cette machine :

Le sommier étant rejeté en arrière et les deux châssis fixés à la table renversable, on surmonte le châssis supérieur d'une rehausse B dans laquelle on charge le sable à la pelle; on égalise le niveau du sable et l'on agit sur le levier à contrepoids de gauche pour redresser le sommier à l'aplomb des châssis. Cela fait, on donne la pression en soulevant le plateau ou table de démoulage par rabattement du levier de serrage (à droite de la figure 119). Le plateau s'applique sous le châssis inférieur, soulève l'ensemble des châssis, des plaques-modèles et de la table renversable. La garniture de bois C pénètre dans la rehausse et serre le moule. En relevant le levier de serrage, on fait redescendre plateau, table et châssis. On enlève la rehausse B, on dresse la surface du sable au-dessus du moule supérieur et l'on fait pivoter la table renversable de son axe. On recommence au tour la série des opérations pour le châssis inférieur. Remarquons qu'au moment où le plateau de démoulage vient s'appliquer sur le fond du moule qui a été serré dans l'opération précédente, on peut le déclaveter. De la sorte, lorsque le plateau redescendra, le démoulage se produira de lui-même. Il ne restera qu'à retirer le châssis monté sur la partie en porte-à-faux du plateau de démoulage et à lui substituer un châssis vide.

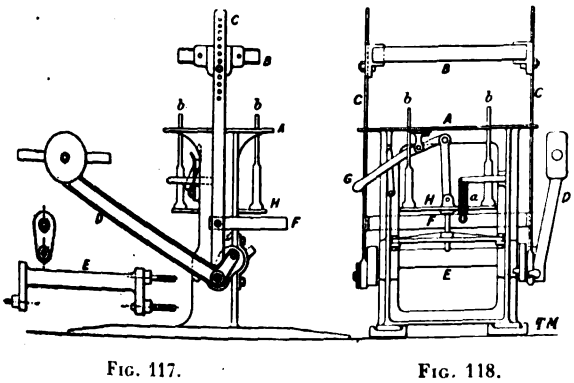


Fig. 117. Fig. 118.

Fig. 117 et 118. — Machine à mouler, système Riches, à levier.

Le serrage par vis est un autre mode de moulage mécanique qui convient aux petits châssis. La figure 121 donne un spécimen d'une machine de ce genre construite par les Établissements Bonvillain et Ronceray pour châssis ronds de 260 mm de diamètre. Un gamin peut se servir de cette machine. La vis de serrage se déplace dans une traverse filetée, pivotant autour d'une colonne qu'un crochet permet de relier momentanément à la table pendant le serrage. Le démoulage se fait comme dans la machine à serrage par levier, des mêmes constructeurs, déjà décrite (fig. 116).

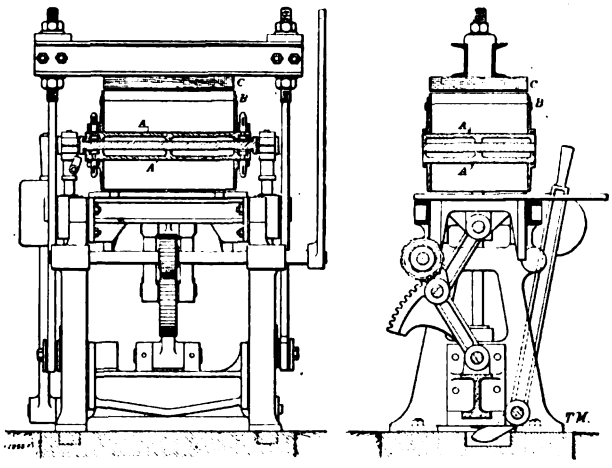


Fig. 119. Fig. 120.

Fig. 119 et 120. — Machine à mouler de la Badische Machinenfabrik und Eisengiesserei, Durlach.

2° *Serrage par l'air comprimé.* — Nous avons dit ce qu'il fallait penser de l'emploi de l'air comprimé pour la commande des machines à mouler; nous n'y reviendrons pas. La faveur dont il jouit en Amérique semble surtout tenir au fait que c'est un agent de force motrice très employé à d'autres travaux et, par conséquent, qu'on a presque partout à sa disposition.

L'air comprimé est également utile pour chasser le sable des plaques-modèles, etc.

La machine Brookhouse (fig. 122 et 123) que construisent MM. Hodgson Hartley, Ltd, de Cleckheaton, est à commande purement pneumatique. Nous y retrouvons le sommier M à garniture de bois O, ajustable au moyen d'écrous sur les colonnes N. Le démoulage se faisant en dehors du plateau de serrage, la table E est montée sur un chariot F, roulant sur deux bâtis latéraux DE. La table G est réduite à un simple cadre pour recevoir la plaque-modèle. Le bâti latéral E porte un réservoir-distributeur d'air et les robinets de commande.

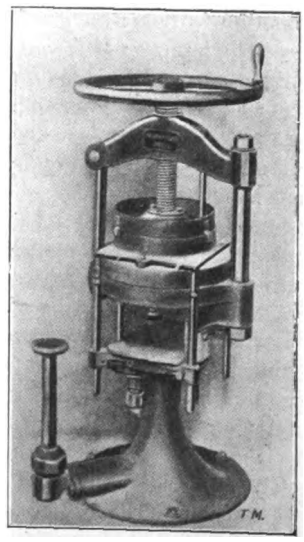


Fig. 121. — Machine à mouler à serrage par vis. Etablissements Bonvillain et Ronceray, Paris.

Le mécanisme de serrage comporte un piston fixe B et un cylindre mobile K, sur le fond duquel sont boulonnées deux

Digitized by Google

consoles L. Le chariot F portant une plaque-modèle reçoit un châssis et une rehausse dans lesquels on charge le sable. On pousse le chariot sous le sommier et, par la manœuvre d'un robinet, on admet de l'air comprimé de 5 kg 5 à 7 kg de pression par centimètre carré au-dessus du piston B. Le cylindre K monte et, par les garnitures de bois de ses consoles L, il soulève la table et le châssis qu'il serre contre le sommier O. En renversant le robinet d'air, on ferme l'admission et on ouvre l'échappement du cylindre K; la table et le moule redescendent à leur position initiale; on les fait rouler en dehors de la machine sur les bâtis latéraux DE, puis on renverse la table. En admettant de l'air comprimé dans les deux cylindres C, on applique le chariot sous le moule qu'on déclavette. Le démoulage s'opère par descente du moule sur le plateau, en utilisant le cylindre central C_1 qui fait frein hydro-pneumatique au départ, pendant que le moule se dégage de la plaque-modèle. Pour aider au démoulage, il existe ici un appareil J, très en faveur dans les machines à mouler américaines, appelé vibrateur. Il consiste en un petit cylindre fixé sous la table et relié par un tuyau de caoutchouc au réservoir d'air comprimé. Dans ce cylindre, un piston va et vient, avec une grande rapidité, d'une extrémité à l'autre, les chocs étant amortis par des ressorts. Ce vibrateur produit un ébranlement du modèle qui doit favoriser son décollement du sable. En pratique, il n'agit pas de façon uniforme et les pièces ne sont pas toujours absolument interchangeables.

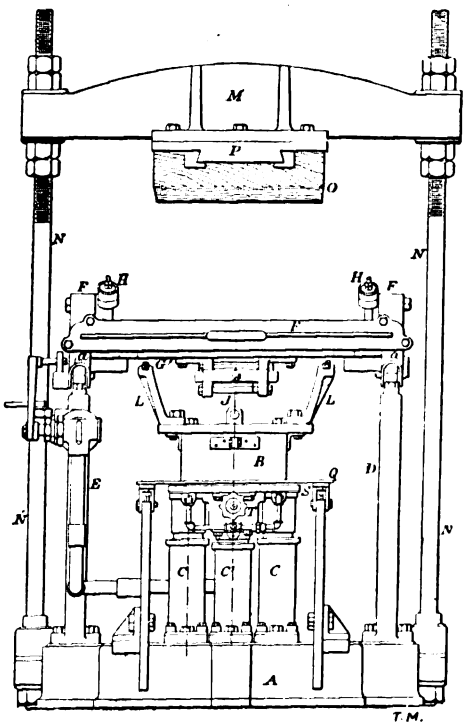


FIG. 122.

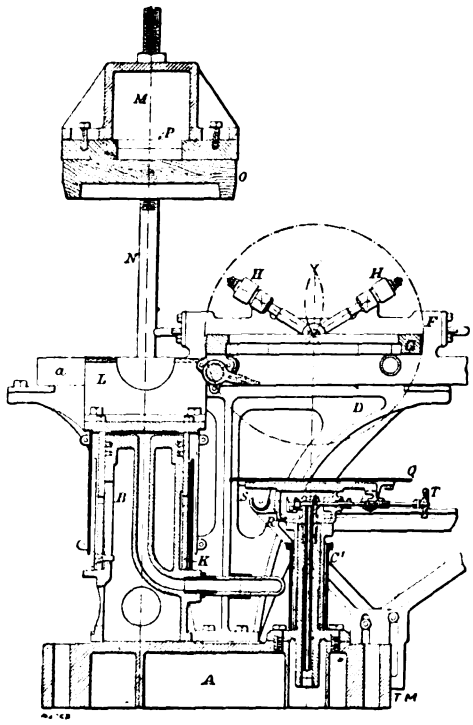


FIG. 123.

FIG. 122 et 123. — Machine à mouler Brookhouse, construite par MM. Hodgson Hartley Ltd, Cleckheaton.

La machine Tabor, de la Tabor Manufacturing Company, à Philadelphie, appartient aussi à cette classe. Le piston A (fig. 124) du cylindre de serrage B enveloppe le cylindre de démoulage C. Il travaille avec de l'air à 4 ou 5 kg/cm² de pression, suivant la qualité du sable et la nature du travail. La pression est réglable à l'aide d'un manomètre. Le démoulage s'opère au moyen du petit piston D.

Pour cela, lorsqu'on relève le levier de manœuvre, on admet de l'air comprimé à l'intérieur du grand piston A, lequel est rempli d'huile. Le liquide refoulé par l'air pénètre par l'orifice F dans le cylindre C et pousse le piston D qui porte les chandelles soulevant le châssis avec le moule. Le même mouvement de levier met en action le vibrateur pneumatique. Quand le piston D commence à redescendre, un clapet K s'ouvre et assure le retour rapide.

Dans les grosses machines, le mouvement de bascule du sommier est commandé pneumatiquement.

Les châssis admis sur ces machines vont de 350 × 400 mm à 760 × 1 220 mm; la hauteur de course du piston va de 100 à 305 mm.

Le diamètre du cylindre de serrage est de 330 mm dans le premier cas, 915 mm dans le second. Ce sont là des dimensions considérables nécessitées par les pressions relativement faibles de l'air comprimé employé.

Emploi de l'air comprimé par percussion; « Jarring » ou « Jolt ramming » machines.— L'air comprimé a été utilisé pour le moulage de façon toute différente de la précédente, dans une série de machines à serrage par percussion dites *Jarring* ou *Jolt ramming*. Le châssis et le sable soulevés par un piston retombent sur une enclume et subissent un secouage à coups précipités. La seule force qui produise ici le serrage est, en réalité, la pesanteur; la compression du sable devient indépendante de la pression de l'air qui soulève le piston; aussi ce procédé se prête-t-il au serrage des grands moules que ne permet pas autrement l'air comprimé.

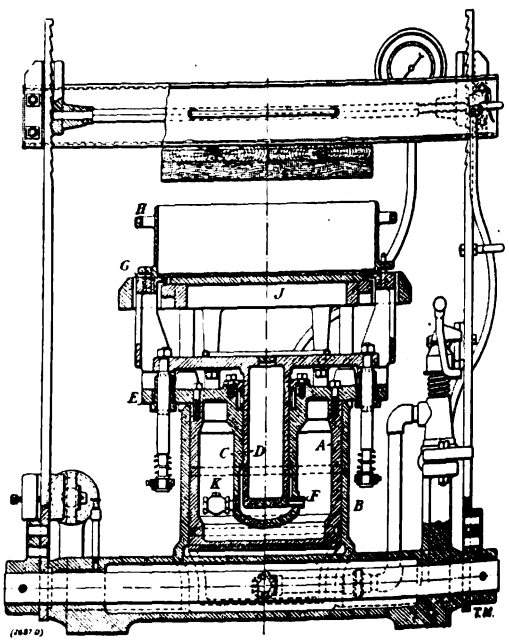


FIG. 124. — Machine à mouler pneumatique Tabor Mfg Co, Philadelphie.

On conçoit qu'un tel procédé de travail ait cependant quelques inconvénients graves. Des chocs trop violents briseraient le moule et, d'autre part, ces chocs ébranlent le sol et sont une gêne pour le voisinage. C'est à ce point qu'on doit arrêter des machines de ce genre pendant l'exécution de grands moules dans les environs.

(*A suivre.*)

L. DESCROIX,
Ingénieur,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

Digitized by Google

AGRONOMIE

LES MACHINES AU CONCOURS GÉNÉRAL AGRICOLE

(17-26 FÉVRIER 1913)

La construction du matériel agricole est l'une des branches les plus prospères de notre industrie nationale (1). Les progrès de la culture, la rareté de la main-d'œuvre rurale imposent non seulement à l'agriculture des machines plus nombreuses, mais encore des instruments nouveaux, effectuant un travail plus énergique ou plus parfait, donnant un rendement supérieur ou pouvant remplacer une catégorie d'ouvriers qui disparaît. Le matériel de culture mécanique, les machines à traire, les appareils pour buanderies: laveuses, essoreuses, etc., font partie de ces nouveaux venus, rendus obligatoires par les modifications profondes qui se produisent dans nos méthodes culturales et par la disparition de l'ouvrier rural.

L'importance du concours général agricole s'en ressent : 475 exposants en 1910, 559 en 1911, 605 en 1912, 665 en 1913, telle est la progression des quatre dernières années. Elle est suffisamment imposante pour qu'il ne soit pas nécessaire de l'entourer de commentaires.

L'augmentation du nombre des fabricants n'empêche pas les usines anciennes d'accroître leur production. La vente du matériel agricole augmente donc dans une forte proportion et l'on ne prévoit pas que les besoins puissent diminuer dans l'avenir, car la plupart des machines, soumises à de rudes épreuves et souvent mal conduites, doivent être renouvelées fréquemment. Il existe en outre des régions nombreuses où l'outillage est encore bien rudimentaire et où il faut prévoir une vente active d'instruments plus perfectionnés. Les beaux jours semblent donc devoir durer éternellement pour nos constructeurs de machines agricoles, si l'augmentation des usines et de la production et par conséquent de la concurrence, ne dépasse pas des limites raisonnables.

Nous n'essaierons pas de donner un compte rendu complet du Concours général agricole. Comme les années précédentes, nous nous limiterons à l'étude des machines nouvelles présentant un réel intérêt en agriculture, ou pouvant être employées dans l'industrie. Nous continuerons à adopter l'ordre dans lequel on les utilise à la ferme.

I. — Machines servant a la préparation du sol.

Dans les *charrues brabant*, les modèles avec levier de relevage sur le côté, servant au réglage en profondeur, prennent une grande extension et plaisent beaucoup, surtout dans les régions de culture extensive. Très bien lancés au point de vue commercial par nos plus importantes maisons de représentation, ils se répandent surtout dans l'Est de la France, certains départements de l'Ouest et dans la plupart des régions du Midi et du Centre. Beaucoup de ces brabants sont de fabrication belge ; les constructeurs français leur reprochent souvent le manque de solidité de l'avant-train. Si les régions de culture intensive ne les ont pas adoptés jusqu'à présent, ce qui tendrait à faire croire que cette crainte est justifiée, il faut reconnaître qu'aucune plainte ne parvient des cultivateurs qui les emploient couramment. Cette critique ne doit donc être acceptée que sous toutes réserves.

Les maisons françaises se rendent compte d'ailleurs de l'intérêt qu'ils présentent. Quelques-unes, comme *Prat et Chevalier*, les construisent depuis longtemps; les *Etablissements Bajac* en ont présentés dans de précédents concours. La maison *Magnier-Bédu* en expose cette année une série bien soignée, mais ne présentant aucune particularité intéressante au point de vue de la construction.

Dans les brabants doubles ordinaires, *MM. Dollé-Chaubey et Cie* emploient des étançons formés d'une tôle d'acier emboutie fixée à l'âge à l'aide de brides.

Dans le *Stand Ventzki* se trouve un nouveau *dispositif de réglage de direction* des charrues polysocs. Placé sur le côté gauche et à l'avant, il se compose d'un levier, agissant sur les pièces de traction, en modifiant la direction et par conséquent celle de l'instrument. L'ouvrier, qui se tient normalement à gauche de la charrue, près de la vis de redressement de la roue de sillon, possède ainsi à sa portée cette vis de redressement et le levier de direction.

Pour travailler dans des conditions tout à fait exceptionnelles de dureté, pour labourer des chemins d'exploitation ou même

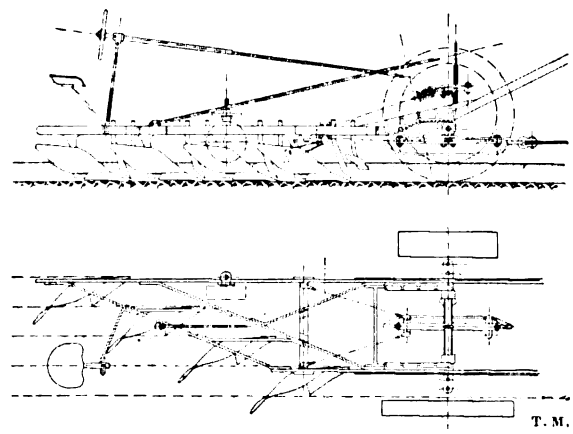


Fig. 1. — Charrue-bascule polysoc à déplacement du centre de gravité pour labours légers.

défoncer les routes, M. Gilbert présente une charrue de *M. C. Delin*, dans laquelle le soc a été remplacé par cinq grosses mèches ou tarières travaillant horizontalement et jouant le rôle de perforatrices. Elles reçoivent un mouvement continu de rotation, à l'aide d'un moteur placé sur l'avant-train ou par une transmission à joint de cardan les mettant en relation avec le moteur d'un tracteur, qui sert en outre à remorquer la charrue. Dans le premier cas, cet instrument est tiré par un attelage ordinaire.

Au-dessus des mèches et à l'arrière, se trouve un versoir ayant la forme et la disposition habituelles et qui rejette sur la droite la partie travaillée. La machine présentée n'est qu'un modèle d'étude qui n'est d'ailleurs pas complètement terminé.

Dans les instruments créés en vue de la *traction mécanique* se trouve une série de machines très bien étudiées. La *maison Fondeur* présente une *charrue balance polysoc* destinée soit à la traction par câble, soit au remorquage direct à l'aide des tracteurs.

Les *Etablissements Bajac* exposent plusieurs modèles établis en vue de la culture intensive, ou destinés à l'exploitation extensive dans les pays neufs, comme certaines régions de l'Amérique.

On y remarque tout d'abord une *charrue bascule polysoc*, à déplacement du centre de gravité (fig. 1), dont le premier

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, nos 5 et 6 (avril et mai 1909), p. 191 et 240 ; t. II, nos 8 et 9 (août et septembre 1910), p. 451 et 496 ; t. III, n° 5 (mai 1911), p. 283 ; t. IV, nos 8 et 9 (15 avril et 1er mai 1912), p. 297 et 336.

Digitized by Google

exemplaire a figuré au Concours de Bourges en 1912; elle a été spécialement établie pour les labours légers.

On sait qu'en terrain dur, lorsque la profondeur du labour est peu importante, toute charrue bascule du type ordinaire a tendance à perdre raie et produit un travail peu régulier en profondeur. Ce modèle, à déplacement du centre de gravité, est étudié pour parer à cet inconvénient.

Les deux corps de charrue opposés sont établis à la façon habituelle, mais au lieu d'osciller seulement au milieu, ils portent latéralement, dans cette partie, deux chemins de roulement qui s'appliquent sur deux galets fixés sur un arbre transversal solidaire du cadre central portant les roues.

Par cette disposition, on conçoit que les corps de charrue puissent se déplacer par rapport au support central de façon à reporter à volonté, d'un côté ou de l'autre, le centre de gravité de la partie basculante.

Pour assurer le parallélisme du déplacement et éviter le coincement des galets, les chemins de roulement portent latéralement une denture crémaillère engrenant avec un pignon faisant corps avec chacun des galets; ces deux pignons galets étant clavetés sur le même arbre, le roulement se trouve correctement guidé.

La traction du câble se fait sur le cadre central portant les

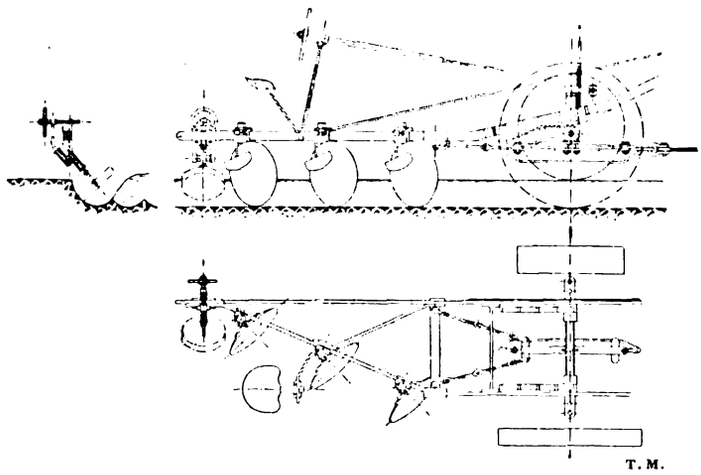


FIG. 2. — Charrue-bascule à disques avec déplacement du centre de gravité.

roues, par l'intermédiaire d'une barre qui assure la position verticale dudit cadre pendant le travail. Le déplacement de la charrue est limité par des chaînes disposées en V; il se règle en changeant le point d'attache des chaînes, sur la barre de traction; s'il se trouve au dernier trou, le déplacement est nul et la charrue se comporte alors comme un modèle bascule ordinaire.

L'avantage de ce système est de reporter une plus grande partie du poids sur le côté en travail de façon à provoquer un talonnage énergique.

Pour éviter le choc du premier soc sur le sol au moment du renversement, une béquille a été disposée sur le côté du bâti; elle s'incline naturellement vers l'arrière lorsque la charrue avance.

Pour les pays neufs, où l'on rencontre fréquemment de fortes racines dans lesquelles s'engagent les socs à agression, la maison Bajac a établi une *charrue bascule* avec déplacement du centre de gravité comme dans celui ci-dessus, mais dans lequel les corps de charrues sont remplacés par des *disques* (fig. 2). Comme ceux-ci n'ont pas d'agression propre et n'attaquent le sol que sous la pression d'un poids donné, ils peuvent passer par-dessus l'obstacle lorsque sa résistance devient supérieure à la pression exercée par les disques. On évite ainsi la détérioration des organes si fréquente avec les charrues ordinaires. Les étançons qui supportent les disques sont amovibles et réglables. Un galet roulant règle le talonnage et maintient la position correcte de la charrue qui, sous la poussée due au travail sur les disques, a tendance à obliquer par l'arrière. Ce galet réglable remplace, en réalité, le talon et le contre-sep des charrues.

Les modèles ci-dessus sont destinés aux travaux ordinaires ou légers. Ce constructeur a aussi établi des charrues polysocs modèles fort pour les labours plus énergiques. La figure 3 représente une *charrue polysoc bascule* destinée au labourage à vapeur par câble *avec bâti dit en zigzag* ou en escalier. La construction de ce bâti est entièrement dégagée au-dessus des versoirs de telle sorte qu'il n'y a pas à craindre de bourrage. Cette charrue est construite pour labour maximum de 0m,35 avec fouillage de 0m,15. La largeur de travail est de 1m,68. Les socs fouilleurs, très larges, assurent un ameublissement complet dans la partie fouillée.

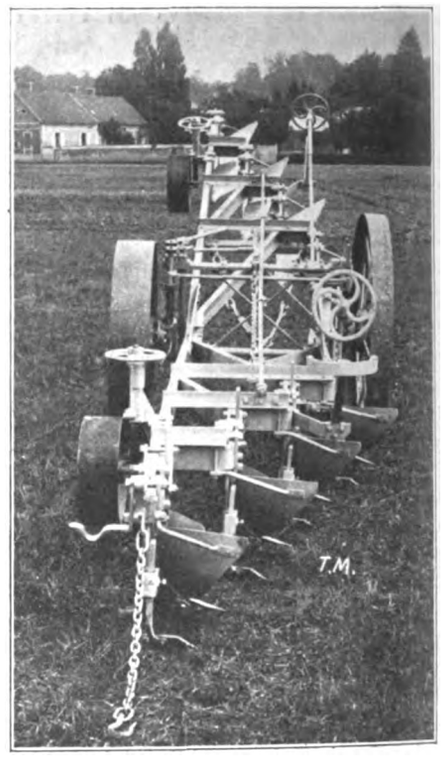


FIG. 3. — Vue de la charrue-bascule polysoc à bâti zigzag.

Le modèle représenté par la figure 4 est également destiné à effectuer des travaux très énergiques; le bâti dont il est muni est plus rigide que celui en zigzag indiqué ci-dessus et la surélévation de la barre d'arrière laisse beaucoup de dégagement au-dessus des versoirs. Les étançons sont en tôle d'acier et facilement démontables, ce qui permet de supprimer, si besoin en est, le dernier corps de charrue. On peut obtenir avec cette machine un labour maximum de 0m,35 de profondeur; son poids est de 5600 kg, avec coutres et rasettes.

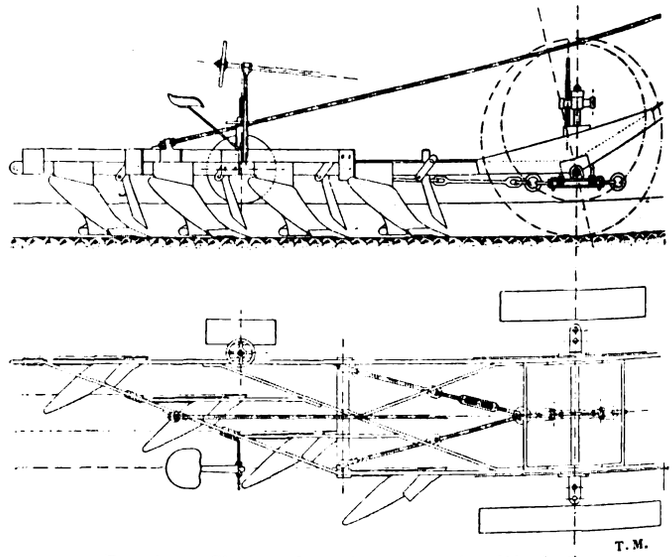


FIG. 4. — Charrue-bascule polysoc (modèle fort).

Nous signalerons enfin dans cette intéressante série *un bisoc*

Digitized by Google

bascule avec griffes fouilleuses destiné à faire un labour de 0m,35 avec fouillage de 0m,12 environ. La particularité de sa construction réside dans la disposition des griffes fouilleuses, qui travaillent à l'avant et à droite de chaque soc dans le fond de la raie creusée par le corps de charrue précédent. De cette façon, la roue de la charrue ne passe pas sur le fouillage, comme cela se produit

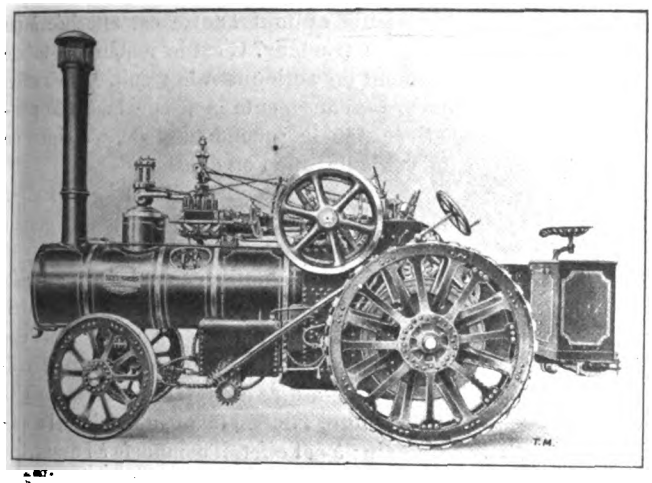


Fig. 5. — Vue de la locomotive routière de la Société française de matériel agricole.

lorsque les griffes sont placées à l'arrière; l'effort de traction se trouve donc plus réduit bien que le fouillage soit plus efficace. La barre arrière du bâti de cette charrue est surélevée de façon à donner le dégagement nécessaire au-dessus des versoirs.

Les *appareils servant à la traction mécanique* sont très largement représentés. La plupart d'entre eux sont déjà connus des lecteurs de *La Technique Moderne*, pour avoir été décrits, soit dans les précédents comptes rendus du concours général agricole, soit dans celui du concours de motoculture de Bourges. Nous ne reviendrons donc pas sur le tracteur-treuil Bajac, les tracteurs Arion, Lefebvre, Gilbert, Case, la charrue Linard Hubert, décrits précédemment, mais il convient de signaler plusieurs appareils nouveaux ou figurant pour la première fois au concours général agricole.

Dans les tracteurs à vapeur, sorte de locomotives routières à larges roues pouvant servir à faire du remorquage sur route ou de la traction directe pour les travaux de culture, se trouvent les modèles nouveaux de la *Société française de matériel agricole et industriel* et celui de la *Société franco-hongroise*.

Le premier comporte un moteur d'une puissance de 20 à 25 ch à distribution par soupapes (fig. 5). La barre de l'excentrique présente deux échancrures qui déplacent des galets, fixés à des manivelles, à mouvement circulaire alternatif soulevant les soupapes aux moments voulus; il y a deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement. La chaudière est timbrée à 12 kg et le tracteur pèse environ 7 t et demi à vide et 8 t et demi en ordre de marche.

La *locomobile routière de la Société franco-hongroise* est du système compound fonctionnant à haute pression. Ses caractéristiques principales sont les suivantes:

Alésage du petit cylindre	152 mm
— du grand cylindre	267 mm
Course	300 mm
Surface de chauffe	18m²,48
Pression	15 atm.
Roues motrices	2 000 × 700 mm
— avant	1 370 × 315 mm
Poids approximatif	12 670 kg

Cette machine, du type dit de 55 à 60 ch effectifs, peut développer 85 ch au frein; elle peut être utilisée soit pour le labourage direct, soit pour la traction par câble à l'aide d'un treuil.

La Société franco-hongroise, qui se fait remarquer par une construction extrêmement soignée, possède aussi un modèle de routière avec treuil monté sous la machine, d'une puissance effective de 50/60 ch, pouvant développer 80/90 ch pour un travail de faible durée. Cette machine n'était pas exposée.

Dans les tracteurs avec moteur à explosion, on ne trouve qu'un seul appareil nouveau; c'est l'Avery (fig. 6), qui a déjà pris part aux expériences de Reims où il remorquait une charrue à cinq socs, munie de fortes rasettes et une herse égalisant le labour. La profondeur atteinte variait de 22 à 25 cm.

Ce tracteur est pourvu d'un moteur horizontal à deux cylindres opposés, fonctionnant au benzol ou à l'essence. Il tourne à une vitesse de 400 à 500 tours et développe au frein une puissance de 35 ch. L'allumage se fait par magnéto et il comporte un régulateur Pickering, monté sur un arbre vertical, qui agit sur l'admission du mélange tonnant. Le refroidisseur, placé à l'avant, se compose d'une série de tubes verticaux et fonctionne par thermo-syphon. Le mécanicien chargé de conduire le tracteur se tient à l'arrière sur une plate-forme à ressorts qui amortit les trépidations.

La charrue à cinq socs, livrée généralement avec ce tracteur, est munie d'un dispositif très spécial qui permet d'obtenir le déterrage des socs à l'aide d'une crémaillère à manivelle; on supprime ainsi la série des leviers dont sont habituellement pourvues les charrues américaines.

Les tracteurs-treuils sont plus largement représentés que de coutume. Nous devons signaler tout d'abord une *locomotive routière Aveling et Porter*, avec tambour horizontal fixé au-dessous de la chaudière et servant à l'enroulement et au déroulement du câble de traction. Ces puissantes machines fonctionnent comme le matériel Fowler qu'emploient quelques sociétés de labourage de la région du Nord. Les locomotives-treuils, au nombre de deux, sont placées à chaque bout du champ et, à l'aide d'un câble s'enroulant sur leurs treuils, tirent alternativement une charrue-balance fonctionnant en navette.

Voici quelques chiffres, que nous extrayons d'un rapport relatif au fonctionnement de la Société agricole de labourage à vapeur de Plessis-Belleville, et qui montrent les résultats que l'on peut atteindre avec des matériels de ce genre. La Société

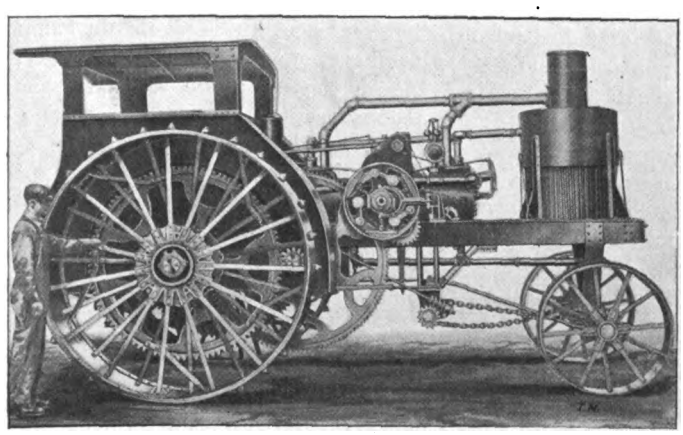


Fig. 6. — Vue du tracteur, système Pilter-Avery.

ci-dessus possède deux locomotives-treuils, type Fowler, pesant 25 000 kg et pouvant développer une puissance de 180 ch au timbre de 13 kg et à 300 tours à la minute.

Dans la propriété de M. Roland, à Berbery, en terres argilo-calcaires, assez lourdes, ce matériel a fait 24 ha 3590 de gros labour sur terres déchaumées irrégulièrement à une profondeur moyenne de 0m,28 à 0m,30 avec sous-solage supplémentaire

Digitized by Google

de 0m,12 à 0m,13 et 15 ha 3570 de petit labour de 0m,08 à 0m,10 sur betterave, le tout du 25 octobre au 3 novembre; elle n'a pas travaillé le dimanche 29 ni le 1er novembre et n'est arrivée sur le terrain le 25 octobre qu'à 3 heures de l'après-midi. Le gros labour a nécessité 400 kg de briquettes à l'hectare et une consommation d'eau proportionnelle. Pour les travaux moyens, 300 à 350 kg de charbon suffisent. L'alimentation des deux machines en eau a été assurée assez facilement par deux tonneaux alternatifs de 1 200 l, six bœufs, un conducteur et un enfant jusqu'à 3 ou 4 km de distance; deux bœufs assuraient le service sur route et les quatre autres le va-et-vient de la route aux machines, à travers les terres.

MM. Pecard frères présentent une *petite locomotive-treuil* à vapeur qui est très estimée dans le Midi, en particulier dans le Gard, l'Hérault et les Bouches-du-Rhône. Cette machine a une force effective de 30 ch. Les roues motrices ont un diamètre de 1m,70 et une largeur de 0m,45. Les petites roues ont 1m,10 sur 0m,25 de largeur de jante. La vitesse de labour atteint 25 m à la minute, lorsqu'il s'agit de défoncements très profonds dans des terres difficiles, et 35 à 40 m pour les défoncements ordinaires. Le treuil de labourage peut contenir 250 m de câble. Cette machine pèse 9 460 kg. La maison construit aussi d'autres modèles plus puissants qui se demandent surtout en Algérie.

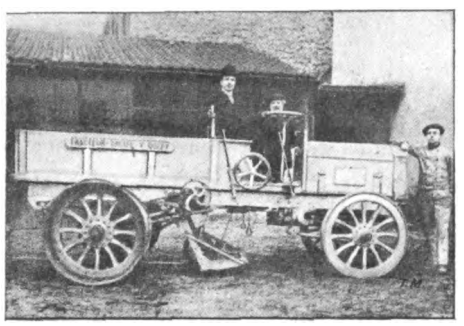


Fig. 7. — Vue du tracteur-treuil, système Doizy.

Dans les appareils munis de moteurs à explosion, *M. Doizy* présente un *camion à ancrage automatique*, fonctionnant par bonds comme le tracteur-treuil Bajac.

Cet appareil (fig. 7) est muni d'un moteur Abeille à quatre cylindres, ayant une vitesse de régime de 800 à 900 tours par minute et une force de 20 ch. L'aspect général est celui du camion automobile ordinaire avec roues en bois, à bandages ferrés, directrices à l'avant (diamètre 0m,90) et motrices à l'arrière (diamètre : 1 m). Celles-ci peuvent recevoir un bandage démontable muni de grappins pour le labourage. L'ancrage automatique rappelle la bèche Castelin; elle est articulée au châssis, en avant de l'essieu arrière, et comporte une plaque de compression venant s'appuyer horizontalement sur le sol avec lames d'ancrage s'enfonçant verticalement et empêchant le recul sous l'effet de la traction. Le treuil, placé à l'arrière, a son axe parallèle à l'essieu et peut être actionné à trois vitesses assurant au câble un déplacement de 0m,40, 0m,85 ou 1 m par seconde. Le câble passe sur une poulie de renvoi articulée à l'ancrage avant de se diriger vers la charrue. Cette disposition a pour résultat d'appuyer d'autant plus l'ancrage sur le sol que la traction est plus élevée.

L'enroulement du câble est régularisé par un embobineur commandé par une double vis. Ce tracteur-treuil se déplace aux vitesses de 4, 8, 5 et 10 km à l'heure.

En dehors du fonctionnement par bonds successifs pour les travaux exigeant beaucoup de traction, il peut remorquer directement des machines légères, ou actionner par poulie les instruments d'intérieur de ferme, batteuses, etc.

En dehors de ce modèle qui, pendant le labourage, exerce une traction perpendiculaire aux essieux, M. Doizy construit des tracteurs-treuils, pourvus d'un ancrage identique à celui décrit précédemment, mais placé parallèlement aux longerons du châssis. La traction s'effectue alors perpendiculairement à l'axe longitudinal du véhicule. Ce modèle est établi pour travailler de la même façon que les matériels à vapeur. On utilise deux tracteurs-treuils, placés à chaque bout de la partie à travailler et qui tirent alternativement une charrue à bascule.

Ces appareils s'établissent aussi non automobiles. Le déplacement dans la fourrière s'effectue alors en halant le châssis au moyen d'un petit câble dont l'une des extrémités s'enroule sur un treuil fixé sur le véhicule et dont l'autre est attachée à un point fixe situé en avant du tracteur. C'est le moteur lui-même qui effectue ce déplacement en actionnant le treuil. L'opération se fait au fur et à mesure qu'augmente la partie labourée pendant que la charrue, tirée par le second tracteur, s'éloigne en déroulant le câble du véhicule que l'on déplace.

Le poids de ces appareils est d'environ 3 000 kg et malgré leur légèreté relative, ils peuvent exercer des efforts très grands grâce à l'adhérence considérable de leur système d'ancrage.

Dans les appareils de labourage à outils commandés, *la Société La Motoculture française* expose un petit modèle de l'appareil *le Motoculteur* dont nous avons parlé précédemment. C'est une machine de 0m,90 de largeur, pourvue des mêmes pièces travaillantes que le type courant, c'est-à-dire d'une fraise à dents flexibles tournant à 180 tours à la minute. Tout en étant automobile, l'appareil doit être dirigé à la main; à cet effet, il comporte à l'avant, des brancards tenus par un homme chargé d'assurer la direction. Il peut également faire varier la profondeur de travail en agissant verticalement sur les brancards; c'est ainsi qu'on effectue le déterrage des pièces travaillantes aux extrémités des rayages. Pour tourner sur place, l'ouvrier bloque l'une des roues motrices avec un cliquet. L'appareil est muni d'un moteur Peugeot à deux cylindres, d'une puissance de 10 à 12 ch à 1 000 tours. Il produit une véritable pulvérisation du sol et est spécialement destiné à la culture de la vigne et des plantes arbustives.

Nous signalerons enfin, dans les appareils de motoculture étudiés pour les travaux de labourage, le *treuil* présenté par les *Etablissements De Dion Bouton*. Ce treuil est accouplé avec un moteur monocylindrique à marche lente d'une puissance de 12 ch, le tout monté sur un chariot à quatre roues, type artillerie; le moteur est placé à l'avant et commande par courroie le treuil situé au-dessus de l'arrière-train; le câble passe sur une poulie de renvoi, placée au centre du chariot, avant de se diriger vers l'instrument de culture. L'ensemble n'est pas automobile. Son avancement dans la fourrière est obtenu à la main à l'aide d'une manivelle commandant les roues arrière par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'une roue dentée.

Dans les instruments destinés à compléter l'ameublissement du sol, tels que les rouleaux, cultivateurs, herses, etc., on ne rencontre que des modifications de détail sans intérêt. Pour les extirpateurs, cultivateurs, la tendance actuelle est aux instruments à ressorts dont la traction est plus douce et le travail excellent à tous points de vue. Pour des terres difficiles et spécialement dans les sols rocheux, *M. Moreau* présente un *extirpateur* d'une solidité exceptionnelle et pouvant au besoin arrêter l'attelage lorsqu'une résistance anormale vient faire obstacle au passage des dents.

La maison *Champenois-Rambeaux* présente un *cultivateur avec dents rigides à sections carrées* et montage à ressort, ce qui donne une demi-souplesse et réunit les avantages du cultivateur canadien ordinaire et des instruments rigides.

Le même constructeur a étudié un modèle de *rouleau monté sur roues* pouvant pivoter de façon à se trouver dans le sens transversal pour le travail dans les champs, et dans le sens longitudinal pour le transport sur route. Cet appareil est demandé dans des régions où les chemins sont trop étroits pour que des rouleaux ordinaires, de longueur normale, puissent circuler librement.

(*A suivre.*)

H. Pillaud,
Ingénieur-agronome.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Application aux locomotives d'un réchauffeur d'eau d'alimentation sur le réseau de l'Etat.

Deux locomotives du réseau de l'Etat ont reçu l'application, à titre d'essai, d'un réchauffeur d'eau d'alimentation, système Caille et Potonié, destiné à alimenter la chaudière en eau chaude par utilisation de la vapeur d'échappement.

L'un des appareils a été monté sur la locomotive 030-736, le second sur la locomotive 040-880.

Nous allons donner la description sommaire du dispositif et le compte rendu des résultats obtenus.

L'ensemble du réchauffeur d'eau d'alimentation, système Caille et Potonié, comporte un condenseur à surface dans lequel l'eau provenant du tender est réchauffée par une dérivation de la vapeur d'échappement. Une pompe d'alimentation à l'eau chaude, mue par un « petit cheval », refoule l'eau réchauffée à l'intérieur de la chaudière.

Une série d'organes complémentaires (tuyauterie, commandes, régulateur, pyromètre, etc.), assure et permet de vérifier le fonctionnement.

En cas d'avarie, l'appareil peut être mis hors circuit et l'alimentation de la chaudière effectué par les injecteurs conservés comme moyen de secours.

La comparaison de la consommation de combustible de ces deux machines avec celle des autres locomotives de la même série, alimentées par injecteurs, ayant assuré un même roulement, a donné, pour une période de près de quatre mois, du 1er janvier au 20 avril 1912, les chiffres mentionnés au tableau I :

Certaines circonstances étrangères au fonctionnement propre de l'appareil expérimenté ont certainement favorisé la machine 030-736, pour laquelle l'économie obtenue (19 °/₀) se trouve supérieure au chiffre théorique, voisin de 14 °/₀ et correspondant, en fait, à l'économie moyenne réalisée par les deux locomotives munies du réchauffeur.

Toutefois, il est possible que, pour cette machine, l'économie réellement obtenue ait été supérieure à ce dernier taux, en raison de l'amélioration du rendement de la chaudière résultant des conditions plus favorables dans lesquelles elle a fonctionné par suite de l'alimentation continue en eau chaude, conditions dont l'ensemble ne s'est pas trouvé réalisé au même point, pour la machine 030-880 (9 °/₀).

Indépendamment de l'économie de combustible obtenue par le réchauffage et de l'augmentation de puissance de la locomotive qui en est la conséquence, le système semble devoir présenter certains avantages importants, savoir :

1° La réduction de l'entartrement, les sels calcaires contenus dans l'eau se déposant à l'intérieur du réchauffeur, d'où ils peuvent être facilement évacués, sous forme de boues peu adhérentes ;

2° La suppression des inconvénients résultant de l'introduction, dans la chaudière, d'eau relativement froide, ce qui peut occasionner le desserrage des tubes à fumée et la fissuration des plaques tubulaires.

Au cours des essais, aussi bien qu'en service régulier, le fonctionnement a toujours été satisfaisant sur l'une comme sur l'autre locomotive. L'appareil n'a donné lieu à aucune observation particulière, notamment en ce qui concerne la dérivation de vapeur sur l'échappement ; le tirage n'a paru nullement gêné.

Le réchauffeur proprement dit s'est bien comporté et les visites faites ont permis de constater qu'il n'y avait pas de tartre adhérent à l'intérieur de la caisse à eau du réchauffeur, ni sur le pourtour de son faisceau tubulaire.

En dehors des installations effectuées par le réseau de l'Etat, l'appareil Caille et Potonié a fait l'objet d'un certain nombre d'applications, tant sur les locomotives des réseaux français que sur celles de certaines Compagnies étrangères.

En ce qui concerne les réseaux français, nous citerons :

Le Nord (y compris le Nord belge) . . .	62	locomotives	munies.
La Ceinture.	15	—	—
Le P.-L.-M. . . . . (à l'essai)	2	—	—

Au chemin de fer du Nord, les résultats obtenus en service courant avec les machines munies et non munies, affectées à un même dépôt du réseau français, ont accusé une économie moyenne de combustible de plus de 8 °/₀ en faveur du réchauffeur. Les appareils montés n'ont donné lieu à aucune observation relativement à leur entretien et on n'a constaté, sur les locomotives munies, aucune diminution du tirage, ni aucune contre-pression supplémentaire aux cylindres.

L'emploi du système a permis de simplifier le travail du chauf-

TABLEAU I. — TABLEAU COMPARATIF DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC DES LOCOMOTIVES ALIMENTÉES PAR RÉCHAUFFEURS ET LOCOMOTIVES ALIMENTÉES PAR INJECTEURS.

Locomotives 030-736 et 030-880 alimentées par réchauffeur d'eau d'alimentation, système Caille-Potonié				*Autres locomotives de la série 030-531 à 030-885 alimentées par injecteurs*				ÉCONOMIE MOYENNE de combustible (en chiffre rond) réalisée par les deux locomotives munies du réchauffeur
NUMÉROS des locomotives	TONNES remorquées par km	CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE EN KG		NOMBRE de locomotives mises en comparaison	TONNES remorquées par km	CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE EN KG		
		totale	par 100 t/km			totale	par 100 t/km	
030-736	2 166 752	142 850	6,59	5	8 758 416	717 850	8,19	
030-880	1 812 840	138 700	7,65	3	4 142 805	345 800	8,34	
Récapitulation . .	3 979 592	281 550	7,07		12 901 221	1 063 650	8,24	14 °/₀ .

NOTA. — La température de l'eau introduite dans la chaudière par l'emploi du réchauffeur d'eau d'alimentation a atteint, moyennement, de 85° à 90°.

Digitized by Google

feur qui, une fois la pompe réglée pour le débit voulu, n'a plus à y toucher, surtout dans les trains directs.

Etant donnés ces bons résultats, le réseau d'Etat envisage une application assez étendue du réchauffeur d'eau d'alimentation, système Caille et Potonié, et il va commencer par munir de ce dispositif 85 machines prises parmi ses divers types.

Pour les machines des séries 4 500, 2 500, 2 700, 2 800 et Pacific, qui constituent les types fondamentaux des locomotives modernes du réseau, la dépense moyenne de combustible, par machine et par an, varie, suivant le type, entre 12 000 et 20 000 fr environ.

Le coût de l'installation du réchauffeur (y compris l'acquisition des appareils accessoires, les frais de montage et le paiement des droits de brevet) est environ de :

a) Par locomotive d'environ 3 m² de surface de grille. . 4 124 fr
b) Par locomotive d'environ 4 m² de surface de grille. . 4 675 fr

On peut donc escompter, en gros, et en admettant une économie moyenne de 8 °/₀ seulement, que la dépense d'établissement serait amortie dans une période de trois à quatre ans, suivant les parcours annuels, et, qu'après cette période, l'appareil permettrait de réaliser une économie de combustible variant de 1 000 à 1 600 fr par machine et par an. J. NETTER.

Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains (1).

Les différentes applications du pendule, en vue d'obtenir la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains en marche, ont eu pour point de départ les expériences faites par M. Desdouits, ancien Ingénieur en Chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Etat français.

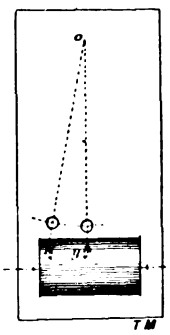


FIG. 1. — Principe du pendule système Desdouits.

M. Desdouits avait pensé que les appareils dynamométriques ordinaires à ressorts ne se prêtent pas complètement à l'étude des conditions dynamiques d'un système mobile considéré dans son ensemble, en raison de ce que seule la résistance des véhicules placés derrière le wagon renfermant les appareils d'expérience peut être mesurée, laissant inconnus les éléments provenant de la machine et de son tender.

Se basant sur les principes fondamentaux de la mécanique rationnelle, d'après lesquels l'ensemble des forces appliquées à un système en mouvement peut se ramener à une force unique, la force d'inertie, laquelle est fonction de l'accélération, M. Desdouits se proposa de construire un appareil permettant de mesurer à tout instant cette accélération.

L'appareil qu'il conçut dans ce but, dans sa forme élémentaire, se ramenait à un pendule de masse m, oscillant dans un plan parallèle à la marche, et prenant constamment une position angulaire correspondant à la valeur de l'accélération positive ou négative w, de sorte que, pour un angle déterminé α du pendule, on ait :

$$tg\alpha = \frac{w}{g}.$$

Dans le prolongement de la tige de suspension, un crayon vient au contact de la génératrice supérieure d'un cylindre horizontal (fig. 1), et ce cylindre, animé d'un mouvement de rotation continu, reçoit l'empreinte d'un diagramme dont les ordonnées mesurent, proportionnellement, l'accélération du train à tous les moments de sa marche :

$$AA' = y = OA\, tg\alpha = OA\frac{w}{g}$$

d'où l'accélération :

$$w = \frac{g}{OA}y$$

et l'effort total :

$$F = Mw = \frac{Mg}{OA}y.$$

Si le mouvement du cylindre est commandé par un mécanisme d'horlogerie donnant des abscisses proportionnelles aux temps (1), le diagramme représente la loi des accélérations en fonction du temps :

$$\frac{dv}{dt} = w = f(t)$$

et la loi des vitesses peut aisément se déduire entre des ordonnées successives :

$$\int \frac{dv}{dt}dt = \int dv = v - v_0$$

de cette relation, traduite par le tracé d'une courbe, on peut tirer la loi des espaces :

$$\int v dt = \int \frac{de}{dt}dt = \int de = e - e_0.$$

L'appareil peut donc fonctionner comme dynamomètre, comme tachymètre ou comme stadiomètre.

Dans le but d'augmenter le champ de sensibilité de l'appareil, M. Desdouits imagina un dispositif permettant la mesure des forces relativement faibles, qui ne pouvaient être appréciées aisément par le simple procédé du pendule.

L'appareil consistait en un disque O à large jante (fig. 2), reposant sur un chemin de roulement horizontal, et susceptible de se déplacer par roulement dans le sens de la marche ; un poids mobile p permet de faire varier à volonté le centre de gravité du système par rapport au centre du disque, et donne à l'ensemble une position d'équilibre stable, de part et d'autre de laquelle agissent des forces de rappel dans des conditions identiques à ce qui se produit avec le pendule.

Avec ce procédé, dans lequel l'énergie du couple de rappel se réduit au moment du poids p, on peut aisément obtenir la sensibilité nécessaire par un réglage convenable de la hauteur de ce poids.

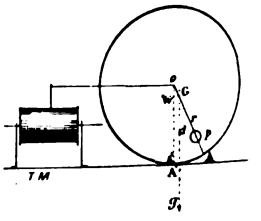


FIG. 2. — Schéma de l'appareil système Desdouits.

Pratiquement, le disque roulant a été réduit à sa section utile, soit à un secteur de 60° environ, et le crayon enregistreur, au lieu d'être commandé par le centre de roulement, l'est en un point situé au-dessus de ce centre sur la même verticale, de sorte que, pour un même déplacement angulaire, les ordonnées du diagramme sont plus grandes.

Pour rendre impossible un glissement accidentel de la jante sur sa surface de roulement, celle-ci et la partie inférieure du disque sont pourvues de dents (fig. 3).

Les efforts développés dans un train en marche étant toujours moteurs ou résistants, il est clair que si l'on fait usage des appareils Desdouits sur un train marchant à régulateur fermé, les efforts résistants qui sont alors seuls en jeu — résistance propre à tous les véhicules, à la machine et au mécanisme moteur — seront mesurés par les ordonnées du diagramme tracé sur le

(1) Voir *La Technique Moderne* : t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 24.

(1) Ce mouvement peut être provoqué par l'essieu et donner alors des abscisses proportionnelles aux espaces parcourus.

Digitized by Google

cylindre et que, dans la marche à régulateur ouvert, à la même vitesse, on peut, par différences d'ordonnées, mesurer la valeur de l'effort moteur.

Indépendamment de ces mesures dynamométriques, l'appareil pendulaire fournit de précieuses indications sur les conditions de la marche des trains, dont il devient un instrument de contrôle; il permet ainsi d'évaluer la durée et l'importance des efforts au démarrage, l'admission aux différentes positions de la coulisse, l'action des freins, les patinages, etc.

Malgré la rigoureuse exactitude des principes appliqués, les appareils Desdouits présentaient un grave inconvénient, qui consistait dans la très grande difficulté de déterminer exactement la ligne des zéros; les ingénieurs les plus avertis se sont heurtés de ce fait à un écueil à peu près insurmontable, et ont été unanimes à reconnaître que l'instrument mis à leur disposition ne pouvait donner des indications réellement utilisables qu'à un observateur ayant acquis la grande expérience de son inventeur.

On ne sera pas surpris que de telles difficultés aient été rencontrées, si l'on songe que tout pendule, dont le point d'application est lié d'une manière rigide à un véhicule de chemin de fer, est soumis dans sa marche à une foule de mouvements et de réactions parasitaires, et doit nécessairement osciller sans arrêt, de part et d'autre d'une position moyenne, qui est sa position mathématique mais qui n'est pour ainsi dire jamais occupée.

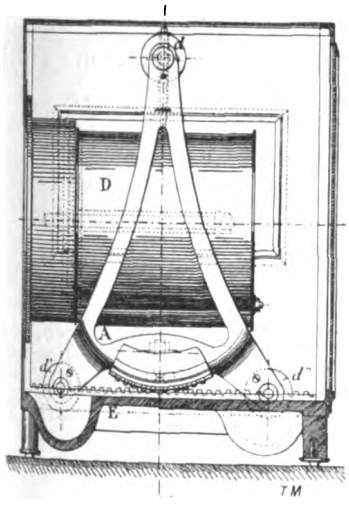


Fig. 3. — Elévation de l'appareil système Desdouits.

Le diagramme du cylindre enregistreur reproduisait toutes ces oscillations, que l'ingénieur devait ensuite écarter pour tirer les conclusions nécessaires, et rendait ainsi la tâche de ce dernier particulièrement pénible, surtout lorsque les expériences avaient été faites sur une voie qui n'était pas absolument irréprochable.

Le défaut des appareils Desdouits a été corrigé, de la façon la plus heureuse, par M. J. Doyen, Ingénieur principal des chemins de fer de l'État belge, récemment décédé. M. Doyen a substitué l'enregistrement du *travail accélérateur*, à l'enregistrement de l'*accélération* seule. On comprend aisément les conséquences de cette modification; les mouvements parasitaires étant de courte durée ne produisent qu'un travail insignifiant, et ne donnent, par conséquent, aucune oscillation gênante pour le tracé de la courbe du diagramme enregistreur.

La combinaison de M. Doyen exige donc l'emploi d'un appareil intermédiaire qui donne le *produit* de l'oscillation du pendule par le déplacement du train; or, tous les appareils enregistreurs de vitesse réalisent le quotient de deux quantités $V = \frac{d}{t}$, ou plutôt, $V = \frac{d}{u}$, u étant un déplacement uniforme qui mesure le temps; ces appareils peuvent également donner un produit $d = Vu$ et peuvent, par conséquent, donner une solution de la conception de M. Doyen.

En fait, sur le wagon dynamomètre de l'État belge, M. Doyen a fait application du cylindre et de la roulette d'Abdank-Abakanovicz (1), mais cette solution n'est assurément pas la plus simple.

(1) Voir *Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer*. Numéros de janvier 1909 et décembre 1910.

La solution la plus élégante du problème est celle qui lui a été donnée au moyen de l'emploi de la sphère d'Amsler, fait par les chemins de fer de l'État bavarois et par la Compagnie des chemins de fer de Paris à Orléans.

Avant de décrire le rôle de la sphère d'Amsler dans le fonctionnement de l'ergomètre d'inertie, il est nécessaire d'indiquer rapidement l'emploi de ce dispositif dans les appareils destinés à l'évaluation des vitesses.

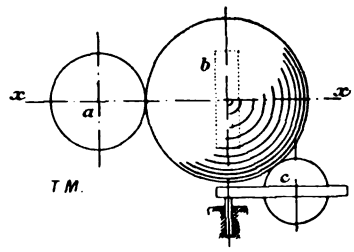


Fig. 4. — Sphère d'Amsler. (*Schéma de l'élévation.*)

Une sphère en acier de diamètre D (fig. 4) est disposée de manière à ce que son centre soit absolument fixe et à ce qu'elle puisse tourner librement sur ce centre; deux galets a et b, de même diamètre d, ont leurs axes perpendiculaires entre eux et disposés dans le plan du diamètre horizontal de la sphère.

Le contact des deux galets et de la sphère donne une adhérence suffisante pour assurer, sans glissement, la rotation de la sphère sous l'impulsion de celle des galets.

Le galet a tourne à une vitesse constante, fonction du temps, et le galet b, qui reçoit son mouvement d'un essieu, à une vitesse proportionnelle aux espaces parcourus.

Sous l'influence du galet a, dont nous représenterons par m le nombre de tours par seconde, la sphère prend un mouvement de rotation dont la vitesse angulaire est égale à $2\pi n^1 \frac{d}{D}$.

De même, le galet b imprime à la sphère un mouvement de vitesse angulaire égale à $2\pi n^1 \frac{d}{D}$.

La résultante de ces deux mouvements donne le mouvement réel de la sphère; elle s'obtient par l'application du parallélogramme des forces, dans lequel les composantes portées sur les axes de rotation des galets, sont égales aux vitesses angulaires de ceux-ci.

Cette résultante zz (fig. 5) donne la direction de l'axe de rotation de la sphère; elle fait, avec l'axe du galet a, un angle φ tel que :

$$tg\varphi = \frac{\frac{2\pi n_1 d}{D}}{\frac{2\pi n_2 d}{D}} = \frac{n_1}{n_2}.$$

D'autre part, la résultante des vitesses angulaires des galets représente, par sa grandeur, la vitesse angulaire de la sphère, de sorte que $tg\varphi$ donne la mesure de cette vitesse.

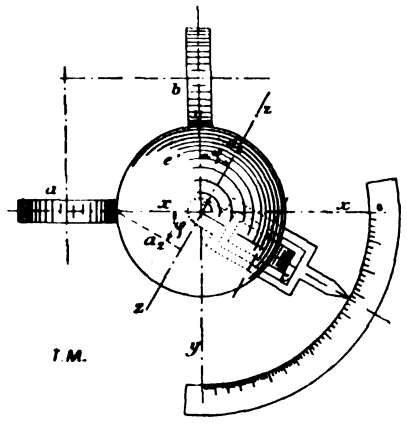


Fig. 5. — Sphère d'Amsler. (*Vue en plan.*)

Si un troisième galet c, dont l'axe de rotation est constamment parallèle à la résultante des vitesses angulaires des galets a et b, est disposé au contact de la sphère, il est évident que la direction du diamètre horizontal de ce galet mesurera constamment l'angle φ; il suffit dès lors que l'armature de ce galet c soit pourvue d'un index mobile sur un cadran convenablement divisé, pour lire, sur ce cadran, l'importance des vitesses.

(1) Voir *Revue générale des chemins de fer et tramways*. Numéro de mars 1903. Note de M. Huet, contrôleur principal de la traction de la compagnie de Paris à Orléans.

Digitized by Google

L'adjonction d'un crayon solidaire de l'index permet de tracer, sur une feuille de papier, la courbe dont les ordonnées correspondent constamment aux vitesses du train.

L'armature du galet c est mobile sur un axe de résistance nulle, de sorte que le point de tangence ne peut se déplacer par glissement.

Pour l'ergomètre d'inertie, les procédés dont il est fait usage sont les mêmes, mais les variantes suivantes y ont été apportées (fig. 6).

Le galet a porte, sur son axe, une tige à l'extrémité de laquelle est fixée une molette à gorge, sur laquelle passe un cordon prenant appui sur une seconde molette, dans les mêmes conditions que le ferait une courroie de transmission; le cordon, sous le plan duquel se déroule le papier enregistreur, porte un crayon; toutes les vitesses angulaires du galet a, positives ou négatives, se mesurent donc par les ordonnées de la courbe tracée sur le papier enregistreur.

Le galet b, comme le cylindre des appareils Doyen, est animé d'une vitesse qui est fonction de l'espace parcouru par le train.

Le galet c porte la sphère sur son diamètre vertical, et est susceptible de prendre, dans son plan vertical, des mouvements angulaires de même importance que ceux du pendule; il est entraîné par celui-ci, ainsi qu'un galet supérieur c', par une pièce circulaire métallique l, en prise avec le pendule.

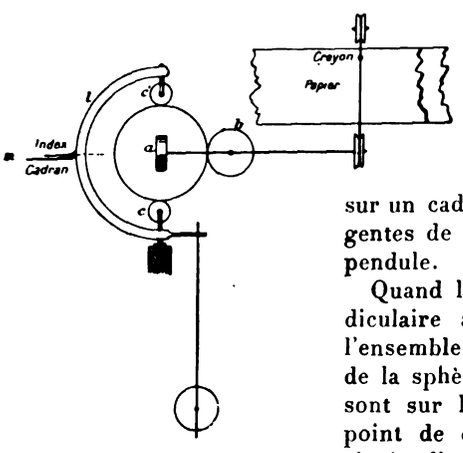


FIG. 6. — Schéma de l'application de la sphère d'Amsler à l'ergomètre de la Cie d'Orléans.

Un index mesure, sur un cadran circulaire, les tangentes de l'angle d'inclinaison de pendule.

Quand le pendule est perpendiculaire au plan horizontal de l'ensemble, les rotations du galet b, de la sphère et des galets c et c' sont sur la même direction; le point de contact du galet a est situé à l'extrémité de l'axe de rotation de la sphère, et ce galet a n'est, par conséquent, animé d'aucun mouvement.

Dès que le galet c prend une position angulaire, l'axe de rotation de la sphère se trouve modifié d'un angle qui est fonction de la vitesse angulaire du galet b et de l'angle formé par les galets c c' avec leur position de repos; le galet a reçoit alors un mouvement qui est fonction des espaces parcourus par le train et de la force d'inertie, mesurée par la tangente de l'angle d'oscillation du pendule.

On voit donc que le galet a donne, sur le diagramme, une courbe permettant, comme les appareils Doyen, la mesure exacte du travail accélérateur et que l'écueil provenant de la difficulté de déterminer la ligne des zéros a été écarté aussi simplement, plus simplement même peut-être, qu'avec les procédés belges (1).

L'ergomètre d'inertie de la compagnie d'Orléans est monté sur le même bâti que ses appareils dynamométriques à ressorts, de sorte que l'opérateur peut, par simple rapprochement, contrôler aisément les résultats des deux dispositifs.

Il y a lieu de noter que les appareils Desdouits présentaient l'avantage sur l'ergomètre de Doyen, à cylindre ou à sphère, d'être essentiellement amovibles et de pouvoir être employés dans une voiture quelconque, alors que l'ergomètre, en raison de la prise de mouvement sur un essieu, ne peut fonctionner qu'à poste fixe, dans un wagon spécialement aménagé.

A. SABOURIN.

(1) Une solution au moins aussi simple que celle donnée par la sphère d'Amsler, pourrait être obtenue par l'emploi du cynémomètre à deux plateaux de Jules Richard, le constructeur bien connu.

Machine d'essai type Pacific de l'American Locomotive Cy.

Une locomotive type Pacific vient d'être étudiée et construite, à titre d'essai, par la grande Compagnie de construction de locomotives « American Locomotive Cy », qui a pris à sa charge les dépenses devant résulter de l'expérience.

Le but poursuivi est de réaliser le maximum de puissance sans dépasser le poids de 26 t 500 par essieu, et le poids total de 122 t, qui sont actuellement les maxima admis sur les grands réseaux américains.

Ces données générales ont amené les constructeurs à réduire autant que possible le poids des divers éléments et, dans ce but, à chercher des formes nouvelles; on a justement remarqué que les solutions appliquées par la Compagnie américaine sont analogues à celles adoptées précédemment par les constructeurs européens (fig. 1).

Les caractéristiques générales de cette locomotive d'essai sont les suivantes :

Poids total	122 t
Poids adhérent	78 t 300
Poids en charge avec tender	196 t
Empatement rigide	4 m 27
Empatement total	10 m 825
Diamètre des roues motrices	2 m 010
Diamètre des roues du bogie	0 m 915
Diamètre des roues porteuses	1 m 280
Cylindres (simple expansion)	2 de 0 m 688 × 0 m 712
Tiroirs cylindriques, diamètre	0 m 356
Course maximum	0 m 166
Recouvrement à l'admission	0 m 0317
Découvrement à l'échappement	0 m 0063
Avance linéaire	AV 3 mm 1 — AR 1 mm 3
Timbre de la chaudière	13 kg
Surface de grille	5 m² 58
Surface de chauffe du foyer	23 m²
— des tubes	354 m²
— totale	377 m²
Surface de surchauffe	84 m²
Diamètre de la 1re virole	2 m 22
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus des rails	3 m 04
Tubes à fumée	207 de 0 m 057 36 de 0 m 140
Longueur des tubes	6 m 70

Continuant la tradition américaine, la machine a été construite à simple expansion, à faible timbre et à grande surface de grille.

Le surchauffeur est du système Schmidt.

La chaudière est du type américain dit *wagon top*; le foyer est pourvu d'une voûte en briques soutenue par deux tubes à eau; la grille a 2m,90 de longueur sur 1m,92 de largeur; les parois du foyer sont en acier de 0,0095 à 0,01265 d'épaisseur; la première virole est cylindrique et se raccorde directement à l'enveloppe du foyer, le dôme est monté sur cette première virole; la virole centrale, raccordant des diamètres de 2m,22 et 1m,91, est conique.

On a abandonné le procédé consistant à rendre conique la première virole, de manière à réaliser le volume maximum de vapeur dans la région où la surface d'évaporation et où la vaporisation sont le plus élevées.

Les tubes à fumée ont 0,057 de diamètre et sont séparés par des cloisons de 0,190; les lames d'eau n'ont pas moins de 0,115 dans la partie la plus étroite, elles sont pourvues d'entretoises en

Digitized by Google

fer dans la partie centrale, les rangées horizontales supérieures et verticales extrêmes sont munies d'entretoises flexibles Tate; enfin, pour approfondir le foyer, on a donné le plus grand développement possible à la lame d'eau de la plaque tubulaire au-dessous de la tonne.

Les tuyaux d'admission sont en acier étiré, sans soudure; ils sont disposés à l'extérieur de la chaudière, contrairement à la

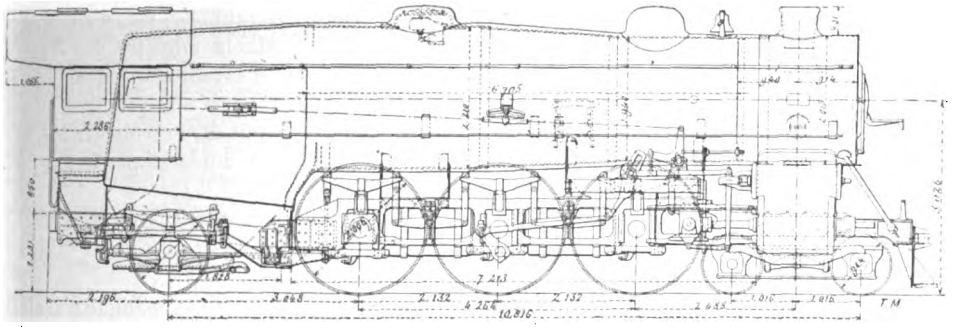


Fig. 1. — Locomotive d'essai de l'American Locomotive Cy.

pratique américaine d'après laquelle ces tuyaux sont généralement en fonte et placés dans la boîte à fumée.

Les cylindres sont en acier moulé au vanadium, ce qui a permis de faire une économie de poids de 3 kg 600; les surfaces frottantes sont constituées par des chemises en fonte au vanadium, placées dans les cylindres et les tiroirs.

L'acier au vanadium a été également employé pour les roues, les longerons, les bielles, boutons de manivelles, tiges de pistons, etc., ce qui a permis de réduire considérablement le poids.

Le changement de marche est à vis, comme dans les locomotives européennes, ce qui constitue une véritable nouveauté en Amérique.

La distribution est, suivant la tendance américaine, du type Walschaërt.

Les pistons sont pourvus de contre-tiges portant un sabot frottant sur une glissière venue de fonte avec le couvercle AV du cylindre.

Sur le poids total du bissel arrière, on a réalisé une économie de plus de 4 000 kg par rapport aux types précédents.

Cette nouvelle locomotive a été mise en service sur les lignes du New-York-Central, où elle va effectuer des essais comparatifs avec les machines Pacific de ce réseau.

A. S.

Électrification des chemins de fer suédois.

Les chemins de fer suédois font une consommation annuelle de houille évaluée à 19 millions de francs, et les seules mines de Ilogouäs, situées dans le sud, ne suffisent à produire que 5 % environ de cette consommation.

La Suède est donc tributaire des nations étrangères, de l'Angleterre notamment, pour l'approvisionnement de la houille, et l'on conçoit qu'elle ait songé à s'affranchir des inconvénients d'ordre matériel et surtout d'ordre économique, qui résultent, pour elle, de cette situation.

Dès 1902, les pouvoirs publics se préoccupèrent de cette importante question et le Parlement institua une commission chargée d'étudier les diverses méthodes d'utilisation des forces hydrauliques, en vue de la production de l'énergie électrique nécessaire à la traction des chemins de fer.

De 1905 à 1907, des expériences furent faites entre Tomteboda-Värtan et Stockholm-Järfva; les résultats de ces expériences amenèrent la Commission parlementaire à conclure en faveur de l'adoption du courant monophasé, 15 périodes.

Pour le choix de la première des lignes à électrifier, il fut décidé qu'on s'arrêterait à celle qui réunirait les conditions d'assurer un trafic important et de variations faibles, et qui serait située dans le voisinage aussi immédiat que possible d'une chute d'eau, de manière à réduire au minimum la longueur des feeders.

La ligne de Kiruna à Riksgransen, qui est certainement, de tous les chemins de fer du monde, la ligne la plus voisine du pôle nord, répondait assez complètement au programme précité.

Le trafic de la ligne en question, longue de 130 km environ, tire son importance d'un assez grand nombre de touristes qui, en été, parcourent la région desservie, et surtout des transports des minerais de fer de Riksgränsen vert le port de Narvik.

Dans les conditions actuelles de l'exploitation, la traction est assurée par des locomotives à vapeur, remorquant 28 wagons pesant 11 t à vide et 35 t en charge; les projets élaborés en vue de la traction électrique comportent la constitution de trains de marchandises de trente-cinq véhicules.

En raison de la latitude élevée de la région, des mesures spéciales ont été prévues contre les neiges; dans la partie la plus septentrionale, ces mesures consistent à établir des galeries couvertes en béton armé.

La ligne est à voie unique, de largeur normale, les courbes les plus accentuées ont 500 m de rayon et les rampes les plus fortes atteignent 0m,01.

L'énergie sera fournie par deux usines génératrices situées : l'une à 20 km et l'autre à 120 km de Kiruna.

Cette dernière usine, qui sera la plus importante, sera installée à Porjus-Falls; elle sera construite dans des conditions permettant un agrandissement ultérieur.

La chute, alimentée par les eaux du lac Parjus, donne une force de 65 000 ch, sous une hauteur de 50 m.

Le canal d'amenée sera taillé à même le roc; une digue de 1 km de longueur, assurera la constance du régime des eaux.

L'usine comportera cinq génératrices de 12 500 ch chacune; trois seront à courant monophasé, 5 000 volts, 15 périodes, et produiront l'énergie nécessaire à la traction des trains; les deux

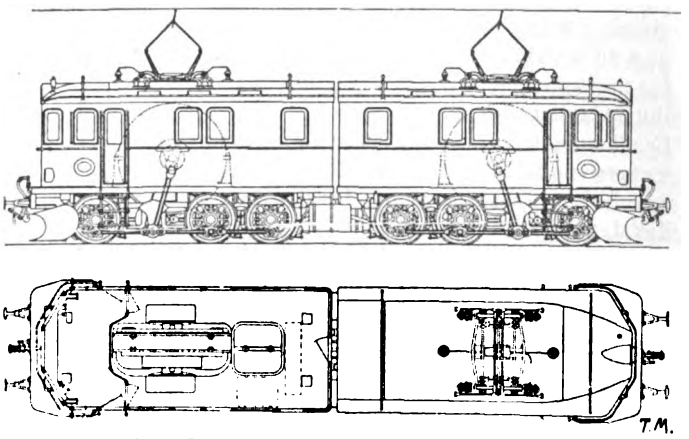


Fig. 1. — Locomotive pour trains de marchandises.

autres produiront du courant triphasé, 5 000 volts, 25 périodes, qui sera utilisé par certains établissements industriels.

La distribution sera faite par quatre sous-stations de transformation qui seront situées à Kiruna, Torneträsk, Abisko et Vassijaure; chaque sous-station sera pourvue de trois transformateurs de 1 000 kw, amenant la tension à 15 000 volts; ces transformateurs sont construits pour une charge momentanée de 2 700 kw.

Digitized by Google

Deux transformateurs seront utilisés en service courant, le troisième étant tenu en réserve pour le cas de secours.

La ligne aérienne sera très simplement constituée par des poteaux de bois, distants de 30 m, et reliés transversalement deux à deux par des câbles d'acier, isolés, supportant les isolateurs du fil conducteur.

Deux types distincts de locomotives seront employés pour la traction; le premier (fig. 1) sera affecté au service des trains de marchandises.

Ces locomotives à marchandises se composeront, en réalité, de deux machines accouplées; cette disposition a été adoptée pour réduire au minimum le nombre des locomotives de secours; lorsqu'un des deux éléments est momentanément avarié, il n'est pas nécessaire de mettre une nouvelle machine entière en service, il suffit d'accoupler un élément en bon état en remplacement de l'élément hors service.

Chacune de ces locomotives (en deux éléments réunis), pèsera 100 t; chaque élément sera pourvu d'un moteur de 1 000 ch., fonctionnant sous 15 000 volts, et relié à deux bielles calées sous un angle de 90°, l'une par rapport à l'autre.

L'effort de traction sera de 31 200 kg; la vitesse pourra

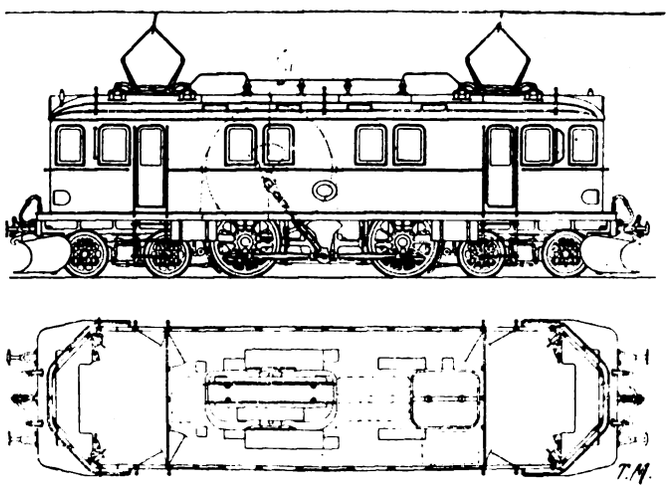


Fig. 2. — Locomotive électrique pour trains de voyageurs.

atteindre 50 km à l'heure pour un train de 40 vagons sur une rampe de 0m,01.

Le tonnage général remorqué sur la ligne atteindra 11 000 t en huit trains par jour.

Les locomotives à marchandises sont garanties par les constructeurs pour un parcours de 90 000 km par an.

Les locomotives des trains de voyageurs seront semblables à celles des trains de marchandises, mais ne comporteront cependant qu'un seul élément; elles seront pourvues d'un moteur de 1 000 ch, de même construction que les moteurs des machines à marchandises, et comporteront un truck-porteur à chaque extrémité (figure 2).

Le poids des locomotives des trains de voyageurs sera de 70 t; la charge remorquée sera de 200 t, et la vitesse de 100 km à l'heure; la garantie des constructeurs est de 100 000 km par an.

Avant l'exécution de tout autre travail, une voie sera établie entre Gelbivare et Parjus pour le transport des matériaux et des machines destinés à la construction de l'usine génératrice principale.

L'ensemble des travaux doit être terminé pour 1914; l'exécution est confiée à deux sociétés : la Siemens-Schuckertwerke, de Berlin, et la Germany et Allmänna Svenska Electriska Aktiebolaget, de Vesteras (Suède).

A. S.

Résultats du concours ouvert par le Gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d'attelage automatique.

Le concours établi par arrêté du 10 mai 1912, entre les inventeurs d'appareils d'attelage automatique, a été clos à la suite du rapport présenté par la Commission d'examen instituée par arrêtés des 7 et 24 octobre 1912.

Le rapport de cette Commission rappelle, tout d'abord, que, par dépêche du 5 février 1910, M. le ministre des Travaux publics avait demandé au Comité d'exploitation technique des chemins de fer de rechercher s'il existait un système d'attelage automatique dont la généralisation pût être recommandée, et de soumettre la question de l'attelage automatique à une étude complète.

Le Comité d'exploitation technique avait chargé une Commission spéciale d'examiner l'affaire et celle-ci, le 20 avril 1912, émit l'avis :

1° Qu'aucun système connu d'attelage automatique n'avait fait des preuves suffisantes pour que sa généralisation pût être proposée aux administrations de chemins de fer;

2° Que les appareils américains étaient incompatibles avec les véhicules employés en service courant sur les chemins de fer français;

3° Qu'il n'y avait pas lieu d'arrêter un programme détaillé des conditions à remplir par un attelage automatique compatible avec le maintien des tampons latéraux.

La Commission du Comité d'exploitation avait cependant établi un programme dont elle proposait l'adoption éventuelle; c'est ce programme qui servit de base d'apprécation à la Commission d'examen du concours.

Le rapport indique ensuite qu'on peut distinguer cinq classes d'attelages :

1° Attelage actuel, exigeant l'introduction d'agent entre les tampons;

2° Attelage non automatique, mais manœuvrable de l'extérieur;

3° Attelage automatique, compatible avec le maintien des tampons latéraux;

4° Attelage automatique permettant, pendant la période de transition, le maintien des tampons latéraux;

5° Attelage automatique incompatible avec le maintien des tampons latéraux, ou système américain pur.

La Commission a estimé que seuls les appareils de la troisième catégorie pouvaient être primés; elle a, toutefois, indiqué que l'un des nombreux appareils de la quatrième catégorie (l'appareil Laycock) méritait de retenir l'attention, sans qu'il pût cependant concourir, en raison de son caractère pratique et des applications étendues qu'il a reçues en Angleterre.

M. Boirault (l'inventeur de l'appareil bien connu) ne s'est pas présenté au concours — dit le rapport — parce que l'Administration supérieure lui a fait savoir que le but était précisément de rechercher si des appareils autres que le sien étaient susceptibles d'expérimentation.

Avant d'indiquer le mode d'examen qu'elle a adopté, la Commission tient à exprimer l'avis qu'il serait nécessaire d'ajouter, aux trois prix prévus par l'arrêté ministériel, un certain nombre de mentions, puis elle précise que le fait d'avoir été primé ne permettra, en aucun cas, de conclure, en faveur de l'un quelconque des appareils présentés, qu'il pourrait être mis en expérience sans avoir fait l'objet d'essais préalables très complets à l'atelier.

Pour l'examen des appareils, la Commission indique que la procédure suivante a été adoptée :

Chaque dossier a été soumis tout d'abord à l'un des membres de la Commission, qui a donné un avis sommaire sur sa valeur, puis une sous-commission de douze membres a fait une étude plus complète des appareils; vingt séances ont été consacrées à ce travail.

Digitized by Google

La détermination des appareils méritant d'être primés a été faite en procédant par voie d'éliminations successives, l'examen devenant de plus en plus serré au fur et à mesure que diminuait le nombre des appareils en présence.

La Sous-Commission resta ainsi en présence d'un certain nombre d'inventions entre lesquelles elle fit un classement provisoire, soumis à la Commission tout entière.

Celle-ci, dans l'impossibilité de déterminer la priorité de valeur à donner à certaines inventions, s'est bornée à établir trois catégories et à inscrire, dans chacune d'elles, les inventeurs par ordre alphabétique.

En concluant, la Commission déclare que l'appareil auquel le premier prix a été attribué est nettement supérieur à ceux classés en deuxième et troisième rang; elle propose ensuite 8 mentions et indique que, parmi les appareils non classés, un grand nombre témoignent d'une remarquable ingéniosité, de la part de leurs auteurs.

Le classement définitif, approuvé par arrêté ministériel, est le suivant :

Prix de 5 000 fr : Pavia-Casalis.

Prix de 3 000 fr : Piédana.

Prix de 2 000 fr : Moyet et Bouvier.

Premières mentions : Jepson, Leduc et Lambert, Scharfenberg.

Deuxièmes mentions : Boucher frères, Vinzio.

Troisièmes mentions : Van Bonn, Joly, Poulet.

Hors du concours : Laycock.

Il convient de rappeler que le système Pavia-Casalis reçut déjà le premier prix au concours institué en 1908 par le Collegio Nazionale degli Ingegneri Ferroviari Italiani.

A. S.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Blanchiment du sulfate de baryte d'Auvergne.

Presque toujours souillé de matières organiques, le sulfate de baryte naturel, ou barytine, contient surtout comme impuretés des oxydes de fer. Les matières organiques peuvent être détruites par un grillage approprié. Pour se débarrasser des oxydes de fer, au contraire, il est nécessaire de les mettre en dissolution, ce qui ne va pas sans de nombreux inconvénients, étant donné l'installation parfois rudimentaire des industriels qui s'adonnent à cette exploitation.

L'action des acides nitrique et sulfurique est absolument nulle à froid et très faible à chaud. L'acide chlorhydrique du commerce, au contraire, chaud et maintenu en contact assez longtemps avec le S.B., agit d'une façon relativement rapide et efficace. Cherchant à supprimer le combustible et pensant d'autre part que l'HCl gazeux et naissant aurait une action plus énergique sur les oxydes métalliques, nous avons essayé une réaction susceptible d'apporter une élévation de température suffisante pour amener la dissolution des sels de fer en présence.

Principe. — Le sulfate de baryte est mis en contact avec du chlorure de sodium, sur lequel on verse une quantité d'acide sulfurique à 58° B, plus que suffisante pour effectuer sa décomposition et produire HCl d'après la formule :

$$2\,NaCl + SO^4H^2 = SO^4Na^2 + 2\,HCl.$$

La réaction terminée, la masse pâteuse est reprise par de l'eau froide. Il y a dissolution d'une partie de HCl et des chlorures de fer formés, à la faveur de la température produite par la réaction de l'eau sur l'acide sulfurique, température qui peut atteindre 80° à 90°. D'autre part, la disposition que nous préconisons, a pour but de faciliter le maximum de retenue de HCl. On sait en effet que le NaCl peut absorber, à la température de la réaction, deux volumes de HCl pour former un chlorhydrate de chlorure décomposable par l'eau. La méthode présente facilite mécaniquement cette réaction, qui permet, par la reprise ultérieure de la masse par l'eau, d'obtenir une dissolution un peu plus concentrée en HCl.

Mode opératoire. — Dans une cuve de plomb assez profonde, on dispose alternativement des couches de 8 kg 500 environ de NaCl et des lits de sulfate de baryte de 25 kg : on prépare ainsi 12 couches alternatives, 6 de chlorure et 6 de sulfate, sur lesquelles on projette en pluie 15 à 20 litres d'eau froide. Quand l'eau est complètement absorbée, on pratique, à l'aide d'un simple morceau de bois, une série de trous obliques dans tous les sens de la masse, et l'on verse ensuite 50 litres d'acide sulfurique à 58° B. La cuve ainsi préparée, l'acide pénètre lentement dans la masse et pendant toute la durée du contact, qui ne doit pas être inférieure à quarante-huit heures, dégage constamment HCl, qu'une série de cuves reliées entre elles permettrait de recueillir pour faire les lavages ultérieurs. Après ces deux jours de contact, la masse est reprise par 30 à 40 litres d'eau froide ajoutés en plusieurs fois, et brassée énergiquement. Quand la pâte a absorbé toute la quantité d'eau indiquée, on laisse refroidir jusqu'au lendemain et l'on reprend à ce moment par de l'eau ou de HCl provenant des traitements précédents, jusqu'à dissolution complète du sulfate de soude formé. Ces lavages constituent la partie la plus longue de la méthode parce qu'il les faut nombreux; mais, somme toute, ils n'exigent qu'une simple dépense d'eau. Il convient, après chaque lavage, de laisser déposer longuement le sulfate de baryte. Il est bon, avant de siphonner ou de faire écouler le liquide surnageant, d'en enlever la partie supérieure avec des récipients quelconques, car elle est toujours recouverte d'une poussière noirâtre et peu dense (matière végétale) qui, sans cette précaution, retombe en partie à la surface du sulfate de baryte. E.-C. Carron.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Machine d'extraction électrique à courant alternatif monophasé.

La Société des mines d'Errouville a mis récemment en marche un treuil d'extraction à commande électrique d'un système nouveau, que la Compagnie électro-mécanique applique pour la première fois en France.

Dans ce système, le moteur actionnant la machine d'extraction est un moteur à double collecteur (1) constitué par deux moteurs monophasés à collecteur (à répulsion) système Déri, montés dans une même carcasse et dont les stators, alimentés chacun par du courant monophasé, sont bobinés de façon à charger également les trois phases d'un réseau triphasé, sans l'intermédiaire d'aucun transformateur rotatif ou statique.

L'attaque de la machine d'extration, à bobines, se fait par l'intermédiaire d'engrenages.

Les principales propriétés du moteur à double collecteur sont les mêmes que celles du moteur simple monophasé à collecteur, c'est-à-dire :

Simplicité d'enroulement du stator qui peut être branché directement sur le réseau à haute tension;

Basse tension dans le rotor, quelle que soit la tension du réseau;

Réglage parfait et renversement de marche facile par simple déplacement des balais à la surface du collecteur;

Rendement élevé et commutation excellente;

Couple de démarrage élevé pour une consommation de courant relativement faible;

Freinage et récupération de courant, le moteur fonctionnant alors en génératrice.

L'équipement complet de la machine d'extraction d'Errouville se compose uniquement d'un interrupteur, qui permet d'isoler le moteur du réseau pendant les longs arrêts de l'extraction.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 714.

Digitized by Google

L'ensemble de la machine est par suite extrêmement simple et son fonctionnement d'une surveillance facile.

Les conditions d'extraction sont les suivantes :

Profondeur	200 m
Charge utile	3 000 kg
Poids de la cage avec attelage	600 kg
Nombre de wagonnets par cage	2
Vitesse maximum par seconde	2m,5
Puissance du moteur	200 ch S. V.

Nouvelle lampe à mercure pour réseaux alternatifs.

Cette lampe n'est autre qu'un convertisseur, disposé de façon que la consommation ait lieu principalement dans le tube à mercure. Le tube est accroché sous le réflecteur. Les deux anodes sont en fer, la cathode en mercure (1).

Au-dessus du réflecteur, se trouvent les organes de la lampe. La figure 1 indique le diagramme des connexions. Un autotransformateur permet d'obtenir entre les anodes une tension d'environ 220 volts efficaces. Les deux extrémités du secondaire sont reliées respectivement aux deux anodes à travers une petite bobine de self B. Le point neutre du transformateur est réuni, par l'intermédiaire d'une self D, à la cathode du tube. L'allumage du tube se fait de la façon connue, à l'aide d'une étincelle à haute tension. Dans ce but, l'une des anodes est reliée à la cathode par un circuit comprenant une grande résistance E et un interrupteur à mercure F manœuvré par la bobine D. L'ampoule négative est entourée de papier d'étain qui forme une des armatures d'un condensateur, dont le mercure constitue l'autre armature. Le papier d'étain est relié à l'anode sur laquelle est branché le circuit d'allumage.

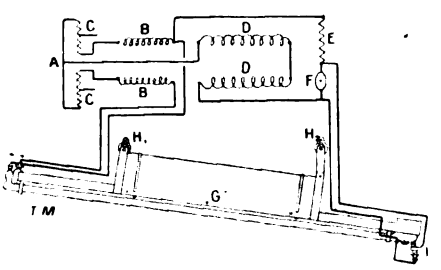


Fig. 1. — Schéma des connexions d'une lampe à vapeur de mercure pour réseaux alternatifs.

Quand la tension est mise aux bornes de la lampe (primaire du transformateur), l'interrupteur F est fermé ; un courant alternatif parcourt le circuit C, A, B, E, F, D, A. L'interrupteur F s'ouvre, et les bobines B et D se déchargent dans le tube, produisant l'allumage de celui-ci. Comme l'interruption du courant doit avoir lieu en un point déterminé de la courbe du courant primaire, l'allumage exige quelquefois plusieurs basculements de l'interrupteur. Aussitôt l'allumage effectué, la lampe fonctionne comme un convertisseur qui débiterait sur la bobine de self-induction D.

Le courant continu est réglé à 3,5 ampères. La lampe consomme, dant ces conditions, 450 watts et donne 1 250 bougies. La lampe peut être établie pour toute tension primaire et toute fréquence ; il suffit de calculer convenablement le transformateur, tous les autres organes restant les mêmes. Toutefois, deux types courants sont construits pour les voltages alternatifs voisins de 110 et 220 volts. E. D.

(1) *Revue Electrique*, 7 février 1913.

HYDRAULIQUE

Le nouveau réservoir de Chingford.

La ville de Londres consomme par jour environ 1 140 000 m³ d'eau ; elle s'alimente au moyen de rivières voisines, entre autres la rivière Lee, dans la vallée de laquelle vient d'être terminé, à Chingford, un réservoir pouvant contenir 13 500 000 m³. Ces réserves, nécessitées par le débit variable des cours d'eau d'alimentation, ont de plus l'avantage d'assurer la propreté et la pureté de l'eau, au moyen de lits filtrants.

Le programme du service des eaux est de posséder une réserve de 80 millions de mètres cubes dans la vallée de la

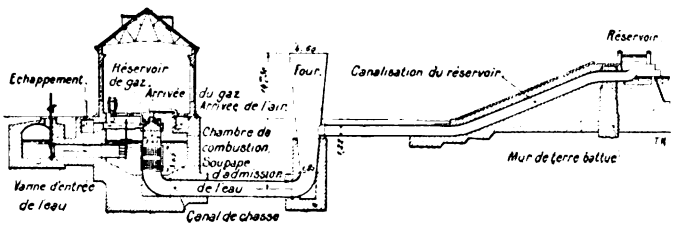


Fig. 1. — Schéma de l'élévation de l'eau par pompe système Humphrey.

Tamise, et 32 millions dans celle de la Lee. Le terrain se prête bien à de telles constructions par son profil et par sa nature argileuse. Le réservoir de Chingford, situé dans le district Est de Londres, est construit de la façon suivante : d'une tranchée creusée jusqu'à l'argile de Londres, qui est imperméable à l'eau, s'élève un mur en terre battue montant au-dessus du niveau déterminé de l'eau dans le réservoir.

Il est protégé et soutenu des deux côtés par un remblai de 7 240 m de long, pouvant enserrer au plus haut niveau une surface d'eau de 1 664 ha. La pente extérieure est à 2/5, la pente intérieure 1/3 et au pied de 1/4.

Cette dernière, qui est soumise à l'action des petites vagues, a un revêtement de briques du Staffordshire, placées sur un lit de béton de 22,5 cm. A l'extrémité la plus basse de la pente, pour éviter le glissement, une garniture de béton, épaisse de 61 cm, est fixée au sol.

Le haut du remblai, qui est au même niveau que celui du mur,

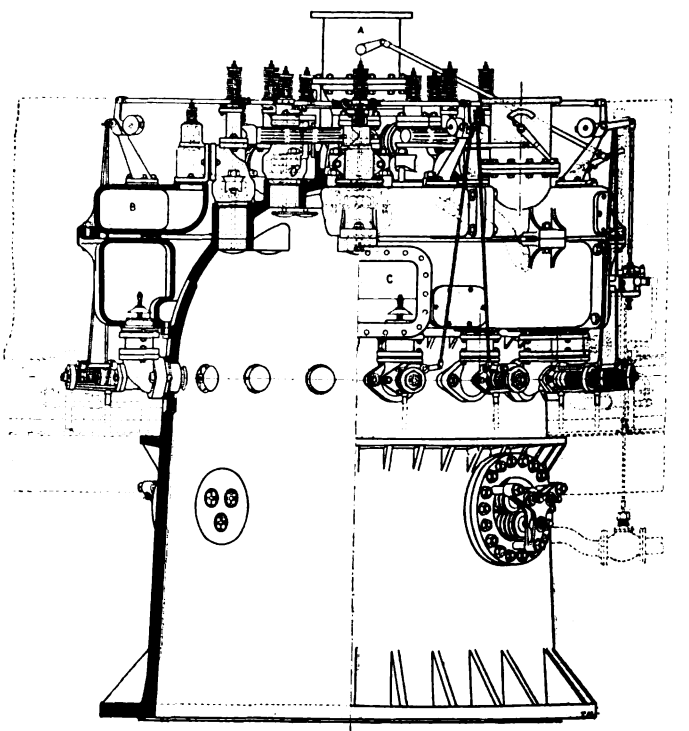


Fig. 2. — Dispositif d'une pompe système Humphrey. — A, soupape de l'air de purge ; B, distribution des gaz ; C, sortie des gaz brûlés.

est large de 4m,60 et est à 1m,50 au-dessus du plus haut niveau de l'eau (fig. 1).

Pour remplir ce nouveau réservoir, le cahier des charges indiquait une production de 822 200 m³ par jour à élever à environ 10 m ; le projet primitif comportait l'emploi de pompes cen-

Digitized by Google

trifuges. M. Humphrey fut déclaré adjudicataire, car sa soumission donnait sur ses concurrents un rabais de 475 000 fr. La consommation était garantie de ne pas dépasser 500 gr d'anthracite par cheval-heure fourni, avec une pénalité de 25 000 fr par 45 gr de combustible en excès. En cas d'échec, le contrat stipulait une amende de 500 000 fr.

C'était courir un grand risque que de s'engager de la sorte pour des pompes de 300 ch, sur la foi d'expériences faites avec une pompe de 35 ch, mais les résultats obtenus ont justifié la confiance de M. Humphrey et mis en évidence le remarquable progrès acquis dans cette voie.

La pompe (fig. 2) se compose de deux parties principales, la chambre de combustion et le canal de chasse. L'eau fait fonction de piston, de volant et de manivelle. Le cycle est à quatre temps d'abord, l'eau remplit le canal et la chambre de combustion; au-dessus d'elle, un mélange d'air et de gaz est injecté par un petit compresseur; l'explosion a lieu, l'eau par le canal monte dans une tour conique et passe dans la canalisation du réservoir. Dans ce mouvement, il se fait un vide partiel dans la chambre de combustion. De l'eau pénètre par les valves d'admission, et en même temps de l'air passe par des valves de purge. L'eau de la tour commence à descendre, et chasse les produits de la combustion. Le mouvement d'oscillation se continue, l'eau descend dans la chambre, la pression diminue : un mélange d'air et de gaz est aspiré. L'eau revient le comprimer, l'étincelle éclate et tout recommence. On a neuf cycles par minute, et chaque fois une pompe débite 15 m³.

Les soupapes de purge et d'admission, maintenues par des ressorts, sont enclanchées (de façon à ne pouvoir être ouvertes en même temps), au moyen de cliquets mus par des tiges accouplées sur un anneau central. Le tout est mis simultanément en mouvement par un cylindre auxiliaire fixé sur le côté de la chambre de combustion.

Il y a seize soupapes d'échappement, munies d'un dispositif spécial destiné à amortir le choc sur leur siège.

Le cylindre auxiliaire possède une distribution par clapet oscillant actionné par la tige de son piston.

L'allumage est commandé par un petit piston soulevé grâce à la pression de l'eau pendant la compression. Le courant est fourni par des batteries d'accumulateurs. Chaque pompe a seize bougies, mais quatre suffiraient pour assurer l'inflammation complète. L'admission de l'eau se fait par une sorte d'anneau en fonte moulée de 3m,05 de haut et 2m,15 de diamètre, muni de soupapes.

Les tours sont de larges cônes renversés de 4m,60 de diamètre d'ouverture, en tôle d'acier (1m,8 de plus petit diamètre). La hauteur au-dessus du centre du tuyau est de 14m,30.

Les tuyaux d'arrivée au réservoir en fonte ont 1m,22 de diamètre. Les coudes à angle droit ($d = 1^m,86$) sont en fonte pour le joint avec les tours, et en acier moulé pour celui des pompes.

L'eau jaillissant parfois en dehors des tours, un radeau de bois est placé dans chacune d'elles pour éviter cet inconvénient.

Le gaz pour les pompes est fabriqué avec de l'anthracite dans des générateurs Dowson, logés dans un bâtiment voisin de celui des pompes. Il y a quatre générateurs, et trois chaudières verticales leur fournissent de la vapeur. Le générateur qui alimente la petite pompe est plus petit et a sa chaudière particulière.

Une grande chaudière marche seule, l'autre sert de secours. Le petit générateur gazéifie 62,5 kg de combustible par heure, les autres 168 kg chacun. Le gaz passe à travers un laveur à coke et à sciure de bois, et va à des réservoirs cylindriques situés dans le bâtiment des pompes.

Des canalisations spéciales amènent le gaz et l'air et permettent d'expulser les gaz brûlés qui, sortant à la pression atmosphérique, ne sont pas cause de bruit. Une vanne commande l'arrivée de l'eau autour de la base des pompes situées au-dessus du niveau du sol de l'usine.

La simplicité extrême et la grande économie des pompes Humphrey ont excité la plus grande attention des ingénieurs et font prévoir une large extension de ce système. M.ᵉG. C.

MÉTALLURGIE

Essais de métallurgie électrique effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer.

Fusion de l'étain. — Dans les procédés ordinaires de fabrication de l'étain, les pertes dues à la volatilisation et aux laitiers sont très élevées (7 à 8 %); l'étain étant un métal de grande valeur, on a essayé la réduction directe des minerais d'étain au four électrique dans le Cornwall. Le four qui pouvait traiter 2 t de minerai par jour, recevait du courant triphasé fourni par un moteur à huile lourde. Le four aurait pu admettre une charge de 200 kg, mais on ne chargeait que 100 kg à la fois. La puissance absorbée par le four était tellement constante, que la lumière obtenue, en se servant du courant du four pour l'éclairage, était excellente.

On ne chargeait aucun combustible dans le four, qui recevait seulement la quantité de charbon nécessaire à la réduction (soit 14 % au lieu de 22 à 25 % qui sont nécessaires dans le procédé au four à réverbère). Le four étant clos, les pertes par volatilisation étaient très faibles (moins de 1 %). Les pertes d'étain dans le laitier étaient réglées à volonté et on arrivait à obtenir des laitiers à 0,25 % de Sn. Mais, en opérant ainsi, le rendement du four était faible. Il est préférable d'opérer avec deux fours : dans le premier, on traite le minerai de manière à obtenir un laitier contenant de 15 à 18 % d'étain, que l'on fait passer dans un second four de dimensions réduites. Les réparations étaient très faibles, le revêtement se conservant pour ainsi dire intact.

On a produit ainsi 20 t d'étain métallique à 95,5 % de Sn avec une consommation moyenne de 200 kwh par tonne d'étain produit, mais certaines charges ne nécessitent que 1 500 kwh. Dans des fours plus grands, à marche continue, on arrivera à produire 1 t d'étain avec 1 400 kwh. La main-d'œuvre est plus faible qu'au four à réverbère. La conclusion est que le procédé est parfaitement viable au point de vue économique.

Production des ferro-alliages. — On commence à fabriquer en Angleterre des ferro-alliages, en particulier le ferro-tungstène qui est important pour la fabrication des aciers spéciaux. On fond ensemble du wolfram ou de la scheelite, un fondant et un corps réducteur. On produit, en général, un alliage contenant de 60 à 85 % de Tu; mais on a constaté qu'il valait mieux produire du ferrotungstène à 50 % de Tu; cet alliage, qui est une véritable solution de tungstène dans le fer, fond, d'ailleurs, à plus basse température qu'un alliage à plus haute teneur en Tu, ce qui est avantageux pour son emploi à l'aciérie. Il faut environ 4 000 kwh pour produire 1 t d'alliage.

Traitement des minerais complexes. — On a monté à cet effet un four électrique Buthenburg, à résistance, consommant du courant triphasé; les électrodes en carbone, au nombre de trois, sont refroidies par des water-jackets protégés par un revêtement réfractaire. Le creuset, amovible, repose sur un cylindre en fonte également protégé par un revêtement réfractaire. On peut traiter dans ce four des minerais très complexes en y annexant des chambres de condensation ayant pour objet de recevoir les corps volatils. C. L.

Le métal Monel.

Le métal *Monel* est un alliage contenant surtout du nickel et du cuivre (environ 70 % de nickel et 30 % de cuivre). Cet alliage jouit de propriétés mécaniques que rend intéressantes sa grande inaltérabilité à la chaleur et à la corrosion.

Ce métal est doué d'une grande résistance à la traction, dépas-

Digitized by Google

sant celle de l'acier au nickel; il est toutefois plus difficile à laminer que l'acier en raison de sa grande dureté.

Il résiste très bien à l'usure et est néanmoins susceptible de prendre un beau poli. Il possède la plupart des propriétés utiles du nickel pur.

Il est curieux de remarquer que ses intéressantes propriétés mécaniques proviennent en partie de l'addition d'une petite quantité de fer.

Le tableau I montre l'effet d'une addition progressive de fer électrolytique à du nickel pur, du cuivre pur et enfin à l'alliage de 3 de nickel pour 1 de cuivre (métal Monel) :

TABLEAU I. — EFFET D'UNE ADDITION PROGRESSIVE DE FER ÉLECTROLYTIQUE A DU NICKEL PUR.

FER °/₀	CHARGE DE RUPTURE (kg/mm²)			ALLONGEMENT °/₀		
	Nickel	Cuivre	Monel	Nickel	Cuivre	Monel
2	35,4	37,4	29,2	34,2	29,5	30
4	38	38,7	51,8	28,4	24,8	23,7
6	41,2	39,6	66,2	29,5	20,8	18,7
12	71	»	105	14,5	»	12,2
18	99,5	»	94,5	10	»	10,5
20	80,7	»	92	21,5	»	3,8

Le métal est obtenu par traitement direct des mattes au cupronickel de Sudbury (Ontario), la composition de l'alliage ainsi obtenu est sensiblement constante, quel que soit le traitement ultérieur du métal, les résultats d'analyses effectués en 1911 sur des échantillons fondus, laminés ou forgés diffèrent peu de la composition suivante :

CUIVRE	NICKEL	FER	CARBONE	SILICIUM	MANGANÈSE
26,99	69,83	2,44	0,44	0,37	1,82

Les propriétés mécaniques du métal dépendent surtout du traitement thermique; de petites variations dans les proportions des constituants ont relativement peu d'importance; il est pourtant à noter que l'alliage obtenu en fondant un mélange ayant la composition ci-dessus ne jouit pas des mêmes propriétés que celui obtenu par traitement direct des mattes. Ce dernier est d'ailleurs moins cher et ne coûte guère par kilogramme plus de 0 fr 25 de plus que le cuivre.

Pour obtenir un bon métal coulé, il est bon d'ajouter une petite quantité de magnésium (200 gr par 100 kg); on facilite ainsi l'élimination des gaz et des oxydes. On peut faire des pièces coulées de 12 à 15 t.

Comme nous l'indiquions plus haut, le métal Monel conserve bien ses propriétés à haute température; vers 500° la résistance à la traction est encore égale à 80 °/₀ de celle trouvée à froid (acier 70 °/₀, bronze 60 °/₀).

Des essais comparatifs de corrosion ont montré une résistance équivalente à celle des meilleurs bronzes.

La marine américaine a décidé d'employer, pour les hélices des bâtiments à turbines, un alliage dont la composition est à peu près celle indiquée plus haut (60 °/₀ de nickel au minimum, 33 °/₀ de cuivre, 6,5 °/₀ de fer, 0,5 °/₀ d'aluminium).

Le métal Monel est employé également pour des tiges et des soupapes de pompes, de compresseurs d'air. Sa grande résistance à la chaleur l'a fait essayer en Allemagne pour des foyers de locomotives. H. S.

MINES

Tir électrique des mines.

Un appareil a été essayé aux Etats-Unis, dans l'Etat de Kansas, permettant de tirer, de l'extérieur, les mines situées dans n'importe quel point du fond. Ces essais ont été faits par la Société Schietzef pour le tir électrique des mines de Des Moines (Iowa).

L'inventeur, M. Eric Schietzel, a longtemps fait partie d'une fabrique allemande d'exploseurs électriques. Le grand inconvénient de ces appareils était qu'il fallait deux fils pour chaque coup de mine à tirer, d'où une complication inextricable pour peu que le nombre des mines soit important. Schietzel finit, à force de recherches, par trouver un exploseur qui n'exige que deux fils dans le puits.

Ces fils aboutissent, au fond, à un interrupteur qui est toujours ouvert quand le personnel est au travail. Seul, le boute-feu a la clef de la boîte où cet interrupteur est enfermé, et la porte de la boîte ne peut être fermée que si l'interrupteur est ouvert : une tige métallique fixée sur la porte empêche la fermeture dans le cas contraire.

De là, les fils gagnent les exploseurs, placés à l'entrée des chantiers; ils peuvent commander un nombre quelconque de mines. La figure 1 montre l'intérieur d'un exploseur prêt à être employé, et les connexions nécessaires.

Les fils A et C sont reliés, par l'intermédiaire de l'interrupteur du fond, à la source d'énergie de la surface. Le fil D est isolé tant que la mine reliée à l'exploseur n'a pas été tirée; ce fil communique avec l'exploseur suivant qui est, par suite, isolé tant que le premier n'a pas servi. Les fils E et F aboutissent à l'amorce. Le bouton G doit être poussé à fond avant que les connexions ne soient faites : la présence de l'interrupteur du fond enlève tout danger de ce côté, puisqu'il n'y a pas de courant dans les travaux. Si ce bouton n'était pas poussé, on ne pourrait pas faire exploser la mine correspondant à cette boîte, mais les suivantes pourraient quand même être tirées. D'ailleurs, la fermeture accidentelle de l'interrupteur ne constituerait pas un danger d'explosion, puisque les explosions sont commandées de l'extérieur par un commutateur.

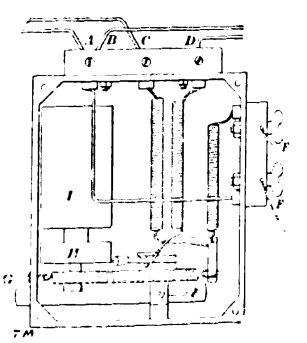


FIG. 1. — Dispositif de l'exploseur.

Lorsque toutes les connexions sont faites au fond, le boute-feu ferme l'interrupteur du fond et remonte au jour. Dans les expériences faites, le courant était fourni par une batterie sèche. Le tableau de distribution comprend : un ampèremètre, un ohmmètre, un voltmètre, un fusible et deux commutateurs. Un de ces deux commutateurs ferme le circuit sur l'ohmmètre ou sur la batterie; après avoir constaté la bonne isolation du circuit, on ferme sur la batterie.

Le second commutateur permettait de faire exploser les mines dans deux parties différentes des travaux. La rapidité du tir est celle avec laquelle on peut fermer et ouvrir le commutateur sur la batterie; les explosions sont signalées par l'ampèremètre, et on sait, à chaque instant, quelle est la mine que l'on tire.

L'arrivée du courant dans l'exploseur soulève le disque H, par l'intermédiaire de la bobine I, et libère la tige G, ce qui permet au courant de passer à l'exploseur suivant. Si la tige G n'était pas enfoncée à l'avance, le passage du courant se ferait directement dans le premier exploseur, sans faire partir les mines qui y sont reliées.

L'inventeur put, paraît-il, tirer à volonté un nombre quelconque de mines dans l'une ou l'autre des deux parties des travaux où les fils étaient posés, et alterner le tir d'un côté ou de l'autre. Deux fils seulement avaient été posés dans le puits; ils étaient protégés, et il est bon qu'ils le soient aussi dans tous les travaux (1).

J. M.

(1) *Mines and Minerals*, décembre 1912, p. 243.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AGRONOMIE

La luminosité et l'assimilation végétale. — L'assimilation du carbone par les plantes à chlorophylle se fait sous l'influence des radiations solaires. Quand on l'étudie dans les atmosphères confinées, on constate qu'elle est beaucoup plus active à la lumière directe qu'à la lumière diffuse. On est donc tenté de croire qu'il importe pour la production des récoltes, que le soleil soit clair et qu'un ciel ouvert est, au contraire, une entrave à la décomposition de l'acide carbonique, et, par suite, à l'accroissement de la matière végétale.

Quand on étudie les faits culturaux, on constate que tel n'est pas toujours le cas; ainsi les régions où la nébulosité est fréquente sont souvent celles où la végétation est la plus puissante, où, par suite, l'assimilation du carbone aérien est la plus forte.

Il est bien vrai que ce sont là des climats plus humides, et si l'on compare, comme stimulant de la végétation, l'efficacité de l'eau à celle de la luminosité, on trouve la première incomparablement plus grande. Quand le soleil est rare, l'activité végétaline en souffre beaucoup moins que lorsque l'eau est rare.

Mais si l'eau est donnée en suffisance pour les besoins de la végétation, l'intensité lumineuse est-elle un facteur important de l'accroissement des récoltes, joue-t-elle le rôle considérable qu'on lui attribue dans la production végétale?

Les observations, continuées pendant les trois étés de 1910, 1911, 1912, permettent de répondre à cette question. Ces étés, très dissemblables, tant au point de vue des quantités d'eau tombées, que de la nébulosité, ont été, en 1910 et 1912, extrêmement humides, avec un ciel couvert presque en permanence; en 1911, extrêmement sec, avec un ciel toujours clair.

A la station de Chimie végétale de Meudon, une culture de luzerne en pleine production, abandonnée aux conditions climatériques naturelles, a produit, en moyenne, pendant les mois de juin, juillet, août, par jour et par mètre carré de surface :

En 1910.	Matière végétale sèche.	5 gr	24
1911.	—	1 gr	24
1912.	—	3 gr	12

C'est manifestement le manque d'eau en 1911, qui a réduit l'assimilation du carbone. Il a été un facteur bien plus important que le manque d'insolation directe en 1910 et 1912.

Mais pendant ces mêmes années, une partie de la luzerne a été régulièrement arrosée tous les sept jours avec 40 litres d'eau par mètre carré de surface; l'eau, par suite, ne faisait défaut à la plante à aucun moment, puisque celle-ci recevait par semaine un arrosage de 400m³ par hectare.

Voici les accroissements moyens constatés par jour et par hectare, du milieu de juin à la fin d'août :

En 1910.	Matière végétale sèche.	10 gr	56
1911.	—	7 gr	00
1912.	—	9 gr	42

Or, pendant cette période, le ciel était couvert la plus grande partie de l'été en 1910 et 1912; il était presque constamment clair en 1911.

Ainsi, même lorsque l'eau ne fait pas défaut, la luminosité ne favorise pas l'assimilation du carbone et la production de la matière végétale.

A quoi peut tenir, dans les conditions naturelles, cette indifférence de la plante vis-à-vis de l'intensité lumineuse, indifférence d'autant plus surprenante que, lorsqu'on opère *in vitro*, on constate des différences très grandes suivant qu'on place les organes végétaux à la lumière directe ou à la lumière diffuse? C'est que, dans les expériences faites en cloches, on est obligé d'enrichir en acide carbonique l'atmosphère dans laquelle on place la plante, afin de pouvoir saisir les variations qui se produisent dans les quantités de ce gaz.

Dans l'air ordinaire, il y a si peu d'acide carbonique (2,7 pour 10000 volumes d'air) qu'il y a toujours assez de radiation solaire pour déterminer son assimilation, et qu'il importe peu que le ciel soit assombri par les nuages ou que le soleil soit radieux; l'assimilation est limitée par la proportion de cet acide carbonique et non pas par l'intensité des radiations solaires.

Ceci explique pourquoi les récoltes sont aussi abondantes par les années sombres que par les années ensoleillées.

(Note de M. *A. Müntz*, Académie des Sciences, 3 février 1913.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

La signalisation électrique appliquée aux tramways. — Les conditions à réaliser en matière de signalisation électrique pour les tramways diffèrent de celles qui se présentent dans l'exploitation des chemins de fer.

D'une façon générale, on emploie, comme signaux, des bouquets de lampes ou des voyants et, pour l'actionnement des signaux, des appareils montés sur le fil de ligne et manœuvrés au passage des voitures par la roulette ou par l'archet; chacun des signaux installés aux extrémités de la section à protéger est en relation avec un contact de blocage et un contact de déblocage.

Les principaux systèmes en usage sont les systèmes Hall, Holtzer, Rizzi, de Bordeaux et Samaia.

Système Hall. — Signal à voyant, formé d'une boîte circulaire métallique, munie dans sa face antérieure d'une ouverture devant laquelle vient se placer, à l'arrêt, un disque en soie rouge ou en aluminium entraîné par la rotation d'un équipage léger en forme de Z; ce disque est éclairé, la nuit, par transparence ou par réflexion.

Système Holtzer. — Système semi-automatique. Le signal est formé, à chaque extrémité, d'un bouquet de quatre lampes; une lampe supplémentaire constitue le signal répétiteur à l'entrée de la section; le circuit se ferme au moyen d'un commutateur qui est retenu dans la position de fermeture par le bec de l'armature d'un électro-aimant: à la sortie, la roulette de trolley actionne une pédale aérienne, qui excite l'électro-aimant dont l'armature libère le commutateur, qu'un ressort ramène dans sa position première.

Système Rizzi. — Ce système, employé à Bruxelles, était très compliqué dans sa forme primitive; il a été simplifié et comprend actuellement les organes suivants : Les signaux sont formés, pour indiquer la voie libre, de lampes blanches brûlant aux deux extrémités; pour indiquer la voie occupée, d'une lampe rouge à un bout et d'une lampe verte à l'autre : celle-ci sert de signal répétiteur. L'appareil de manœuvre commandant ces lampes est formé de trois solénoïdes actionnant des timoneries oscillantes qui établissent les contacts convenables; ces électro-aimants sont commandés par des contacts aériens.

Système de Bordeaux. — Chaque poste comprend un électro-aimant, les contacts de blocage et les lampes indicatrices; l'électro-aimant actionne un interrupteur qui le maintient excité, jusqu'au moment où la voiture passe sous le contact de déblocage et détermine le déclanchement de l'armature, en provoquant l'extinction des lampes. Ce système paraît actuellement complètement au point.

Système Samaia. — L'appareil comprend deux solénoïdes de blocage et de déblocage, actionnés directement à 550 volts; ces électro-aimants agissent sur deux roues auxquelles ils communiquent un déplacement d'un quart de tour à chacun de leurs mouvements; ces roues sont montées concentriquement à une vis en bronze; celle-ci glisse sur un axe en acier et est munie d'une rainure longitudinale dans laquelle s'engage l'ergot de l'une des roues; les roues sont calées au repos par un enclenchement *ad hoc*; la première est filetée intérieurement, de telle sorte que sa rotation sollicite la vis, maintenue par l'ergot, à se déplacer vers la droite; c'est la seconde roue qui porte l'ergot; sa rotation entraîne celle de la vis qui, par suite du filetage de la première roue, se déplace vers la gauche. Aussitôt que la vis quitte sa position initiale, elle libère un ressort qui actionne l'interrupteur des feux colorés ainsi qu'un voyant en forme de disque.

L'ensemble constitue donc un véritable enregistreur de voitures où toutes les voitures entrantes s'additionnent et les voitures sortantes se soustraient.

(Communication de *M. P. Philippart*, Société belge d'électriciens, janvier 1913.)

Digitized by Google

CHIMIE

L'état actuel de l'industrie de la soie artificielle. — La fabrication de la soie à la nitro-cellulose, inaugurée par le comte de Chardonnet, est arrivée aujourd'hui à un haut degré de perfection. Les meilleures conditions pour la nitration de la cellulose, la teneur en eau de la nitro-cellulose la plus convenable, sont réalisées. L'usage de l'appareil à filer à sec, dans lequel on obtient directement le fil solidifié, a remplacé généralement l'emploi de liquides coagulants. Le rendement de l'appareil à filer, la récupération des dissolvants volatils ne laissent rien à désirer. Pour la dénitration inévitable, on emploie le sulfate de soude. Cependant, la soie à la nitro-cellulose disparaît de plus en plus du marché, parce qu'elle ne peut pas supporter la concurrence des autres soies artificielles, qui sont fabriquées plus simplement et à meilleur compte, et aussi qui sont plus solides. La première de ces rivales a été obtenue par la dissolution de la cellulose dans la liqueur cupro-ammoniacale. La difficulté qu'il y a à dissoudre la cellulose dans la liqueur cupro-ammoniacale a conduit à l'étude des dérivés acétylés de la cellulose. Mais ce procédé, pour faire de la soie à partir de l'acétate de cellulose, a cédé le pas à ceux qui eurent pour objet d'obtenir un succédané du celluloïd, à partir de ce même acétate. En particulier, la cellite, découverte par Eichengrün (Farbenfabriken vorm. Fr. Bayers Cie), qu'on peut employer à la confection des films cinématographiques, ou comme enduit pour le bois et les métaux, peut prendre une grande importance. La cellite, qui a été introduite dans le commerce sous le nom de siccoïde par la Société industrielle du celluloïd de Paris, de cellone par d'autres maisons, est un acétylcellulose soluble dans l'acétone; elle est incombustible et fournit des enduits qui ne s'écaillent pas; un de ses inconvénients est sa souplesse, qui la rend difficilement propre à la confection des films cinématographiques. Le produit appelé séricose, qui est employé avec succès comme succédané de l'albumine dans l'impression des cotonnades, appartient probablement à la catégorie des acétylcelluloses. Le plus sérieux de tous les concurrents de la soie artificielle est la soie de viscose, remarquable par son bon marché et sa solidité. La solidité de toutes les sortes de soies artificielles peut être considérablement augmentée par le sthériosage, opération qui consiste essentiellement en un traitement à l'aldéhyde formique. Mais, jusqu'à présent, il n'y a que la soie à la viscose qui convienne à la fabrication de tissus pour vêtements, parce que, seule, elle supporte les opérations de l'apprêt sans perdre de son brillant. Une nouvelle application des matières à base de viscose est la fabrication de tulles, par un procédé employé à la Compagnie française des applications de la cellulose à Fresnoy-le-Grand, qui, sous le nom de tulles-ondine, a lancé de très jolis produits.

(Communication de M. *Georgewicz*, Oesterreichische Gesellschaft zur Förderung der Chemischen Industrie, Prague, 1er février 1913.)

Les nouveaux procédés dans la technique de la peinture : immersion et pulvérisation. — Ces nouveaux procédés ont été appliqués sur une grande échelle dans les six dernières années à la peinture de voitures, d'instruments agricoles, de machines, des tôles, des objets émaillés, etc. Le procédé par pulvérisation est en outre avantageusement employé pour peindre des surfaces planes dans le bâtiment, aussi bien pour un travail fin que pour les travaux plus grossiers.

Dans le procédé par pulvérisation, la peinture est répandue en particules très finement divisées sur la surface à recouvrir, au moyen d'un appareil à pulvérisation marchant à l'air comprimé. Les avantages de ce procédé consistent surtout en un gain de temps considérable et une économie de couleur, car cette façon de travailler donne des couches plus régulières et plus minces que le pinceau. Les inégalités dans la surface à peindre sont mieux recouvertes au moyen de la pulvérisation que par le pinceau.

Le procédé par immersion consiste dans l'immersion mécanique de l'objet dans la peinture, l'égouttage et le séchage : on répète quelquefois ces opérations plusieurs fois, après chaque séchage complet. L'installation pour ce procédé se compose d'une cuve à peinture, de machines porte-objets mues électriquement ou pneumatiquement, et de penderies pour le séchage.

Les petits objets sont placés, pour l'immersion, dans des paniers en fils ou des auges pourvues de passoires en fil. Les récipients à couleur sont munis, à la partie inférieure, d'une vis à palettes, qui forme agitateur et maintient l'homogénéité de la peinture.

M. Gaston de Pierres fait remarquer que, dans le procédé par pulvérisation, la pointe de l'appareil se bouche fréquemment, ce qui occasionne des pertes de couleur. De l'air humide se trouve insufflé avec la peinture, ce qui donne lieu à des dégradations sur les surfaces métalliques. La pulvérisation de couleurs contenant du plomb est dangereuse au point de vue hygiénique. Le nettoyage de l'appareil, lors du changement de couleur, constitue encore un inconvénient de ce procédé.

(Communication de M. *A.-S. Jennings*, Paint-Varnish Society, Londres, 24 octobre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

Turbo-alternateurs à grande vitesse. — La construction des turbo-alternateurs à grande vitesse a soulevé pour l'électro-technique de nombreux et importants problèmes.

Arbres. — Le diamètre extérieur du rotor étant faible, l'espace restant pour l'arbre est insuffisant; pour une machine marchant à 3 600 m, on ne pouvait dépasser, avec les arbres transversaux, une puissance de 600 kw, en les remplaçant par des arbres boulonnés, on a pu atteindre, à la même vitesse, une puissance de 6 250 kw.

Rotor à rainures radiales. — Pour les petites et les moyennes machines, le corps et l'arbre sont forgés d'une seule pièce; dans les grandes machines, le corps est constitué par des disques boulonnés ensemble; le corps est toujours cylindrique; les rainures radiales sont ordinairement disposées en groupes; les rainures sont fraisées ou rabotées; cette dernière construction permet d'assembler et d'isoler les spires avant la mise en place; dans la première, les conducteurs sont formés de bandes plates, avec extrémités en saillie soutenues par un support latéral; ce support consiste ordinairement en un anneau massif; cet anneau doit pouvoir résister à de grands efforts; les spires complètes sont tenues par des coins non magnétiques.

Rotor à rainures parallèles. — Les rainures pour les enroulements sont toutes parallèles entre elles, quel que soit le nombre de pôles. Le but de cette disposition est de faciliter le bobinage; celui-ci peut être confectionné sous tension et fortement serré; il n'y a pas de support pour les extrémités; mais, pour laisser libre la partie centrale de l'anneau, il faut dans le type bipolaire une tête séparée ou plateau de commande à chaque extrémité pour le montage de l'arbre: cette tête est en métal non magnétique, en bronze, par exemple; pour diminuer le prix de la construction, il y a tendance à adopter des rotors longs et de diamètre réduit; les plateaux peuvent être employés pour la constitution de l'amortisseur en cage d'écureuil; dans les machines tétrapolaires, la disposition à rainures parallèles n'est possible qu'avec la construction à pôles saillants; la construction à rainures parallèles laisse toujours moins d'espace au cuivre.

Vitesses périphériques. — On est arrivé aux vitesses suivantes :

ALTERNATEUR	KVA	FRÉQUENCE	ROTOR	T M	DIAMÈTRE	VITESSE périphériq. en m. min.
—	—	—	—	—	—	—
Bipolaire . .	5 000	60	Parallèle	3 600	65	7 468
Tétrapolaires	19 000	62 1/2	Radial	1 875	124,5	7 315
Bipolaires. .	21 000	25	—	1 500	145,5	6 583

Il est à noter que la fréquence de 60 périodes adoptée en Amérique conduit à des vitesses de 3 600 et 1 800 tours-minute, différentes de celles de 3 000 et 1 500 tours qui correspondent à la fréquence de 50 périodes; il n'y a qu'une vitesse de 1 500 tours-minute jusqu'à 25 000 kw; pour 60 périodes on emploie les machines bipolaires jusqu'à 5 000 kw, et tétrapolaires jusqu'à 20 000 kw.

La perte totale d'énergie, qui se produit dans un espace restreint, nécessite de grands volumes d'air de refroidissement, animés de très grandes vitesses.

Le problème de la ventilation est l'un des plus difficiles qui aient été rencontrés; on trouve que, pour un alternateur de 15 000 kw marchant à 1 500 tours-minute, 25 périodes et ayant un rendement de 96,5 %, la perte totale est de 565 kw.

Avec une vitesse de circulation de 900 m par minute, la conduite devrait avoir 1 diamètre de 70 cm, ce qui est beaucoup trop et conduit à l'adoption de vitesses de 1 500-1 800 m et même 3 000 m.

Isolants. — Les hautes températures atteintes et les décharges statiques rendent les conditions d'isolement très difficiles.

L'emploi du mica, sous des formes diverses, résout ces difficultés.

Pertes dans le cuivre et dans le fer. — Les pertes totales ne dépassent pas celles d'unités à faible vitesse et de puissance égale.

Digitized by Google

Protection contre le feu. — La protection contre le feu se réalise facilement en séparant complètement l'intérieur de la machine de l'atmosphère extérieure par des portes ou valves.

Régulation. — La régulation est sacrifiée dans une certaine mesure pour réduire le courant de court-circuit en rendant la réactance de l'armature aussi élevée que le type de machine le permet.

Conclusion. — Toute la machine a été étudiée en vue d'obtenir une construction aussi économique que possible au seul point de vue du générateur; en réalité, la machine doit être combinée de façon à réunir les meilleures conditions de marche du générateur et de la turbine.

Les dernières limites de construction et de puissance ne seront atteintes qu'au moment où les meilleures conditions seront remplies pour la turbine à vapeur.

Ce résultat semble sur le point d'être atteint.

(Communication de *M. B. G. Lamme*, American Institute of Electrical Engineers, janvier 1913.)

Nouvelle méthode d'isolement à haute tension. — Il a été établi que, si une région est isolée dans un champ électrostatique par des surfaces fermées, le champ électrique dans cette région ne se modifie pas, quelles que soient les variations du champ extérieur, du moment que les potentiels sont maintenus invariables en tous les points de ces surfaces.

Partant de ce théorème, on peut réaliser un mode d'isolement où les différents constituants s'isolent mutuellement; les surfaces à isoler sont conditionnées de manière que le champ électrique soit uniforme, et que l'isolant concorde avec les lignes de ce champ.

On forme un isolateur de support, composé de cloches métalliques s'emboîtant l'une dans l'autre et séparées par un isolant moulé; les cloches extrêmes sont élargies en forme de disques parallèles.

De même, un isolateur de suspension est composé de cloches s'accrochant l'une à l'autre.

Le principe est à peu près celui de l'isolateur-condensateur, en ce qui concerne les dispositifs d'introduction: mais la façon de l'envisager, lorsque l'on part du théorème précédent, conduit à employer, pour le disque dont on munit habituellement le manchon médian, un plateau de grand diamètre; l'amélioration réalisée ainsi est très sensible.

Dans l'application de la méthode au transformateur, on emploie des bobines à haute tension plates, disposées symétriquement, la bobine médiane étant à la plus haute tension et la tension allant en diminuant jusqu'aux extrémités; les cloisons isolantes sont formées de couches cylindriques coaxiales; sur les bords sont placés des anneaux coupés en papier d'étain; ces disques sont reliés aux bobines à haute tension aux points voulus pour que la distribution du potentiel corresponde à celle du champ uniforme; ces anneaux sont aussi reliés entre eux deux à deux par des rubans en cuivre, qui établissent également la connexion entre les bobines.

Des isolateurs, transformateurs, etc., établis de cette manière, ont parfaitement confirmé la théorie.

(Communication de M. *C. L. Fortescue*. American Institute of Electrical Engineers, New-York, 14 mars 1913.)

Relais extra-sensibles pour télégraphie sans fil. — Pour un bon fonctionnement pratique, un relais doit réaliser les deux conditions suivantes : 1° contact très sûr; 2° sensibilité suffisante.

Les relais les plus sensibles et de contact bien sûr réalisés jusqu'à ce jour sont : 1° le relais Baudot, qui fonctionne encore avec 1 milliampère ou 1 000 microampères; 2° le relais Claude qui donne encore un contact sûr avec 30 à 40 microampères; 3° le relais Siemens qui présente une résistance de 10 000ω et est alors sensible à 10 microampères.

Les intensités des courants reçus dans les meilleurs détecteurs à cristaux n'excèdent pas, pour les émissions des signaux radiotélégraphiques à longue portée, une fraction de microampère, parfois $\frac{1}{10}$ ou même $\frac{1}{100}$ de microampère.

L'auteur a réalisé deux types de relais qui présentent une sensibilité de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de microampère.

L'un des types est constitué par un cadre mobile dans un puissant champ magnétique (20 000 à 25 000 gauss), cadre constitué par du fil de cuivre de $\frac{3}{100}$ de millimètre de diamètre et suspendu par un bifilaire de cocon de 7 cm ou 12 cm de hauteur, haubané à mi-hauteur par deux cocons horizontaux à tension réglable.

Le dispositif de contact mérite une description particulière. Un des côtés du cadre porte un cocon qui, au moment du déplacement, tire sur la petite branche d'un minuscule levier d'aluminium de 10 mm à 15 mm de longueur. Ce levier ne pèse pas 3 cg (0 g 026). Il est fixé de façon à accroître, dans la proportion de 1 à 10, les déplacements du cadre. C'est lui qui assure le contact du relais. A cet effet, la partie inférieure dudit levier porte une boucle en fil d'argent de $\frac{5}{100}$ de millimètre de diamètre qui vient, au moment du déplacement, toucher une boucle identique portée par une vis de réglage. Grâce à ces deux fils d'argent de diamètre extrêmement réduit et en forme de boucles, le contact est assez sûr pour permettre le passage d'un courant de l'ordre de 10 à 20 microampères, courant qui suffit à l'entretien d'un relais du type Siemens ou Claude. De plus, les boucles de fil d'argent de $\frac{5}{100}$ de millimètre de diamètre sont assez souples pour être amenées à un contact sûr par les impulsions d'énergie extrêmement faible données au levier d'aluminium par le cadre.

Un appareil Morse peut donc être entretenu au moyen de deux relais disposés en cascade, un relais du type que l'on vient de décrire actionnant un relais Siemens.

Un second type de relais extra-sensible est de construction plus aisée et de sensibilité cependant au moins aussi grande, sinon plus sensible. Dans ce second type de relais, on fait usage d'un galvanomètre à corde qui rappelle les galvanomètres d'Einthoven et d'Edelmann. Le galvanomètre à corde réalisé présente une sensibilité de l'ordre de 10^{-12} ampère. On peut s'en servir comme relais.

Pour atteindre de telles sensibilités, non seulement il faut employer comme corde des fils de 2μ de diamètre, mais encore des champs de 32 000 gauss; pour cela, il est nécessaire que l'entrefer ne dépasse pas un demi-millimètre. On peut cependant faire pénétrer dans cet entrefer une très mince petite pince faite de deux fils d'argent de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre de diamètre, et réunis à leurs extrémités par un petit pont métallique formant boucle et constitué par du fil de même diamètre que celui qui forme la corde, partie mobile du galvanomètre. Cette pince, amenée par une vis micrométrique de réglage au voisinage de la corde du galvanomètre, permet d'obtenir un contact au moment du déplacement de la corde. A la vérité, avec des fils de 2μ de diamètre, le contact est un peu précaire, mais en utilisant des galvanomètres à corde ayant 5μ et 10μ de diamètre qui réalisent encore, avec le champ magnétique de 32 000 gauss, des sensibilités de l'ordre de 10^{-8} et même 10^{-9} ampère, on obtient un relais très sensible et à contact très sûr pour fermer des courants dont l'intensité est de l'ordre de 10 à 20 microampères.

(Note de M. *Albert Turpain*, Académie des Sciences, 10 mars 1913.)

Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines. — Une communication récente de M. Meslin (1) a attiré l'attention sur les phénomènes d'influence qui se produisent entre deux antennes réceptrices voisines.

M. Tissot a eu l'occasion d'observer des phénomènes tout à fait analogues dans des expériences qu'il a exécutées autrefois et signalées en partie. On se proposait de tracer la courbe de résonance d'une antenne d'émission excitée en direct, en prenant comme résonnateur l'antenne réceptrice elle-même A, dont on faisait varier la longueur, et dans laquelle était intercalé un bolomètre *a*. Afin de contrôler la constance des émissions, on se servit tout d'abord comme témoin d'une antenne fixe B voisine de A, accordée sur l'émission, et reliée à un second bolomètre *b*.

Mais on a dû renoncer à employer ce contrôle, du moins sous cette forme, car les déviations du bolomètre *b* de l'antenne fixe B subissaient des variations indépendantes de l'émission, du seul fait du changement de longueur de l'antenne variable A.

On observait que, lorsque les antennes A et B étaient toutes deux simples, l'énergie captée par l'antenne fixe B passait par un minimum quand on amenait l'antenne voisine A en résonance, mais que, lorsque l'antenne variable A était multiple, le minimum de l'énergie reçue par l'antenne simple B correspondait à un certain décalage de l'antenne A en deçà de l'accord.

Ces observations anciennes s'accordent bien avec celles de M. Meslin.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 277.

Digitized by Google

A priori, le premier effet s'interprète aisément en observant que l'antenne A draine à son profit une portion de l'énergie du champ d'autant plus grande qu'elle est plus près de la résonance, ce qui réduit d'autant la portion d'énergie captée par B.

Mais ce n'est là qu'une première approximation.

Le phénomène observé dépend, en effet, et de la valeur respective de la quantité d'énergie captée par chacune des antennes, et de la modification qu'elles font subir, l'une et l'autre, au champ primitif de leur propre rayonnement.

Or, le rayonnement d'une antenne (et réciproquement son *pouvoir absorbant*) est intimement lié aux dimensions électriques de cette antenne.

Il dépend en particulier du facteur $\frac{1}{L\frac{l}{\rho}}$ (l, longueur; ρ, rayon de l'antenne) qui entre dans l'expression du champ au voisinage immédiat d'un oscillateur linéaire.

C'est parce que ce facteur a une valeur plus grande pour une antenne à plusieurs brins que pour une antenne simple, qu'une antenne multiple capte une quantité d'énergie plus grande qu'une antenne simple, ainsi que nous l'avons montré par ailleurs.

Dans le cas de ces expériences, où l'on obtenait la modification de période du système par variation directe de la longueur de l'antenne, la raison de la dyssymétrie apparaît immédiatement.

On voit, en effet, que l'un des déréglages, le déréglage *au delà* de l'accord, produit deux effets qui tendent à rendre le système variable *moins absorbant*, d'abord parce qu'il l'éloigne de la résonance, puis parce qu'il agit dans le sens d'un accroissement du rapport $\frac{l}{\rho}$.

L'autre déréglage, au contraire, le déréglage *en deçà* de l'accord, rend bien toujours le système *moins absorbant* en l'éloignant de la résonance, mais tend à le rendre *plus absorbant* en agissant dans le sens d'une diminution du rapport $\frac{l}{\rho}$.

De sorte que c'est la dyssymétrie qui est la règle, et que, même avec deux antennes réceptrices identiques, le minimum de réception de l'antenne fixe accordée ne doit pas se produire *exactement* pour la résonance de l'antenne variable, mais pour un léger décalage de cette antenne *en deçà* de l'accord.

Dans le cas où l'on modifie la période par l'introduction d'une bobine de self, on est conduit à une interprétation analogue qui devient particulièrement simple en faisant intervenir la *résistance d'émission* de l'antenne.

On établit, en effet, que la perturbation produite dans le champ incident par une antenne réceptrice (de résistance ohmique négligeable) est en raison inverse de :

$$\sqrt{1+\left[\frac{L\omega}{R_e}\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)\right]^2},$$

où ω_0 désigne la pulsation de l'onde incidente, ω la pulsation de l'oscillation libre de l'antenne excitée, L la self-induction effective du système récepteur et R_e sa résistance d'émission.

R_e varie proportionnellement au carré du rapport $\frac{l}{\rho}$ de la longueur réelle de l'antenne à la longueur d'onde du système. D'autre part, quand on modifie une antenne par addition de self, $L\omega$ varie sensiblement comme $\sqrt{L}$. Par suite :

En augmentant la self (déréglage au delà de l'accord), on augmente à la fois :

$$\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right) \quad \text{et} \quad \frac{L\omega}{R_e}.$$

En diminuant la self (déréglage en deçà de l'accord), on augmente :

$$\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right),$$

mais on diminue :

$$\frac{L\omega}{R_e}.$$

De sorte qu'il doit se produire un phénomène analogue à celui que nous avons décrit plus haut.

Toutefois, pour qu'il devienne appréciable et donne lieu à une dyssymétrie bien apparente, il faut qu'en agissant sur les selfs respectives de réglage, on produise une variation de $\frac{L\omega}{R_e}$ plus grande pour l'une des antennes que pour l'autre. C'est ce qui se produit quand on a en présence une antenne simple et une antenne multiple, c'est-à-dire deux systèmes pour lesquels le facteur $\frac{L\omega}{R_e}$ a des valeurs très différentes.

(Note de M. *C. Tissot*, présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 10 mars 1913.)

HYDRAULIQUE

Efficacité des puits absorbants. — Les expériences entreprises par le Conseil municipal de Paris pour l'absorption des eaux par puits, afin de parer aux inondations dans la vallée de la Seine, ne paraissent pas probantes; elles semblent même démontrer qu'il n'y a rien à attendre de cette méthode.

Dans ces essais, on ne s'est pas occupé de ce que devenaient les eaux une fois absorbées, ni de leur parcours ultérieur souterrain, ni de leur aboutissement final. En réalité, aucune eau n'a été perdue, aucune eau n'a quitté le bassin de la Seine; on a déplacé localement les conduites ordinaires de jonction au fleuve et pour en raccourcir le trajet, sans modification au drainage général. Les forages, en effet, ont donné un passage plus rapide aux eaux supérieures pour les diriger, sans détours, vers la nappe générale de fond en équilibre avec le fleuve coulant à découvert. Par ce moyen, en amenant plus d'eau en moins de temps au même passage, on précipite l'inondation au lieu de l'espacer.

(Note de M. *G. E. Dollfus*, présentée par M. H. Douvillé, Académie des sciences, 31 mars 1913.)

MÉTALLURGIE

Les propriétés magnétiques du fer et la construction des machines électriques. — Les propriétés électriques et magnétiques des fers, fontes et aciers, dépendent de leur composition chimique et des traitements mécaniques qu'ils ont subis. La fabrique de machines électriques « Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft » a entrepris des recherches pour établir les rapports qui existent entre ces propriétés magnétiques et électriques et la composition chimique ou les traitements mécaniques antérieurs. En voici quelques résultats :

Les traitements mécaniques auxquels a été soumis le fer influent considérablement sur sa perméabilité magnétique. Quand une pièce de fonte est refroidie lentement, sa perméabilité est toujours meilleure que lorsqu'elle est refroidie brusquement et surtout trempée. On peut améliorer grandement les propriétés magnétiques par un procédé convenable de recuit. De même pour l'acier, le recuit amène une augmentation, et le refroidissement rapide et la trempe, une diminution plus ou moins grande de la perméabilité magnétique. Le recuit joue un rôle important dans la fabrication des tôles pour dynamos : il a pour but de rendre à ces tôles les propriétés magnétiques que le laminage leur avait fait perdre en partie. Le vieillissement est particulièrement remarquable pour les tôles de dynamos : avec le temps, leur perméabilité diminue.

Toute impureté du fer en diminue la perméabilité : aussi, l'on cherche à en avoir le moins possible (en particulier pour le carbone). Cependant, on ajoute, aux fers qui servent à confectionner les tôles de dynamos, une certaine quantité de silicium, qui diminue l'hystérésis du fer et augmente la résistance électrique, de telle façon que les courants de Foucault sont considérablement réduits : cependant, la perméabilité, par l'addition de silicium, est bien diminuée. L'aluminium a la même action que le silicium sur les pertes par hystérésis et courants de convexion, mais pas aussi considérable. Un des principaux corps qu'on ajoute intentionnellement à l'acier, est le manganèse, qui en empêche l'oxydation et en augmente la solidité : il en diminue notablement la perméabilité. A la teneur de 12 % de manganèse, l'acier est complètement amagnétique à la température ordinaire.

La fonte grise trouve encore quelque emploi; mais elle devrait être complètement proscrite, si on ne réussit pas à améliorer ses propriétés magnétiques. Il est possible de la rendre relativement bonne au point de vue magnétique, selon M. Mathusius (1905), qui a établi que les propriétés magnétiques en sont d'autant meilleures, que le graphite s'y trouve en grains plus fins.

(Communication de M. *Friedrich Goltze*, Verein deutscher Giessereifachleute, Berlin, 29 novembre 1912.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Aéroplanes. — Cet aéroplane est muni d'ailes superposées A, B (fig. 1 et 2), le plan supérieur B étant pourvu de deux prolongements extensibles C. Des quilles Q sont disposées entre les deux ailes A et B, et affectent une forme hélicoïdale permettant à la partie supérieure de l'aéroplane de résister à un vent latéral ou oblique.

Les parties extensibles C peuvent glisser sur la partie supérieure des ailes B, et être

Fig. 1.

Fig. 2.

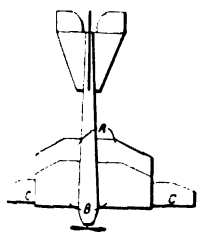
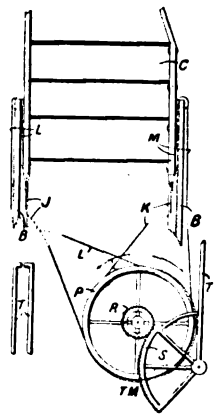


Fig. 3.



actionnées simultanément ou séparément par l'appareil indiqué figure 3. Le cadre de chacune de ces ailettes C est muni de rouleaux horizontaux et verticaux qui facilitent le glissement, et est relié à deux paires de cordes, S, K et L, M, s'enroulant respectivement dans des directions opposées sur un tambour P qui est actionné par un pignon R, un secteur S et une poignée T. Chacune des deux ailettes C a un appareil de manœuvre séparé, les deux poignées de commande étant reliées l'une à l'autre.

(*Société anonyme des aéroplanes « La Mouette »*, Rouen, France. Brev. angl., cl. 4, n° 28 305, 15.XII.11.)

Compresseur centrifuge. — Les ailettes d'un compresseur centrifuge sont faites de bandes (fig. 1) formées de fibres végétales placées les unes à côté des autres et agglutinées par du caoutchouc.

Fig. 1.

Un certain nombre de ces bandes de différentes longueurs sont serrées sur un coin en ébonite 5, de façon que chaque ailette ait une épaisseur qui aille en diminuant du centre de la roue à l'extrémité.

L'ailette est ensuite vulcanisée. Les ailettes sont ensuite mises en place en insérant leurs bases dans des rainures en queue d'aronde, où elles sont maintenues par des anneaux de serrage.

Fig. 2.

(*Soc. Anon. pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc*, Paris. Brev. angl., cl. 110, n° 26 630, 28.XI.11.)

Stabilisateur automatique longitudinal pour aéroplane. — Ce système de stabilisateur se compose essentiellement de deux dispositifs, l'un qui réagit par suite des réactions aérodynamiques et l'autre par son inertie, de manière à transmettre séparément ou simultanément leur effets au stabilisateur équilibreur avant ou queue arrière.

Le premier dispositif est constitué par une hélice actionnée directement par l'air formant tourne-au-vent, montée sur un axe longitudinal et actionnant une petite pompe à huile,

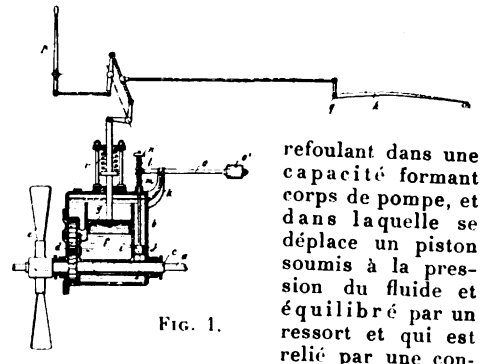


Fig. 1.

refoulant dans une capacité formant corps de pompe, et dans laquelle se déplace un piston soumis à la pression du fluide et équilibré par un ressort et qui est relié par une connexion appropriée à la queue ou stabilisateur arrière.

Le second dispositif est constitué par une masse montée sur un bras horizontal, dont les oscillations sont amorties par des ressorts, et commandant un tiroir ou autre organe obturateur qui règle l'orifice de refoulement de court-circuitage de la pompe :

La figure 1 représente en coupe l'ensemble du dispositif et la figure 2 en montre l'application à un aéroplane monoplan.

A la partie inférieure du fuselage, sur le tube médian *a* dans l'exemple représenté et à

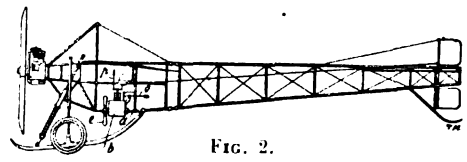


Fig. 2.

l'intérieur d'une boîte *b*, est monté fou un autre tube *c* actionnant une pompe à engrenages *d*, par l'intermédiaire d'une petite hélice tourne-au-vent *e* fixée à l'avant du tube *c*. Cette pompe refoule en court-circuit l'huile dont est remplie la boîte *b* par une petite capacité *f*, formant corps de pompe, ménagée à l'intérieur de la boîte et dans laquelle se déplace un piston *g*.

Le piston *g* soumis à la pression de l'huile refoulée par la pompe, pression qui est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'hélice *e*, est équilibré par un ressort *r*, de façon à ce qu'en temps normal le stabilisateur *h*, auquel ce piston est relié par une connexion composée de tiges et leviers, reste dans sa position moyenne.

La capacité *f* est munie d'un orifice *i* de sortie de l'huile, ordinairement obturé à demi par un piston ou tiroir *j*, équilibré par un contrepoids o^1, monté à l'extrémité d'une tige *o*, à fourchette articulée sur un bras *k* solidaire de la boîte *b*. Deux ressorts *l*, *m*, prenant appui l'un sur une butée *n* solidaire de l'aéroplane, l'autre sur la boîte *b*, servent à amortir les oscillations de la tige *o*.

De plus, un levier *p*, à portée de la main de l'aviateur, sert à commander impérativement le stabilisateur.

Le fonctionnement automatique du stabilisateur a lieu de la façon suivante :

Quand la vitesse du vent relatif augmente lentement, le tourne-au-vent tourne plus rapidement, et débite une plus grande quantité d'huile dans la capacité *f*. L'orifice de sortie *i* restant de grandeur constante, la pression augmente dans cette capacité *f*, ce qui provoque la montée du piston *g*. Celui-ci, par l'intermédiaire de la connexion convenablement disposée, agit sur le stabilisateur articulé en *q*, dont l'incidence se trouve augmentée. Celle de l'appareil diminue.

Dans le cas de remous violents provoquant le soulèvement brusque de l'appareil, l'inertie de la masse o^1 provoque la remontée du piston qui obture davantage l'orifice *i*. Il en résulte comme précédemment une plus grande pression dans *f*, provoquant une augmentation d'incidence du stabilisateur. Si, au contraire, l'appareil tombe dans un trou d'air, l'effet inverse se produit, et la pression baisse en *f*. A ce moment, le ressort *r* intervient et abaisse le piston *g*. Le stabilisateur prend une incidence négative tendant à redresser l'appareil.

(*Robert Esnault-Pelterie*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 446 282, 27.IX.11.)

CHIMIE

Acétylcellulose. — On obtient de l'acétylcellulose en traitant de la cellulose humide ou non par de l'eau ou une solution diluée d'acides organiques ou inorganiques, avec des vapeurs d'anhydride acétique.

La réaction peut être modérée en diluant les vapeurs ou en réduisant la pression.

(*Soc. chimique des usines du Rhône anciennement Gilliard, P. Monnet et Cartier*, Paris. Brev. angl., cl. 2, n° 25 893, 20.XI.11.)

Ammoniaque. — La détérioration du manganèse employé comme corps catalytique dans la production synthétique de l'ammoniaque est évitée par un mélange d'azote et d'hydogène qui ne contiennent aucune trace d'oxygène libre ou combiné; ils en ont été débarrassés par passage sur du sodium métallique ou du nitrure de magnésium ou une autre substance qui décompose l'eau et fixe l'oxygène.

(*Badische Anilin und Soda Fabrik*, Ludwigshafen-a.-Rhin, Allemagne. Brev. angl., cl. 1, n° 26 749, 29.XI.11.)

Bois (Conservation du). — On imprègne les bois au moyen de solutions de sels d'alumine contenait de l'hydroxyde de zinc ou des sels basiques de zinc.

(*Paul Finkh*, Charlottenburg. Brev. all., cl. 38 h, n° 257 002, 7.VIII.10.)

Oxygène (Sa préparation au moyen des permanganates et des persels). — On fait agir les permanganates sans acide et en présence de l'eau, sur les perborates, percarbonates ou perphosphates en quantités à peu près équivalentes.

(*Chemische Werke u. vorm. Dr Heinrich Byk*, Lebnitz, Nordbahn. Brev. all., cl. 30, h., n° 257 535, 8.VI.11.)

ÉLECTRICITÉ

Alliage de fer destiné à la construction des machines électriques. — Cet alliage est à une intensité de saturation magnétique élevée et est caractérisé par l'addition au fer de 25 à 40 % de cobalt.

(*Dr. Pierre Weiss*, Zürich. Brev, all. cl. 21 g., n° 257 470, 27.VI.12.)

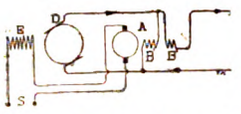
Anti-compoundage pour machines génératrices à courant continu. — L'invention (système Joseph Béthenod) se rapporte à une anti-compoundeuse pour machine génératrice à courant continu, caractérisée par :

L'emploi de deux enroulements inducteurs

Digitized by Google

antagonistes, dont l'un qui tend à augmenter le flux de la machine principale, est monté en dérivation aux bornes de l'induit de celle-ci, tandis que l'autre est parcouru par la totalité ou par une fraction déterminée du courant débité par cet induit.

La figure indique le montage en question à titre d'exemple. L'enroulement d'excitation E de la dynamo principale D est monté en série avec l'induit de la dynamo auxiliaire A, l'ensemble ainsi formé étant relié à une source d'excitation quelconque S. La dynamo A est munie de deux enroulements inducteurs antagonistes, dont l'un magnétisant B^1 est branché aux bornes de l'induit principal, tandis que l'autre B^2 est parcouru par la totalité ou par une fraction déterminée du courant fourni par cet induit.



Il est à remarquer qu'avec le montage en question, l'action de l'enroulement B^1 diminue lorsque la charge augmente, ce qui accentue l'anti-compoundage surtout aux fortes charges, résultat très avantageux.

(*Société Alsacienne de Constructions mécaniques*, Belfort, Brev. fr., cl. 12, n° 446 285, 27.IX.11.)

Appareil électromagnétique. — Un appareil pour actionner des valves, commutateurs, etc., comprend deux armatures mobiles 10, montées sur pivots 12 et munies de deux encoches pour le passage du flux produit par la bobine 7. Une des encoches formée par *a* et *b* a une réluctance moins grande que l'autre quand les armatures sont séparées; l'autre encoche formée par *b* et *c* ayant une réluctance minimum, quand les deux armatures sont rapprochées l'une de l'autre, laissant un passage 13.

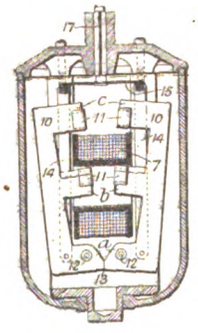


Fig. 1.

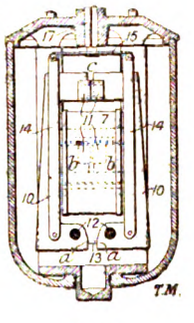


Fig. 2.

Pour empêcher les vibrations quand on emploie du courant alternatif, les plaques *b*, *c* sont munies de bandes 11 de cuivre formant court-circuit.

Une des armatures peut être fixe. Les armatures sont connectées par quatre pièces verticales 14 à un plateau flexible 15 au centre duquel est fixée une tige motrice 17.

(*J. P. Coleman*, New-York, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 35 et 135, n° 24 154, 31.X.11.)

Electrode multiple pour fours électriques à courant polyphasé. — Les électrodes de phases différentes sont reliés respectivement à des connexions isolées entre elles, mais constituant cependant, par leur réunion, un ensemble rigide, et cet ensemble peut être élevé ou abaissé à la fois. De cette façon, la puissance totale des trois phases est réglée par un simple mouvement d'ascension ou de descente de l'ensemble des trois électrodes de phase. La pratique montre que les trois foyers s'équilibrent vite, et que les charges respectives correspondant à chaque électrode s'uniformisent et peuvent être conservées équilibrées.

Ce résultat est d'ailleurs naturel, car si le foyer de l'une des électrodes absorbe plus d'énergie que le foyer des autres, cette électrode s'use plus vite et la résistance du foyer correspondant augmente, rétablissant ainsi l'équilibrage des consommations d'énergie à chaque électrode.

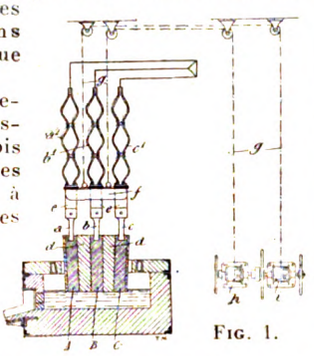


Fig. 1.

La figure 1 représente un assemblage de trois électrodes réunies respectivement à l'une des phases d'un circuit triphasé et la figure 2 représente une disposition modifiée. La connexion des électrodes représentée aux dessins est celle faisant l'objet du brevet français Keller n° 396 994, du 10 février 1908, mais les trois branches *a*-*b*-*c* sont isolées entre elles, quoique réunies mécaniquement. Le système de levage agit à la fois sur l'ensemble des trois électrodes, en les levant normalement, ou agit séparément sur l'un des brins de la suspension pour obtenir une inclinaison de l'électrode, ainsi qu'il est expliqué plus loin. Des faisceaux conducteurs souples distincts a^1-b^1-c^1 tels, par exemple, que ceux décrits dans le brevet français Keller n° 387 452, du 6 mai 1907, transmettent le courant de phases ou pôles différents. Ces faisceaux de conducteurs, sont réunis à leur partie supérieure, aux canalisations électriques fixes des différentes phases, réunissant le four aux transformateurs, et à leur partie inférieure, ils sont réunis aux connexions des électrodes.

La figure 2 représente l'application de la jonction électrique à un système utilisant directement le courant triphasé par transformation tri-biphasée, au moyen de deux transformateurs monophasés, montage Scott. Le four électrique ne possède plus, dans ce cas, que deux électrodes verticales réunies à chaque phase, mais n'en formant mécaniquement qu'une seule; le retour du courant se faisant par la sole conductrice du four qui peut être, par exemple, constituée suivant le mode d'exécution du brevet français Keller n° 393 740, du 4 novembre 1907.

Le garnissage réfractaire isolant *d* entre les électrodes est réalisé, de la façon suivante : les électrodes unitaires A, B sont réunies à leur connexion en position inclinée, de façon à laisser entre elles un intervalle constituant un tronc de pyramide, la petite base étant en bas. Des briques réfractaires, de composition et de forme appropriées, sont introduites dans le vide ainsi constitué, et par suite de la forme conique de celui-ci, elles ne peuvent pas tomber. Préalablement, les électrodes unitaires sont garnies d'une couche mince de mortier isolant (amiante et silicate de soude).

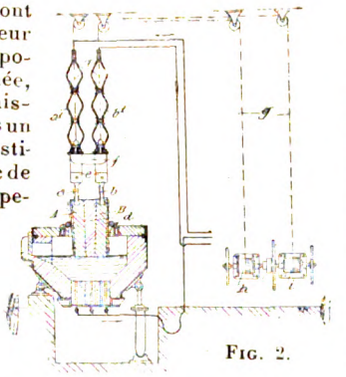


Fig. 2.

La manœuvre mécanique de l'électrode, permettant le déplacement normal ou incliné de celle-ci, peut être réalisée de différentes façons; elle est obtenue par l'arrangement suivant :

L'électrode composée A, B, C (fig. 1) ou A, B (fig. 2) est réunie par des conducteurs *e* à une platine horizontale *f*, portant les attaches de deux câbles de suspension *g* s'enroulant chacun sur l'un des deux treuils *h*, *i* par l'intermédiaire de poulies de renvoi convenablement disposées. Les deux treuils sont réunis mécaniquement à volonté, et peuvent être manœuvrés ensemble ou séparément.

La manœuvre simultanée des deux treuils produit le déplacement vertical de l'électrode composée, c'est-à-dire par rapport au bain, un écartement égal des électrodes unitaires A, B, C, et en conséquence donne lieu à une variation de résistance égale pour les trois électrodes.

La manœuvre indépendante de l'un des treuils produit l'inclinaison de l'électrode composée, c'est-à-dire détermine par rapport au bain, un écartement inégal des électrodes unitaires et, en conséquence, donne lieu à une variation de résistance inégale à chaque électrode unitaire.

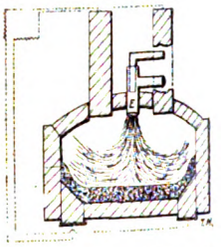
En somme, ce four polyphasé à une seule électrode mobile, réalise avec l'avantage de la simplicité du four monophasé, l'utilisation des courants triphasés à haute tension, par l'usage exclusif de transformateurs statiques.

(*C.-A. Keller*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 446 069, 21.IX.11.)

Enroulement des dynamos électriques (Appareil pour l'). — Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 5 (1er mars 1913), p. 204.

(*K. R. Ritter*, Darmstadt. Brev. all., cl. 21, n° 257 762, 20.XII.10.)

Four électrique. — Un four électrique ordinaire pour la fusion de l'acier peut être muni d'un dispositif de chauffage par l'huile ou le gaz qui ne nécessite pas un espace considérable pour le développement de la flamme.

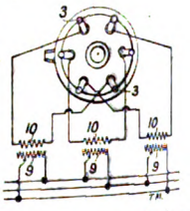


L'huile ou le gaz sont amenés par un brûleur E qui peut être employé, par exemple, pour préparer la sole.

Une atmosphère neutre peut être maintenue pendant le chauffage électrique en faisant arriver une petite quantité d'huile ou de gaz.

(*V. Itobie*, Sheffield, Angleterre. Brev. angl., cl. 39 et 51, n° 26 184, 23.XI.11.)

Four électrique. — Dans un four électrique pour fondre le minerai, les électrodes ou les groupes d'électrodes sont connectés à deux ou plusieurs circuits, dans lesquels les forces électromotrices peuvent être réglées indépendamment l'une de l'autre de sorte que de fréquents réglages des électrodes ne soient pas nécessaires.



Dans un four polyphasé, des transformateurs peuvent avoir des enroulements primaires 9 d'un nombre variable de tour et des enroulements secondaires 10 reliés à des électrodes 3.

(*Aktiebolaget Elektrometall*, Stockholm. Brev. angl., cl. 39, n° 25 862, 20.XI.11.)

Four pour la fabrication des électrodes en carbone employées dans les fours électriques. — Ce four sert à graphitiser les électrodes destinées à la métallurgie ou à la fabrication du chlore et de la soude au point où il est utile qu'elles aient une grande conductibilité.

Digitized by Google

La figure 1 est une coupe longitudinale d'un four à graphitiser;

La figure 2 en est une coupe transversale;

La figure 3 en est une coupe horizontale.

Sur une plate-forme A, formée de briques ordinaires assemblées à sec et posée sur le sol, est montée une enceinte allongée B construite en briques réfractaires de grandes dimensions faites de matières encore peu conductrices à une température atteignant 500° centigrades.

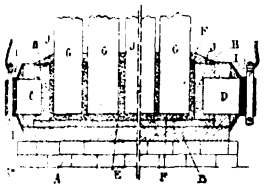


Fig. 1.

Aux deux extrémités de l'enceinte, sont placées des électrodes courtes C et D, d'une section à peu près égale à celle de l'enceinte.

Sur le radier de l'enceinte, on étend une couche E de matière non conductrice et peu fusible : alumine, magnésite, bauxite, silice, etc.

Sur cette couche, on dispose une seconde couche F de matière carbonée peu conductrice à la température ordinaire, mais susceptible de le devenir davantage à mesure que la température s'élève, telle que : coke de gaz, coke métallurgique, coke de pétrole, charbon de bois, anthracite, etc.

Sur ce lit, on dispose verticalement les électrodes G dont on veut graphitiser une partie.

A chaque extrémité de l'enceinte, on entoure l'extrémité des électrodes courtes destinées à amener le courant d'une matière carbonée bonne conductrice H, telle que du coke graphitisé dans une opération précédente.

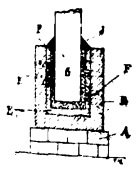


Fig. 2.

Entre les électrodes à graphitiser, on met une couche de matière carbonée peu conductrice F, on en met aussi contre ces électrodes dans le sens longitudinal de l'enceinte. On protège les parois longitudinales de celle-ci par une couche de la matière inerte peu conductrice E qui a servi à faire le premier lit.

On recouvre très haut les électrodes avec une matière inerte peu conductrice et exempte de silice J : charbon de bois mêlé de chaux, de carbonate de chaux, de magnésie, de magnésite ou d'alumine.

Les électrodes C et D amenant le courant pénètrent dans les extrémités de l'enceinte à travers des plaques de tôle embouties, formant une sorte de bouclier I, dans lesquelles on comprime à sec de l'argile ou une poudre calcaire destinée à empêcher la combustion des électrodes. On peut aussi empêcher cette combustion, en entourant la partie extérieure de ces électrodes d'une toile d'amiante sur laquelle on fait couler un abondant courant d'eau. On fait passer le courant à travers l'ensemble ainsi constitué, qui forme un four du type dit « four à résistance ».

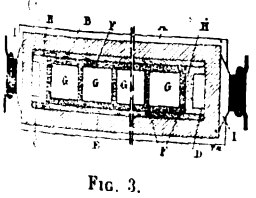


Fig. 3.

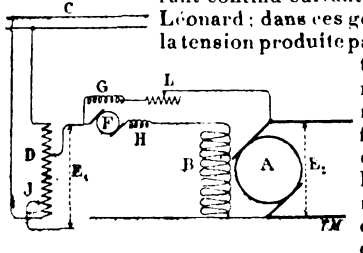
Pour un ensemble atteignant 10 mètres de longueur, on débute par 1 000 ampères et 120 volts. La différence de potentiel aux bornes descend rapidement à 60, puis 30 et 20 volts; on se tient à ce chiffre en laissant monter le débit à 3 000, 6 000 ampères ou plus. On maintient cette allure 10 heures; on coupe le courant, on laisse refroidir 12 heures; on retire ensuite les électrodes qui sont encore à une température de 600° à 900° et on les met refroidir dans des étouffoirs en tôle en les entourant d'une manière pulvérente non siliceuse et infusible : poudre de coke, ou matière calcaire.

L'énergie électrique n'étant ici qu'un agent calorifique, on en réduit l'emploi au minimum en portant au four à graphitiser les électrodes encore chaudes sortant du four où elles ont été cuites.

Afin de rendre totalement utilisables, les électrodes graphitisées, on creuse dans la tête à graphitiser une cavité qu'on taraude avant la première cuisson. On peut faire cette cavité et la tarauder après la graphitisation si l'on trouve un inconvénient à le faire avant. Dans l'emploi ultérieur des électrodes, la résistance provenant du contact défectueux de la nouvelle électrode vissée dans le moignon taraudé de l'électrode usée, compensera la haute conductibilité de la tête graphitisée et permettra ainsi la combustion totale de l'électrode dans le four où elle sera employée.

(*Société française des Electrodes*, Rhône. Brev. fr., cl. 12, n° 445 859, 14.IX.11.)

Machines électriques (Procédé pour supprimer l'influence du magnétisme rémanent dans les). — Dans certaines applications des machines électriques, il est important de supprimer l'influence du magnétisme rémanent. C'est le cas par exemple dans les génératrices de démarrage alimentant des moteurs à courant continu suivant le couplage Léonard ; dans ces génératrices, la tension produite par le magnétisme rémanent pourrait être suffisante pour empêcher l'arrêt du moteur, et en tout cas elle est une des causes qui font que la vitesse du moteur ne varie pas proportionnellement à la tension d'excitation de la génératrice de démarrage.



Cette invention permet de lier la tension aux bornes d'une machine dynamo-électrique, d'une manière invariable, à sa tension d'excitation de sorte que la première quantité varie toujours proportionnellement à la deuxième, le magnétisme rémanent n'ayant ainsi plus d'influence sur la tension de la machine.

La figure 1 représente schématiquement l'application (système Joseph Bethenod) à une dynamo d'induit A et à excitation séparée B alimentée par une source quelconque C. On supposera que le réglage de l'excitation de la machine A se fait par l'intermédiaire soit d'un potentiomètre, soit d'un pont de Wheatstone à branches réglables dont l'une des diagonales serait constituée par B et l'autre alimentée par C, soit par tout autre moyen analogue.

On a représenté un potentiomètre D disposé de manière à permettre l'inversion de la tension d'excitation E^1 prise à la source C.

L'invention consiste à mettre en série avec B l'induit F d'une machine auxiliaire qui peut être indifféremment survoltrice ou dévoltrice. Cette machine est munie de deux enroulements d'excitation; l'un G réglable, est alimenté par la somme ou la différence entre la tension E^2 aux bornes de A et la tension d'excitation E^1 prise à la source C; l'autre H est un enroulement compound qui est déterminé de manière à compenser la chute de tension ohmique dans le circuit auquel est appliquée la tension E^1. On peut alors écrire pour ce circuit IFHBJ, en désignant par k une constante dépendant de G, de la machine F et du rhéostat de réglage L :

$$E^1 = \pm k(E^2 \pm E^1).$$

Le signe $\pm$ devant k indique que la machine auxiliaire F peut être dévoltrice ou survoltrice et le signe $\pm$ devant E^1 indique que l'enroulement G peut être alimenté, soit par la somme, soit par la différence des tensions E^2 et E^1. On tire de cette relation :

$$E^2 = \frac{1 \mp k}{\pm k} E^1$$

On voit que la tension E^2 est bien invariablement liée à la tension d'excitation E^1 et que le problème posé est bien résolu par l'emploi de la machine auxiliaire F compound. Il est à remarquer que les signes $\pm$ du numérateur et du dénominateur de l'équation précédente sont indépendants l'un de l'autre.

Le rapport entre E^2 et E^1 dépend de la valeur de k; en choisissant k convenablement on pourra toujours donner à ce rapport une valeur quelconque.

(*Société alsacienne de constructions mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 443 671, 19.VII.11.)

Magnéto-électrique. — Les enroulements d'armature b sont portés par un noyau fixe f placé entre les pôles P_n, P_s du champ magnétique S. Le noyau f a une forme annulaire (fig. 2) et est muni de parties élargies e. L'inducteur comprend des disques p munis de pièces polaires C_n, C_s disposées ainsi que l'indique la figure 1.

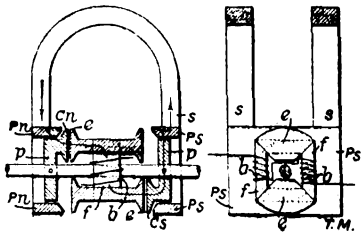


Fig. 1. Fig. 2.

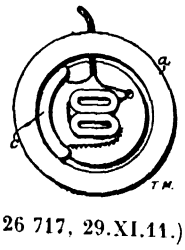
Société d'Electricité « Nilmélior », Paris. Brev. angl., cl. 35, n° 22 053, 6. IX.11.)

Régulateur de potentiel compensé monophasé. — Ce régulateur ayant à l'une de ses parties un enroulement primaire et un enroulement compensateur, et à l'autre partie un enroulement secondaire, est caractérisé en ce que les ampères-tours de chaque enroulement recouvrent uniformément les deux tiers de chaque division polaire, de telle sorte qu'il n'existe pas de champ résiduel du troisième harmonique.

L'enroulement primaire est combiné avec l'enroulement compensateur en un enroulement unique par l'emploi, à deux reprises, d'un enroulement à courant continu, sans discontinuité et à pas raccourci, le pas du bobinage étant équivalent à deux tours de la division polaire.

(*Aktiengesellschaft, Brown-Boveri*, Suisse. Brev. fr., cl. 12, n° 446 335, 22. VII. 12.)

Téléphone électrique. — Cette invention est caractérisée par un condensateur c de forme courbe, placé à l'intérieur de la boîte du récepteur.



(*Siemens Bros and C°*, Westminster (*Siemens and Halske*, Berlin), Angleterre. Brev. angl., cl. 38 et 40, n° 26 717, 29.XI.11.)

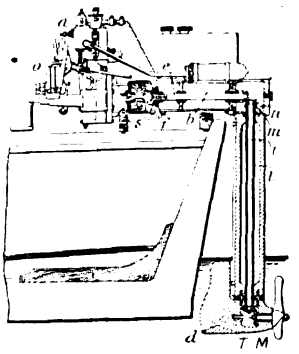
GÉNIE MARITIME

Propulsion des bateaux. — Une installation amovible de propulsion comprend un bras vertical qui porte un appareil de propulsion

Digitized by Google

qui peut pivoter par l'intermédiaire d'un engrenage hélicoïdal pour la direction du bateau.

Le moteur est relié à l'arbre de l'hélice par un embrayage. Toute l'installation est supportée par un cadre porté par des tourillons de façon que l'hélice puisse être retirée de l'eau.



Le moteur *a* conduit l'arbre *e* par l'intermédiaire de l'embrayage *f*, des engrenages et de l'arbre *i*.

L'arbre *i* tourne dans un tube *l* qui peut tourner par l'intermédiaire d'un engrenage hélicoïdal *mn*, commandé par la roue de direction *o*. Le tube *l* porte à sa partie inférieure un bloc *d* muni d'un gouvernail.

(*Soc. G. Ducassou et C*ie, Paris, Brev. angl., cl. 114, n° 28 201. 14.XI.11.)

Propulsion des navires. — Les navires équipés avec des turbines et avec des moteurs à combustion interne pour marcher respectivement à de grandes ou à de faibles vitesses, peuvent employer les gaz brûlés pour produire de la vapeur; celle-ci est envoyée directement dans les installations de turbines pour aider à maintenir le vide créé par des pompes à air.

Tout excès de vapeur peut être employé pour conduire les pompes à air ou d'autres machines auxiliaires, ou même pour actionner les turbines.

(*J. E. Thornycroft and J. I. Thornycoft and C*°, Hampshire, Angleterre. Brev. angl., cl. 7, 110, 114, n° 26 136, 22.XI.11.)

Propulsion des navires (Groupement générateur et moteur pour). — On fait agir sur un même arbre récepteur, un arbre porte-hélice par exemple, une machine alternative et une turbine utilisant la vapeur d'échappement de cette machine. Pratiquement, l'arbre

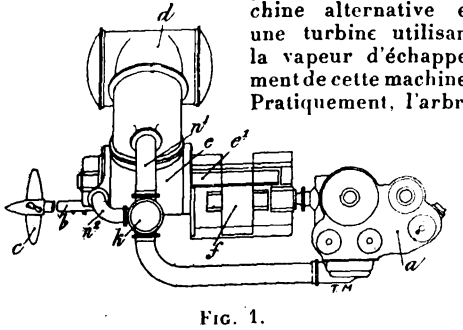


Fig. 1.

récepteur pourra être directement attelé sur la machine alternative, tandis qu'il recevra l'action de la turbine par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse.

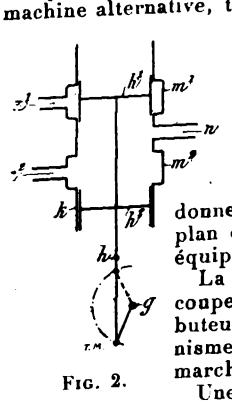


Fig. 2.

C'est cette forme d'exécution qui est représentée à titre d'exemple par le plan schématique de la figure 1, qui donne une vue d'ensemble en plan d'un arbre moteur ainsi équipé.

La figure 2 représente en coupe longitudinale un distributeur actionné par le mécanisme de changement de marche.

Une machine alternative *a*, à une ou plusieurs expansions, est directement attelée sur l'arbre porte-hélice *b* et actionne l'hélice *c* à un certain nombre de tours.

La vapeur sortant de la machine *a* peut être dirigée, à l'aide d'un organe distributeur spécial *k*, soit au condenseur *d*, soit dans une turbine *e*, où elle achève de se détendre.

La turbine *e* tourne à un nombre de tours aussi élevé qu'il est nécessaire pour utiliser l'énergie de la vapeur sous un faible encombrement.

La machine *a* et la turbine *e* sont calculées par exemple de manière à produire chacune la moitié de la puissance totale prévue sur l'arbre *b*. La turbine *e* attaque l'arbre porte-hélice *b* par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse *f*. Ce réducteur est calculé pour donner, à la puissance maximum des machines, la réduction du nombre de tours nécessaire entre l'arbre *e* de la turbine et celui de la machine alternative, d'après les conditions de fonctionnement prévues pour ces deux appareils.

En cas de marche arrière, la vapeur d'échappement de la machine alternative sera de préférence envoyée directement aux condenseurs.

Il y a lieu de remarquer, en effet, que dans les appareils moteurs exclusivement composés de turbines, les turbines de marche arrière ne développent qu'une partie de la puissance totale, en raison de l'importance relativement faible de cette marche.

Dans la forme d'exécution représentée, pour ne pas compliquer et alourdir l'appareil par une turbine de marche arrière, la machine alternative seule fournit la puissance pour la marche arrière, la fraction de la puissance totale disponible pour cette marche étant de 0,5.

La figure 2 montre un dispositif permettant de réaliser cette manœuvre.

L'arbre de relevage *g*, qui sert à la manœuvre de marche avant ou arrière de la machine alternative, conduit, par une timonerie appropriée, une tige *h* sur laquelle sont clavetés deux pistons h^1, h^2. Ces deux pistons se déplacent dans un cylindre *k* muni de tubulures n^1, n^2 et de conduits circulaires m^1, m^2.

La vapeur venant de la dernière expansion de la machine alternative, pénètre dans l'appareil par la tubulure *h* qui est toujours ouverte.

Quand l'arbre de relevage est dans la position qui correspond à la marche avant, le piston h^1 masque le conduit m^1, et la tubulure n^1, qui conduit au condenseur, est obturée. Au contraire, le conduit m^2 et la tubulure n^2 qui conduit à la turbine, donnent passage à la vapeur.

A partir du moment où l'arbre de relevage est dans la position correspondante à « stop », et jusqu'au moment où il est dans la position de marche arrière, le piston h^1 découvre le conduit m^1 et la tubulure n^1 qui envoie la vapeur au condenseur. Au contraire, le piston h^2 obture le conduit m^2 et la tubulure n^2. La turbine devient donc inactive.

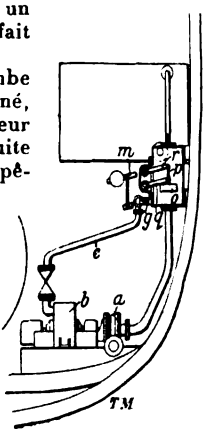
On peut aussi réaliser la manœuvre par un tiroir plan ou deux tiroirs solidaires, commandés également par l'arbre de relevage et se déplaçant sur une glace présentant des orifices qui jouent le même rôle que les conduits m^1 et m^2 de la figure 2.

Quand la machine alternative est en marche arrière, la turbine peut être soit entraînée à vide par le réducteur de vitesse *f*, soit débrayée au moyen d'un embrayage actionné par une timonerie commandée par l'arbre de relevage.

(*Société Schneider et C*ie, Seine. Brev. fr. cl. 6, n° 445 308, 30.VIII.11.)

Turbines marines. — Une pompe *a* d'alimentation de chaudière est conduite par une turbine *b*. L'arrivée de vapeur à la turbine *b* est réglée par une valve *g*, placée dans le conduit d'alimentation *e*, la valve étant actionnée par un flotteur *o*, placé dans le réservoir d'alimentation.

Ce flotteur est porté par un système de leviers *p*, *q*, *r*, relié à un levier équilibré *m* qui fait manœuvrer la valve *g*.

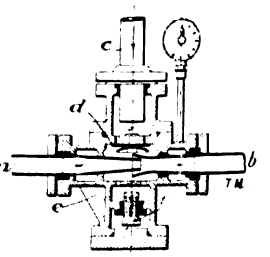


Quand le flotteur tombe à un niveau déterminé, l'alimentation de vapeur dans la turbine est réduite suffisamment pour empêcher la pompe de délivrer de l'eau à la chaudière, mais pas suffisamment pour que l'arbre atteigne sa vitesse critique.

(*G. et J. Weir*, and *C. R. Lang*, Glasgow, Angleterre. Brev. angl., cl. 110, n°22 749, 16.X.11.)

HYDRAULIQUE

Appareil hydraulique. — Dans le but d'économiser la consommation de fluide à haute pression dans les machines hydrauliques ayant des charges variables, on emploie le dispositif suivant : Le circuit à haute pression *a*, *b*, prend la forme d'un injecteur qu'enveloppe une chambre à laquelle aboutit le fluide à basse pression par un tuyau *c* et une valve *d*, et le fluide à haute pression par une conduite *e* et une valve *f*.



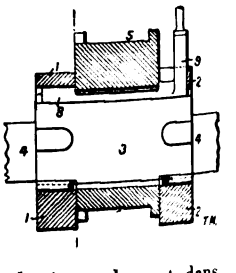
Lors du mouvement normal du piston, le liquide se déplace lentement, et la valve *f* tombe par son poids et permet au fluide haute pression de passer.

Quand la résistance sur le piston décroît et que le piston se déplace plus rapidement, le passage du liquide ferme la valve *f*, et la haute vitesse du liquide à travers les conduits *a*, *b*, provoque l'aspiration du fluide à basse pression à travers le conduit *c*.

(*A. König*, Charlottenburg, Allemagne. Brev. angl., cl. 69 et 71, n° 28 299, 15.XII.11.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Excentriques. — Un excentrique ajustable pour machines à estamper, consiste en un excentrique 3 monté sur l'arbre 4 et en un excentrique extérieur 5 qui peut être fixé dans différentes positions par rapport à l'excentrique 3 au moyen de la clé 8. L'excentrique 5 est fixé par les jougs 1 et 2 sur l'excentrique 3 et est muni d'un certain nombre de redents, chacun d'eux pouvant être garni par une partie demi-circulaire de la clé 8. Cette partie est placée également dans une rainure tracée dans l'excentrique 3 et peut osciller pour s'engager dans les rainures de l'excentrique 5 ou s'en dégager, au moyen de la poignée 9.



(*J. W. Craven and G. J. Robinson*, Yorkshire, Angleterre. Br. angl., cl. 122, n° 25 678, 17.XI.11.)

Lubrifiant. — Ce lubrifiant reste consistant et compact jusqu'à une température de 100° et

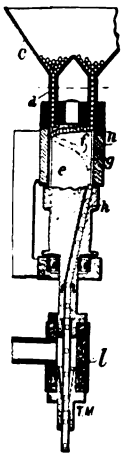
Digitized by Google

peut servir, par exemple, pour les boîtes de vitesse des voitures automobiles.

Il est obtenu en délayant 1 partie en poids de poudre de céruse avec 2 parties d'huile minérale compacte; au bout de quelque temps, on ajoute à ce mélange 3 parties de graisse consistante et l'on continue le malaxage jusqu'à ce qu'on obtienne un lubrifiant bien homogène.

(*Albert Fournaise*, Rhône. Brev. fr., cl. 14, n° 445858, 14.IX.11.)

Meulage des billes (Appareil pour le). — Cet appareil comprend une trémie *c*, renfermant les billes à meuler, celles-ci passent dans des conduits *d* verticaux qui sont prolongés par des rainures *g*, tracées sur la surface d'un cylindre portant également une rainure hélicoïdale *f* à pas progressif.



Chaque bille est agrippée entre la rainure *f*, et l'une des rainures *g*, et tombe à la partie inférieure de celle-ci avec une vitesse croissante.

Elle arrive dans un conduit *h* qui est la continuation de la rainure en spirale *f*.

A la partie inférieure de *h*, les billes tombent dans le dispositif décrit précédemment, brevet n° 22 324, et qui les fait parvenir avec une vitesse convenable entre les disques de meulage.

(*Norma-C^ie*, Caunstatt-Stuttgart, Allemagne. Brev. angl., cl. 60, n° 22 325. 10.X.11.)

Organe élastique pour la transmission du mouvement de rotation. — La figure 1 est une vue en coupe longitudinale de l'organe élastique; et la figure 2 est une coupe horizontale faite dans un plan normal à celui de la figure 1.

L'organe élastique proprement dit se compose de trois parties distinctes dont un corps principal *a*, constitué par une série de lames métalliques élastiques préférablement en acier, appliquées les unes contre les autres.

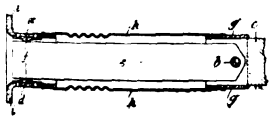


FIG. 1.

A l'une de leurs extrémités, toutes les lames du corps *a* sont traversées par un boulon *b*, s'engageant en même temps dans les branches d'une chape *c*; l'ouverture existant entre les branches de cette chape est précisément égale à l'épaisseur totale des lames *a*, qui viennent s'ajuster dans ce logement et peuvent tourner sur le boulon *b* qui leur sert d'axe de rotation.

Les autres extrémités des lames *a* sont engagées toutes ensemble dans une sorte de douille métallique *d* à l'intérieur de laquelle sont disposés latéralement et symétriquement deux blocs *e*, qui laissent juste entre eux un espace égal à l'épaisseur totale des lames *a* qui peuvent ainsi se déplacer librement, mais sans jeu entre les blocs *e*. La douille *d* comporte encore deux bossages *f* rapportés ou non, diamétralement opposés et placés perpendiculairement aux blocs *e* de telle sorte que, de chaque côté, les lames s'appuient sur ces bossages arrondis qui leur permettent un certain déplacement angulaire par rapport à l'axe du système.

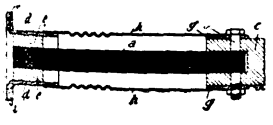


FIG. 2.

La chape *c* est entourée par une douille *g* qui se trouve retenue par le boulon *b*, et cette douille est reliée à la douille *d* par une gaine de cuir *h* qui empêche les poussières et les corps étrangers de s'introduire à l'intérieur de l'organe.

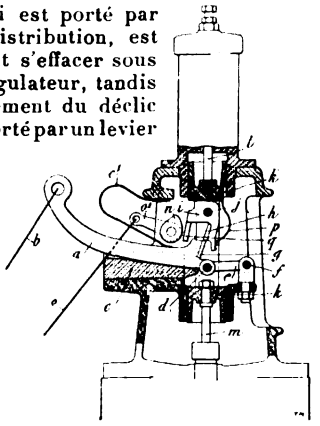
Dans l'application aux voitures automobiles, l'arbre du changement de vitesse, ou plutôt l'un des manchons de l'embrayage est fixé sur la douille *d* qui comporte, à cet effet, une embase *i* pour faciliter le montage, et la chape *c* peut être formée à l'extrémité de l'arbre qui conduit au changement de vitesse et au mouvement différentiel.

Dans ces conditions, le mouvement est transmis par la douille *d*, à la douille *c*, par l'intermédiaire du faisceau de lames élastiques *a* et, lorsqu'il se produit des chocs et des vibrations, qui détérioreront si rapidement le mécanisme d'une voiture automobile, ceux-ci sont atténués et même absorbés par ce faisceau de lames élastiques *a*, qui en évite ainsi l'effet pernicieux sur les organes de la voiture.

(*Société anonyme des anciens Etablissements Chènard et Walcker*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 446 111, 17.VII.12.)

MACHINES THERMIQUES

Commande des organes de distribution pour machines à vapeur. — Ce dispositif est destiné aux machines comportant, entre l'organe à commander et l'organe d'actionnement, un déclic dont l'un des éléments est sous le contrôle du régulateur. Celui des éléments du déclic, qui est porté par l'organe de distribution, est mobile et peut s'effacer sous l'action du régulateur, tandis que l'autre élément du déclic est formé ou porté par un levier roulant, relié par une extrémité à l'organe de commande (barre d'excentrique ou autre) et guidé par l'autre extrémité de manière à pouvoir accomplir une course morte, quand le premier élément est effacé par le régulateur. En assurant normalement l'encliquetage par l'intermédiaire d'un levier roulant, on donne à la commande du déclic et, par suite, à la commande de l'organe de distribution, tous les avantages connus que procure l'entraînement direct par levier roulant, et on conserve cependant à l'ensemble l'avantage également connu du déclic interposé.



m désigne la tige de l'un des organes de distribution à commander. Cette tige est, de la façon connue, solidaire d'un cadre *k* portant l'un des éléments du déclic par l'intermédiaire duquel se fait la liaison avec l'organe d'actionnement que l'on supposera être un excentrique dont *b* représente la barre.

L'élément entraîné du déclic est constitué par un couteau *h* porté par une pièce *i* pivotée sur un axe fixé au cadre *k*. Un ressort *p* tend normalement à maintenir la pièce *i* dans la position d'entraînement. L'effacement du couteau *h* est opéré par l'action d'une came *n* sur la saillie *q* de la pièce *i*; la came étant actionnée par une transmission *o-o'* reliée au régulateur. L'autre élément *g* du déclic est porté par un levier roulant *a*, c'est-à-dire par un levier s'appuyant par sa tranche sur une came directrice fixe *c*. L'une des extrémités de ce levier est reliée à la barre d'excentrique *b*; l'autre est guidée; à cet effet, elle est articulée, en *d*, à une biellette *e* pivotant autour d'un axe *f* porté par le support-guide de l'organe de distribution. Un ressort c^1 tend constamment à appuyer le levier *a* sur sa directrice.

Le cadre *k* supporte, de la façon connue, outre l'organe de distribution *m*, la tige *l* d'un piston amortisseur.

Normalement, tant que la came *n* n'effacera pas la pièce *i* portant l'élément *h* du déclic, la commande de l'organe *m* se fera par l'intermédiaire de cette pièce, entraînée par l'élément *g* sous l'action du levier roulant *a*.

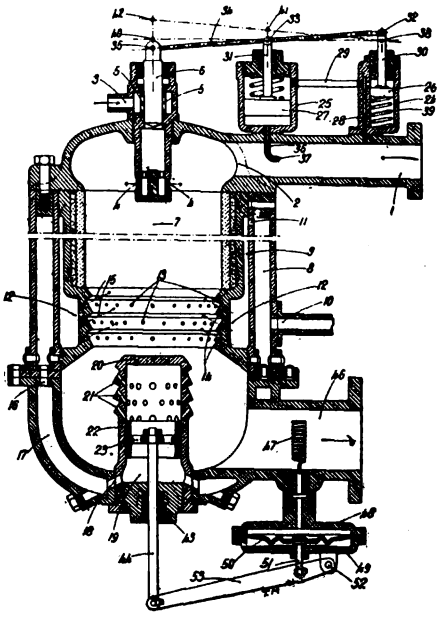
Il convient d'observer, d'autre part, qu'il est aisé de déterminer la forme de la directrice *c*, de manière que l'attaque de *h* par *g* se fasse toujours à faible vitesse, ce qui supprime tout choc à l'enclenchement.

La mobilité du levier roulant *a* par rapport au cadre *k*, quand l'élément *h* du déclic est effacé, pourrait être assurée autrement que par l'articulation autour du point fixe *f*, au moyen d'une biellette; on pourrait, par exemple, guider, dans une coulisse réservée dans le cadre *k*, une traverse ou un boulon prenant la place de l'axe *d*, ce qui supprimerait la biellette *e*.

(*Société Schneider et C^ie*, Seine. Brev. fr. cl. 5, n° 445597, 7.IX.11.)

Générateur de vapeur à vaporisation instantanée, réglé automatiquement d'après la charge de la machine alimentée. — Ce générateur de vapeur à vaporisation instantanée est à réglage automatique d'après les variations de charge de la machine alimentée, de façon que la quantité de combustible brûlée à chaque instant reste proportionnelle à la puissance fournie par la machine et que le fonctionnement du générateur soit entièrement subordonné à la marche de la machine.

La combustion s'effectue entièrement à pression constante dans un foyer pourvu d'une enveloppe d'eau qui l'isole de l'air extérieur. La vaporisation instantanée se fait en distribuant l'eau finement divisée en nappes superposées que traversent successivement les gaz de la combustion. Afin de maintenir à température constante le mélange de gaz et de vapeur qui constitue le fluide moteur, le tiroir qui contrôle l'admission de l'eau est relié à un dispositif pyrométrique placé sur le trajet du fluide moteur. Les arrivées de l'air et du pétrole sont également réglées automatiquement pour toutes les allures de combustion,



Digitized by Google

afin de maintenir un rapport de carburation constant.

L'air sous pression arrivant par le conduit 1 parvient par l'ouverture 2 à la partie supérieure du générateur.

Le pétrole arrive par le conduit 3 et pénètre en haut et par la partie supérieure dans le générateur. Il est réparti circulairement en jets 4. Mais l'arrivée du pétrole n'est possible que si les ouvertures 5 d'un dispositif de distribution approprié ne sont pas fermées par le piston plongeur 6.

La combustion a lieu dans la partie supérieure du générateur, partie qui constitue le foyer 7 et est entourée complètement de deux chemises d'eau concentriques 8 et 9.

L'eau circulant dans l'enveloppe externe 8, où elle est entrée par 10, pénètre partiellement à sa sortie de 8 dans la seconde enveloppe (par 11) où elle s'échauffe. L'eau ainsi préalablement échauffée arrive finalement dans l'espace annulaire 12 dont la paroi interne présente plusieurs rangées de trous ascendants 13 dirigés vers l'intérieur, et qui sont percés dans des redans 14 de la paroi du générateur. L'eau déjà fortement chauffée prête à être vaporisée pénètre dans le générateur sous forme de jets 15 très divisés, répartis entre plusieurs couches superposées. Ces jets étant protégés par les redans 14 contre les gaz de combustion descendants, pénètrent librement dans le foyer.

La combution a lieu dans la chambre supérieure du générateur et les gaz très chauds qui en résultent traversent, dans leur descente, les diverses couches de jets 15 de façon à vaporiser l'eau immédiatement.

Le reste de l'eau sortant de l'enveloppe 8 pénètre par exemple par 16 dans une enveloppe 17 qui entoure la chambre inférieure du générateur et descend par des orifices 18 dans le compartiment 19 du dôme 20, disposé dans la chambre inférieure du générateur. Ce dôme possède également plusieurs rangées superposées de petites ouvertures 21 qui, en vue du réglage de la température du mélange, gaz et vapeur, peuvent être obturées par un tiroir 22 mobile dans le dôme 20 et présentant des passages 23 pour l'arrivée de l'eau.

Selon la quantité de fluide moteur exigée par la machine, l'air arrivant par le conduit 1 subit, comme on l'a expliqué plus haut, des variations par modification, soit de sa vitesse, soit de sa pression. Pour que la quantité de pétrole pénétrant dans le générateur varie proportionnellement, la section des lumières d'admission du pétrole doit être réglée proportionnellement au produit de la pression et de la vitesse de l'air dans le conduit 1.

Dans ce but, on a disposé sur le conduit 1 deux cylindres 24 et 25 dans lesquels peuvent se déplacer les pistons 26 et 27 sous l'influence de la pression de l'air du conduit 1. La partie du cylindre 24, située au-dessus du piston 26, est reliée au conduit 1 par un canal 28; en outre, un tuyau 29 branché sur ce canal débouche dans le cylindre 25 au-dessus du piston 27. Lorsque aucune pression ne s'exerce dans le conduit 1, les pistons 26 et 27 occupent les positions du dessin, à savoir 26 en haut et 27 en bas, les extrémités des tiges de piston 30 et 31 étant en 32 et 33. Un fléau 34 joint les tiges de piston 30 et 31 à la tête du piston plongeur 6. Cette tête occupe la position 35 et, par suite, l'admission du pétrole est suspendue.

Il convient de signaler ici que le cylindre 25 est pourvu, au-dessous du piston 27, d'un canal de dérivation 36 avec une tête 37 débouchant dans le conduit 1 et dirigée contre le courant d'air, à la façon d'un tube de Pitot.

Si pendant le fonctionnement, la soupape d'admission de la machine alimentée par le générateur est fermée pour arrêter la machine, la tête de la tige du piston 26 prend la position 38, car la pression de l'air du conduit 1 abaisse ce piston en comprimant un ressort 39. Par contre, la tête de tige du piston 27 reste dans la position figurée en 33, parce qu'aucun mouvement d'air ne se produit dans le conduit 1, de sorte que l'air ne peut pénétrer par l'ajutage 36, 37 dans le cylindre 25 et soulever le piston 27.

Mais la tête du piston plongeur 6 prendra la position 40, pour laquelle l'admission du pétrole reste également interrompue.

Si cependant on ouvre la soupape d'admission de la machine, l'air comprimé passe dans le conduit 1 et il se produit, grâce au tube de Pitot 36, une surpression sous le piston 27; il en résulte que la différence de pression entre les deux faces de ce piston 27 sera dans le rapport du carré de la vitesse d'écoulement dans le conduit 1. La tête de tige du piston 27 s'élèvera ensuite jusqu'en 41, qui correspond au débit maximum de la conduite d'air 1 et, dans ce cas, la tête du piston plongeur de pétrole 6 se trouvera occuper sa position supérieure 42, de sorte que l'amenée du pétrole est ouverte en grand. Pour toute diminution de la vitesse de l'air ou de sa pression dans le conduit 1, le piston 6 réduira proportionnellement les lumières 5 d'amenée de pétrole.

En vue du réglage de la température, les orifices d'injection 21 du dôme 20 peuvent être obturés par le tiroir 22 dont la tige 44, guidée dans une boîte de garniture 43, est commandée par le dispositif pyrométrique suivant :

Dans la conduite de fluide moteur 46 allant à la machine, est placé un serpentin 47 rempli de liquide vaporisable dont la tension, proportionnelle à la température du fluide moteur, agit sur une membrane 50 placée entre deux coquilles 48 et 49. La déformation de la membrane 50 correspondant à la température se transmet à la tige 51 attenant à la membrane; cette tige, par l'intermédiaire d'un levier à deux bras 53, à point fixe 52, déplacera le piston 22 pour découvrir les ouvertures 21, si la température augmente, ou, pour les recouvrir, si la température s'abaisse, de façon à ramener constamment à sa valeur normale la température du mélange moteur.

Il ressort de la description précédente que le générateur fonctionne toujours automatiquement à température constante, alors que la quantité de combustible consommée reste à tout moment proportionnelle à la puissance de la machine alimentée.

(*Charles Lemale*, Seine. Brev. fr. cl. 5, n° 444 921, 13.VI.12., brev. all. cl. 13 g, n° 256 576, 3.III.12.)

Machinerie à vapeur ou à gaz avec deux ou plusieurs fractions de turbines travaillant en série et montées sur des arbres distincts. — Toutes les fractions de turbines possèdent à l'entrée un étage de pression qui est muni de sections de passage (admissions) variables, dans le but d'obtenir également aux allures réduites une subdivision de puissance aussi régulière que possible sur les différents arbres.

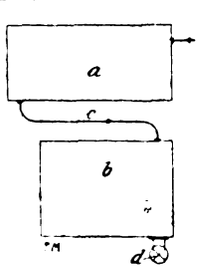


FIG. 1.

L'admission peut être modifiée soit par commande positive, soit à la main, soit automatiquement.

La figure 1 montre en *a* la partie HP et en *b* la partie BP d'une installation à deux arbres; *c* représente la tuyauterie reliant les deux turbines et *d* une soupape genre bypass.

La figure 2 montre la partie antérieure d'une coupe en long à travers la turbine BP *b*, *e* est le canal supplémentaire, *f* sont les tuyères; *g*, les étages de pression avec admission variable (sur le dessin, il est indiqué à titre d'exemple 3 étages de vitesse); *h* représente le tambour à admission totale.

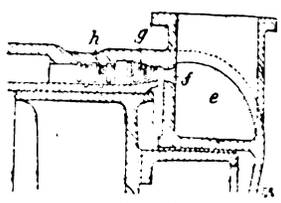


FIG. 2.

La figure 3 montre schématiquement l'étage de pression prévu ici, à titre d'exemple, avec deux admissions différentes; pour la puissance maximum, l'admission embrassera toute la périphérie, c'est-à-dire les secteurs *i* et *k*, et pour des puissances réduites elle embrassera seulement le secteur *i*. Pour la puissance maximum, la vapeur passe, à travers la soupape *l* (qui est dessinée ici comme soupape automatique), du secteur *i* qui est dans ce cas trop petit, dans le canal pour le secteur *k*.

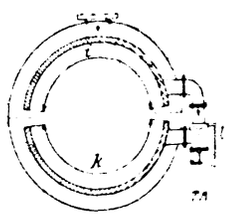
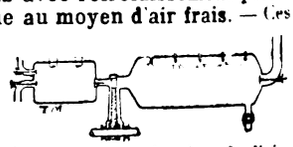


FIG. 3.

La soupape *l* peut s'ouvrir d'elle-même lorsqu'une pression déterminée est atteinte, ou bien elle peut être ouverte à la main, ou bien encore par commande positive depuis la soupape d'admission de vapeur pour l'étage haute pression.

(*Aktiengesellschaft Brown, Boveri et Cie*, Suisse, Brev. fr., cl. V, n° 445 480, 22.V.12.)

Turbine à gaz avec refroidissement périodique de la roue au moyen d'air frais. — Ces gaz d'échappement sont refroidis dans un espace clos où se produit une dépression entraînant une aspiration de l'air.



(*Maschinenfabrik Augsburg Nurnberg A. G°*, Nuremberg. Brev. all., cl. 46, n° 256 516, 16.IV.11.)

MÉTALLURGIE

Alliage de nickel. — Il présente une grande résistance aux agents chimiques et se laisse travailler facilement, il contient au moins 25 % de chrome et un peu d'argent.

(*Wilhelm Borchers, Rolf Borcher*, Aachen. Brev. all., cl. 40 b, n° 255 919, 21.VI.12.)

Galvanisation à froid. — Le bain galvanique renferme de l'eau, du chlorure de zinc liquide à 46°, du chlorure d'ammonium, du chlorure de sodium et de l'acide tartrique. Les proportions doivent être de préférence les suivantes pour 100 litres d'eau : $ZnCl^2$, 40 litres; NH^4Cl, 8 kg; NaCl, 2 kg 1/2; et acide tartrique 2 kg 1/2.

(*Edmond Ballegeer*, Belgique. Brev. fr., cl. 12, n° 446 112, 17.VIII.12.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Gazage des fils et tissus. — On interpose entre le produit à gazer et la flamme un écran incombustible, de forme appropriée qui longe ou enveloppe le fil ou le tissu sur une certaine longueur; on peut employer à cet effet des écrans ondulés, le fil passant dans les ondes de l'écran ou des écrans perforés plats ou tubulaires, ou des écrans doubles chauffés latéralement.

(*Bela Szilard*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 445 959, 10.VII.12.)

L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION INDUSTRIELLE

La taxation des mines dans les divers pays.

M. Louis Aguillon, inspecteur général des Mines en retraite, vient de publier, dans *les Annales des Mines*, un exposé de la taxation des mines dans les divers pays. Cette question, présentant, par suite de son actualité, un intérêt tout particulier, nous allons en résumer ici les passages les plus importants.

On peut, dans la taxation des mines, faire deux catégories. La première est constituée par les impôts spéciaux, qui sont pour la propriété minière et l'industrie extractive, ce que sont les impôts de droit commun pour les autres industries; c'est le cas des deux redevances classiques, la redevance fixe et la redevance proportionnelle. Dans la deuxième, on assujettit l'industrie extractive aux impôts de droit commun auxquels sont soumis toutes les industries; c'est le seul mode de taxation possible dans les pays où l'exploitation ne dépend que du propriétaire du sol.

Les impôts spéciaux sont de trois sortes : 1° Taxes d'institution (récentes); 2° redevances fixes (aussi vieilles que le monde); 3° redevances d'exploitation.

1° *La taxe d'institution* consiste à demander, à la délivrance du titre, le versement en capital, soit d'une somme fixe, soit d'une somme calculée d'après son étendue.

2° *La redevance fixe* consiste à payer annuellement, que la mine soit exploitée ou non, une somme déterminée par unité de surface. Elle varie; suivant les pays, et, dans un même pays, d'après les substances, de 0 fr 10 à l'hectare en Tunisie, à 300 et 460 fr pour les mines d'or Sud-Africaines, sans parler de 12 500 fr pour les claims diamantifères des colonies portugaises. Depuis la loi de 1910, elle est, en France, de 0 fr. 50.

3° *La redevance proportionnelle* est l'impôt spécial des mines exploitées; elle fut pratiquée suivant deux modalités : *a*) sur le produit *brut*; *b*) sur le produit *net*.

Cette dernière se rapproche de plus en plus du dividende et finira bientôt par se confondre avec lui.

La persistance entre les deux types de redevances proportionnelles donne un intérêt à la valeur du rapport qui existe entre les quotités de l'une et de l'autre; à combien correspond, sur le produit net, 1 °/₀ sur le produit brut et inversement?

TABLEAU I. — HOUILLÈRES FRANÇAISES : RÉSULTATS MOYENS D'EXPLOITATION.

ANNÉES	VALEUR de la tonne en francs produit brut = P	BÉNÉFICE NET par tonne en francs produit net = π	RAPPORT $\frac{\pi}{P}$	1 °/₀ DE P correspond en produit net à :
			°/₀	°/₀
1881-1890. . .	11,50	1,70	15	6,66
1891-1900. . .	12	1,50	12,5	8
1900-1908. . .	14,25	1,56	10,9	9

Si l'on considère l'ensemble des houillères françaises, dans ces trente dernières années, on peut dresser le tableau I.

Ce tableau correspond à des moyennes qui font disparaître les valeurs extrêmes. Si l'on compare les dividendes distribués par les différentes sociétés, on relève les résultats suivants :

1 société distribue un dividende correspondant à 5 fr 50 par tonne extraite; 1 société à plus de 4 fr; 7 sociétés de 3 fr à 4 fr; 4 sociétés plus de 2 fr; les autres allant en descendant jusqu'à 0.

Pour la Belgique, un calcul analogue pour 1910 donne les résultats indiqués au tableau II.

TABLEAU II. — HOUILLÈRES BELGES : RÉSULTATS MOYENS D'EXPLOITATION.

NOMBRE de sociétés	DIVIDENDE distribué à la tonne en francs	PROPORTION relative de l'extraction °/₀
2	5	1,35
1	4,50	0,80
6	De 3 à 4	6,35
6	Plus de 2	10,50
9	2	10,50
33	Inférieur à 2	47,10
20	0	23,40
77		100

Quelles que soient les contingences financières et économiques qui influent sur les chiffres de ces tableaux, ils décèlent tous l'influence des *conditions naturelles* sur le rendement des diverses mines. Il semble qu'au bout d'un certain temps, seules, ces conditions persistent.

Ce phénomène, qui permet ainsi à certaines mines un extra-bénéfice, rappelle beaucoup le phénomène de la « Rente de la Terre de Ricardo », et la théorie des emplacements privilégiés n'a pas d'autre source. L'impôt qui serait établi de telle sorte qu'il ne frappât que l'extra-bénéfice, permettrait à un État d'augmenter ses revenus sans pour cela avoir les inconvénients d'une augmentation générale des taxes minières, car le producteur privilégié ainsi frappé n'a pas intérêt à élever le prix de vente, qui est généralement fixé par les producteurs ordinaires. On trouve ce système dans « l'impôt complémentaire » de MM. Barthou et Millerand, et dans le projet de budget de 1910 de M. Cochery.

Enfin, dans certains pays, les mines sont soumises à des taxes spéciales en faveur des provinces ou communes. Ces dernières constituent, dans certains pays, pour la Prusse, notamment, des charges formidables.

A ces différentes charges, il faut ajouter, pour la France et la Belgique en particulier, les assurances obligatoires en faveur des ouvriers mineurs.

Toutes ces observations auront leur importance lorsqu'il s'agira de comparer les modes de taxation des différents pays que nous allons passer en revue, en les prenant par ordre alphabétique.

1° ALLEMAGNE. — Avant d'aborder successivement les plus importants des Etats allemands, il convient de noter le « Zuwachsstener » ou taxe d'accroissement sur les propriétés immobilières qui atteint jusqu'à 30 °/₀ en capital.

a) *Alsace-Lorraine.* — A l'institution, sous forme de timbre, les mines ont à payer à l'Etat, par champ de 200 h, 10 000 fr pour la houille et le sel, et 1 250 fr pour les autres substances.

Toute mine exploitée ou non paie à l'Etat une redevance fixe annuelle de 0 fr 25 par hectare.

Toute mine exploitée paie : 1° Un impôt spécial de 1 °/₀ sur le produit brut;

2° L'impôt sur le revenu industriel (Gewerbstener), de 1 fr 90 °/₀ de la capacité de rendement ou de revenu net moyen.

La taxe fixe annuelle et l'impôt sur le revenu industriel supportent des centimes additionnels pour le cercle (Bezirk) et les communes, dont l'ensemble très variable dépasse largement le principal.

L'impôt sur le produit brut est perçu uniquement pour le compte de l'Etat; il perçoit, en outre, pour fonds de non valeur, 5 °/₀ sur la taxe fixe annuelle et sur l'impôt sur le revenu industriel.

L'Alsace-Lorraine avait jusqu'ici résisté aux tendances étatistes prussiennes, qui se rattachent à la loi de Gamp de 1905. Une loi du 15 juin 1912 vient néanmoins de suspendre l'institution des concessions, non seulement pour la houille et les sels comme en Prusse, mais aussi pour les minerais de fer en couche et les bitumes, jusqu'à l'élaboration de la nouvelle législation.

b) *Anhalt.* — 1° Une redevance sur le produit brut, de 1 °/₀ pour le minerai de fer, et 2 °/₀ pour les autres substances, sans que la redevance puisse s'appliquer aux produits consommés pour le service de la mine;

2° Une redevance fixe de 3 fr 75 par hectare et par an pour le lignite et 7 fr 50 pour les autres substances, sous réserve toutefois de décompter sur cette dernière, ce qui est payé en redevance sur le produit brut.

c) *Bavière.* — 1° Une redevance fixe de 0 fr 315 par hectare et par an;

2° Application aux mines de l'impôt sur le revenu comme pour toutes autres propriétés ou entreprises.

d) *Bade.* — A la suite de la découverte récente des sels de potasse, l'Etat badois vient d'accorder une concession de 3 000 h, moyennant une redevance fixe de 15 000 marks, et une redevance proportionnelle de 12 °/₀ du produit net.

e) *Hambourg.* — La ville de Hambourg a traité avec une Société de recherches pour lui abandonner, pendant cent ans, avec droit de préférence au renouvellement, le droit d'exploiter les mines aux conditions suivantes :

1° Redevance fixe annuelle de 12 500 fr;

2° Redevance proportionnelle de 3 fr par tonne de minerai de potasse; 1 fr 25 par tonne de minerai de sel gemme; 9 fr 60 par tonne de minerai d'huile minérale; 10 °/₀ de la valeur brute du charbon et des matières bitumineuses et pour le sel raffiné, provenant de sources salées, au choix de l'Etat, 10 °/₀ de la valeur brute ou 12 500 fr par an.

f) *Prusse.* — 1° Taxe sur le dividende à payer à l'Etat, voisine de 4,5 °/₀. Les communes peuvent imposer les sociétés houillères, et en fait, en 1908, elles ont touché environ 15 °/₀ du dividende distribué.

Certaines mines continuent à verser aux seigneurs qui en jouissaient antérieurement, la taxe spéciale de 2 °/₀ du produit brut.

Digitized by Google

g) *Oldenbourg.* — Redevance proportionnelle de 2 °/₀ sur le produit brut.

h) *Wurtemberg.* — Les mines ne sont pas soumises à des impôts spéciaux.

Colonies allemandes. — Régime de droit commun. — Permis de recherche. — 18 fr 75 par hectare et par an pour les substances nobles (or, argent, platine, pierres précieuses); 1 fr 05 par hectare pour les autres substances.

Exploitation. — 1° 47 fr 50 par hectare et par an pour les substances nobles; 1 fr 25 pour les autres;

2° 2 °/₀ sur le produit brut, dont un quart revient aux propriétaires du sol sur leur demande.

Régime exceptionnel. — L'Etat peut librement constituer, sous réserve des droits acquis, des concessions dans telles conditions qu'il lui plait.

2° République Argentine. — L'Etat ne perçoit aucun impôt spécial sur les mines, elles sont seulement soumises, sous peine de déchéance, à un travail annuel minimum. Cependant certaines provinces perçoivent quelques taxes minières.

3° Autriche. — L'explorateur paie une taxe fixe de 0 fr 15 par hectare et par an.

La redevance fixe des exploitants correspond à 1 fr 86 par hectare et par an pour les concessions normales, et 0 fr 73 pour les concessions des gîtes superficiels.

4° Belgique. — Elle vient, en 1911, de reviser notre loi de 1810 à laquelle elle était soumise. Elle a conservé notre ancienne redevance fixe de 0 fr 10 par hectare et par an, et notre redevance proportionnelle avec le taux de 3 °/₀ du produit net. Mais, d'une part, les redevances tréfoncières, en faveur des propriétaires, sont plus élevées qu'en France, et, d'autre part, les communes peuvent imposer les mines comme les autres établissements industriels de leurs territoires.

Congo belge. — Paiement à l'institution d'une somme de 2 500 fr augmentée de 10 fr par hectare pour les métaux précieux, et 5 fr pour les autres substances.

Deux redevances annuelles : 1° 1 °/₀ du produit brut sans que cette redevance puisse être inférieure à 0 fr 50 par hectare, et 5 °/₀ du produit brut sans que la redevance puisse être inférieure à 50 fr par hectare pour les métaux précieux;

2° 33 °/₀ des bénéfices.

5° Bulgarie (Loi des Mines de 1910). — *Permis de recherche* : Redevance fixe de 0 fr 10 par hectare, qui croit de 0 fr 10 tous les deux ans jusqu'à 0 fr 50.

Redevance proportionnelle de 1 °/₀ du produit brut.

Exploitation. — 1° 2 fr par hectare et par an pour les combustibles et bitumes; 4 fr pour les autres substances;

2° 1 °/₀ du produit brut.

6° Chili. — Les mines proprement dites paient 18 fr par hectare et par an; les carrières paient 9 fr.

Les nitrates sont assujettis à un droit de sortie de 62 fr par tonne représentant 30 °/₀ du produit brut.

7° Espagne. — Taxe fixe de 15 pesetas par hectare et par an pour les pierres précieuses et mines métallurgiques.

6 pesetas pour les mines de fer ou assimilées.

4 pesetas pour les mines de combustibles.

Taxe proportionnelle de 3 °/₀ du produit brut, sauf pour les mines de combustible qui en sont exemptes.

Les Sociétés minières ont, en outre, à supporter les impôts généraux sur les Sociétés. Savoir : 2 °/₀ sur le dividende, et 1 °/₀₀ sur le capital évalué d'après le cours des actions.

8° Etats-Unis d'Amérique. — En principe, la mine n'est pas séparée de la propriété du sol. Celle-ci est vendue à raison de 62 fr 50 par hectare pour les mines en filons; 31 fr 25 pour les placers et terrains à pétrole; 125 fr pour les mines de houille distantes de 24 km d'un chemin de fer, 250 fr s'ils sont à moins de 24 km.

9° France. — Taxe fixe de 0 fr 50 par hectare et par an. Taxe proportionnelle de 6 °/₀ sur le produit net, dont 1 °/₀ pour les communes. A ce principal s'ajoutent des centimes additionnels, qui, totalisés, donnent 0 fr 65 pour la redevance fixe, et 7,25 °/₀ pour la redevance proportionnelle.

Il faut mentionner à côté les redevances tréfoncières de 0 fr 05 à 0 fr 10 par hectare et les prélèvements spéciaux, que l'Etat réclame de nouveaux concessionnaires, correspondant environ à 20 °/₀ de l'extra-bénéfice ou de l'extra-dividende, en désignant ainsi celui qui dépasserait un bénéfice ou dividende de 5 à 6 °/₀.

L'Etat se réserve, en outre, la même proportion dans l'actif net de la liquidation après remboursement du capital.

Algérie. — Même législation que celle de la métropole, sauf pour les phosphates.

Tunisie. — Elle n'a pas encore sa législation minière. Les concessions continuent à être données par des actes de souveraineté moyennant une taxe fixe de 0 fr 10, et une taxe proportionnelle de 5 °/₀ du produit net.

10° Grande-Bretagne. — Les mines n'étant pas séparées de la propriété du sol ne sont soumises qu'à l'« Income-Tax », très variable, suivant les besoins du trésor, actuellement de 5,8 °/₀, avec réduction à 5 °/₀ pour la partie de revenu provenant du travail personnel et une réduction spéciale pour les revenus inférieurs à 50 000 fr.

Le *Finance Act*, 1909-1910, de M. Llyold George, a créé deux taxes spéciales : l'une est une taxe de 5 °/₀ sur le montant de toute redevance payée par un exploitant à un propriétaire, l'autre est égal à 20 °/₀ de l'excédent de la nouvelle redevance sur l'intérêt à 8 °/₀ de la valeur en capital de la mine au début de la période précédente.

11° Grèce. — *Recherches.* — Taxe proportionnelle de 5 °/₀ de la valeur des produits extraits dont l'explorateur a le droit de disposer.

Exploitation. — Taxe fixe de 1 fr par hectare et par an. Redevance proportionnelle de 11 °/₀ du produit net.

12° Italie. — 0 fr 50 par hectare et par an dans l'ancien royaume de Piémont et dans ceux des anciens Etats pontificaux où les mines étaient concédées.

Les taxes autrichiennes sont appliquées dans les provinces de la Vénétie.

Enfin, 10 °/₀ du revenu ou produit net pour toutes les mines.

Deux particularités intéressantes : les mines de fer de l'île d'Elbe appartiennent à l'Etat et les soufrières de Sicile sont obligatoirement syndiquées.

13° Grand-duché du Luxembourg. — Un seul gîte minéral, la formation ferrifère oolithique de l'Alzette.

La loi du 15 mars 1870 a partagé le gîte en deux parties, d'après la profondeur : la partie supérieure appartient au propriétaire du sol, la partie inférieure à l'Etat, qui perçoit, en outre, sur tous les minerais extraits, une redevance de 1/2 °/₀ du produit brut. Enfin, les concessionnaires ont à verser aux propriétaires du sol une redevance tréfoncière de 5 °/₀ du produit qui revient à l'Etat.

14° Mexique. — Il y a trois taxes : 1° Taxe d'institution de 25 fr 83 par hectare.

2° Taxe fixe annuelle de 15 fr 50 pour chacun des vingt-cinq premiers hectares, et 7 fr 75 pour chaque hectare en plus.

3° Taxe proportionnelle sur le produit brut, dévolue aux Etats sans qu'elle puisse dépasser 1,80 °/₀.

15° Portugal. — 1° Une redevance fixe par hectare, de 1 fr 50 pour les matières salines, bitumineuses et combustibles, de 2 fr 50 pour les autres substances; 2° 2 °/₀ du produit brut avec exemption pour les minerais de fer, et élévation de la taxe à 2,5 °/₀ pour la pyrite et le manganèse.

Colonies Portugaises. — La recherche de mines ne peut être faite que par les personnes munies de « licences de mines » ordinaires ou spéciales, renouvelables chaque année au prix de 25 fr pour la première, et 250 fr pour la seconde.

Concessions. — 2 fr 50 par hectare et par an pour les substances ordinaires, 12 fr 50 pour les métaux précieux; 12 500 fr pour les pierres précieuses, 0 fr 20 pour les exploitations par dragage.

Redevance proportionnelle de 2 °/₀ du produit brut pour les matières précieuses, et 1/2 °/₀ pour les autres.

Droits de sortie en sus : 5 °/₀ pour les minerais et métaux précieux, non traités dans la colonie; 1/2 °/₀ pour les pierres précieuses et métaux précieux en état marchand; 0,1 °/₀ pour les autres substances.

16° Pays-Bas. — L'Etat s'est réservé le monopole des recherches et de l'exploitation des mines, et peut s'entendre contractuellement avec des Sociétés qui ont alors à supporter les impôts communs aux autres Sociétés.

Colonies Hollandaises — 0 fr 05 par hectare et par an pour les permis de recherches, et 0 fr 50 pour les concessions, 4 °/₀ sur le produit brut.

17° Pérou. — 37 fr 50 ou 18 fr 75 par hectare et par an, par redevance proportionnelle, droit de sortie de 3 °/₀ de sa valeur sur l'or.

18° Roumanie. — 0 fr 25 par hectare et par an, 1 °/₀ du produit brut.

Pétroles. — 25 fr par hectare, 9 à 20 °/₀ du produit brut, suivant que le sondage produit par jour plus de 10 t jusqu'au delà de 100 t.

19° Russie. — C'est, comme l'Angleterre, un pays d'accession. Il existe, néanmoins, des règlements indiquant les conditions uniformes, sous lesquelles les particuliers peuvent acquérir et exercer librement le droit de rechercher et exploiter les substances minérales.

Pour les terrains de la couronne, la taxation consiste généralement en une redevance annuelle proportionnelle de 10 °/₀ du produit brut sur les substances métalliques, allant jusqu'à 15 °/₀ pour les métaux précieux.

20° Serbie. — *Permis de recherche.* — 0 fr 1175 par hectare et par an.

Concessions. — 1 fr 175 par hectare et par an; 1 °/₀ du produit brut.

21° Suède. — Taxe de 35 fr par hectare pour toute mine non exploitée.

22° Suisse. — La seule exploitation minérale à retenir est celle de l'asphalte du Val de Travers. Redevance variable suivant les années, de 7 fr 50 par tonne pour les minerais de première qualité avec un minimum annuel de 200 000 fr. Cela se rapproche d'une taxe de 30 °/₀ sur le produit brut.

23° Turquie. — *Recherches.* — L'explorateur, autorisé à disposer de ses recherches, paie la même redevance proportionnelle que le concessionnaire.

Concessions. — Taxe fixe à l'institution, de 1 150 à 4 600 fr; redevance proportionnelle, de 1 à 5 °/₀ sur le produit brut pour les mines exploitées par puits et galeries, et de 10 à 20 °/₀ pour les mines exploitées sur des amas de substances (émeri, chrome, borate, écume de mer, pétrole, asphalte, etc.)

A. Vidal,
Ingénieur civil des mines.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Marethieux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

MACHINES THERMIQUES

DES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AU GAZOGÈNE DU TYPE SIEMENS

Nous comparions, dans une récente étude (1), le chauffage direct sur grille avec le chauffage au gaz. A tous points de vue : régularité d'allure, facilité de réglage, haute température obtenue, atmosphère chimiquement déterminée, économie réalisée, le résultat de cette comparaison fut de reconnaître la supériorité incontestable du chauffage au gaz sur celui qui est réalisé dans les foyers ordinaires.

Pour être complet dans cette étude, il nous reste à démontrer qu'un gazogène bien compris n'est pas plus difficile à conduire convenablement qu'un foyer ordinaire, que tout au contraire cette conduite est plus facile. C'est ce que nous nous proposons de faire dans le présent article.

Nous y étudierons le gazogène en général, et principalement au point de vue de sa conduite et des difficultés qu'elle peut présenter; quant à l'étude purement théorique de l'appareil, au point de vue des réactions chimiques qui s'y produisent, elle ne rentre pas dans le cadre de notre travail, et nous prierons les personnes que la question intéresse de se reporter aux nombreux ouvrages qui la traitent.

Il nous semble tout à fait logique d'étudier la marche du gazogène sur le premier appareil du genre qui ait été conçu, et qui est le type de tous les gazogènes : nous voulons parler du gazogène Siemens. Ce gazogène a d'ailleurs longtemps prévalu; on le rencontre encore très fréquemment, et les indications que nous donnerons à son sujet ne seront pas inutiles. Si en effet ces indications sont connues plus ou moins de ceux qui emploient le gazogène, on ne trouve pourtant nulle part l'exposé complet que nous allons entreprendre. Cet exposé montrera que le gazogène est un appareil que l'on peut conduire facilement, sans déboires, en observant des prescriptions très simples; il pourra donc rendre service aux personnes qui reculent devant une nouvelle application de cet appareil.

Il est d'ailleurs indispensable de connaître à fond la marche du gazogène Siemens ordinaire pour bien comprendre l'intérêt de tous les perfectionnements qui y ont été apportés, tant au point de vue de la conduite de l'appareil que de l'enlèvement des mâchefers.

Nous verrons que la marche du gazogène Siemens peut toujours servir de type à tous les autres gazogènes, et que les perfectionnements à apporter aux uns et aux autres doivent surtout avoir pour but de simplifier les manœuvres nécessaires ou de les rendre moins pénibles. La question de la main-d'œuvre est une des plus délicates qui se présentent actuellement dans l'industrie : rendre la conduite du gazogène facile, c'est permettre son application à la plupart des cas du chauffage industriel (2).

(1) Voir *La Technique moderne*, t. V, n° 5 (1er septembre 1912), p. 155.

(2) Nous aurons l'occasion, dans un autre article, d'indiquer comment il est possible de tranformer dans tous les cas un appareil de chauffage à feu nu en un appareil chauffé avec des gaz pauvres.

Nous allons donc passer en revue les divers incidents de marche que l'on rencontre dans le fonctionnement du gazogène Siemens, pour indiquer ensuite les moyens d'y remédier, et mieux, de les éviter. Nous rendrons de la sorte plus visibles les défectuosités de l'appareil, et cela nous amènera à parler des principaux perfectionnements qui y ont été apportés; nous indiquerons en dernier lieu quels dispositifs notre expérience personnelle nous a amené à prendre pour satisfaire aux différents desiderata découlant de notre étude.

Etude expérimentale du gazogène Siemens.

Description. — Nous serons bref et n'entrerons pas à nouveau dans une description détaillée du gazogène Siemens; il est suffisamment connu pour que nous puissions nous en dispenser.

Les figures 1 et 2 indiquent d'ailleurs clairement l'agencement

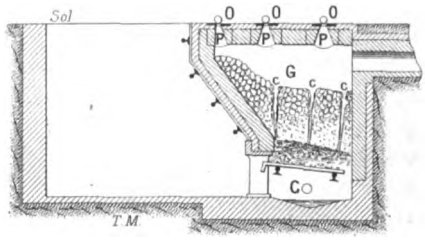


Fig. 1. — Gazogène Siemens. (*Coupe longitudinale.*)

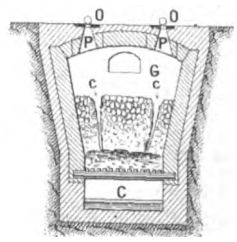


Fig. 2. — Gazogène Siemens. (*Coupe transversale.*)

Fig. 1 et 2. — C, cendrier; G, collecteur de gaz; P, trous de piquage et de chargement; O, boulets de fermeture des trous de piquage; *c*, cheminées ou brûlages; *d*, voûte ou couronne; *e*, couche de mâchefers concassés.

de l'appareil. Il se compose essentiellement d'une cuve et d'un cendrier séparés par une grille horizontale ou inclinée.

La cuve comprend deux parties : l'une qui renferme le combustible sur une hauteur déterminée, l'autre G, située au-dessus du combustible, qui sert de collecteur de gaz. Les parois de la cuve ont généralement un léger fruit qui la font ressembler à un tronc de pyramide renversé. Une conception fausse de la marche du gazogène a fait donner dans certains cas un fruit plus important, soit à la paroi antérieure de la cuve seule, soit aux quatre parois, de façon à constituer une aire de distillation et d'expansion; nous verrons plus loin que cette disposition ne présente d'intérêt que dans des cas exceptionnels.

A la partie supérieure, le gazogène comporte des trous de piquage et de chargement P, par lesquels l'ouvrier introduit ses ringards ou encore charge le combustible. Ces trous sont obturés en temps ordinaire par des boulets en fonte. Le plus souvent, une boîte de chargement du type « cup and cone » permet de

Digitized by Google

faire des charges moins fréquentes et de n'utiliser les trous de piquage que pour les opérations de piquage ou de fonçage.

Résumé succinct de la gazéification. — Le gazogène étant régulièrement alimenté de combustible, et l'air arrivant sous la grille, soit par tirage direct, soit par insufflation, les différentes réactions de la gazéification s'effectuent dans les différentes zones de la couche de combustible qui sont à des températures différentes. Dans le voisinage de la grille, le carbone brûle en combustion complète et le gaz carbonique formé est ensuite réduit en oxyde de carbone en s'élevant à travers la couche de combustible incandescent. L'air qui n'a pas pris part à la combustion dans la zone inférieure forme directement de l'oxyde de carbone dans les zones supérieures, où la température est moins élevée.

La vapeur d'eau se dissocie également en mettant en liberté de l'hydrogène, qui augmente le pouvoir calorifique du gaz formé, et de l'oxygène qui se fixe sur le carbone pour donner aussi de l'oxyde de carbone.

Enfin, la couche supérieure de charbon distille en produisant des hydrocarbures, qui peuvent être eux-mêmes décomposés dans certaines conditions de température.

On obtient donc, en fin de compte, un gaz composé en majeure partie d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'hydrocarbures pour la partie combustible, d'azote et d'acide carbonique pour la partie non combustible ou inerte.

On conçoit facilement que l'on ait intérêt, pour favoriser la production régulière des réactions indiquées dans les différentes zones, à avoir sur la grille une épaisseur de charbon aussi uniforme que possible. Comme nous le verrons, c'est en outre un moyen d'éviter en partie certains des accidents de marche ordinaires.

Cette remarque suffit à faire ressortir l'inconvénient d'une aire de distillation (fig. 1) : celle-ci, par sa disposition même, amène une épaisseur de combustible inégale, par conséquent une inégale perméabilité à l'air, et la production de réactions différentes dans les diverses parties d'une même couche de combustible.

Nous allons indiquer maintenant comment on reconnaît qu'un gazogène est en bonne marche et que le gaz produit est de bonne qualité. Nous serons tout naturellement amené ensuite à parler des incidents de marche qui peuvent se produire et des moyens d'y remédier.

Marche de l'appareil. Accidents de marche. — Il est facile de se rendre compte si la marche est bonne. Plusieurs moyens existent pour cela ; le plus simple consiste à déboucher un des trous de piquage et à regarder par ce trou : si le gazogène fonctionne normalement, on ne doit apercevoir aucune flamme dans le collecteur de gaz G, mais une masse uniformément rouge sombre, dont l'éclat varie suivant l'allure plus ou moins chaude de l'appareil. Il s'échappe du trou un gaz dont la couleur, variable suivant la nature du charbon, est une précieuse indication qui renseigne le gazier sur la qualité et la régularité du gaz produit. Cela suppose, bien entendu, que le tirage du gazogène ou la pression du vent insufflé sont réglés de telle manière que le gaz produit dans le collecteur ait une pression très légèrement supérieure à la pression atmosphérique. C'est d'ailleurs là un critérium que l'on doit chercher à réaliser de préférence, pour éviter les rentrées d'air et avoir une marche plus facile du gazogène, sans arriver à des pressions exagérées, qui causent des pertes de gaz importantes quand les trous de piquage sont débouchés.

Un second moyen très simple également, et qui présente en outre l'avantage de pouvoir être observé à distance, est de disposer une prise de gaz terminée par un robinet et un ajutage ; on peut enflammer le gaz qui s'échappe et l'examen de la flamme donne encore de très utiles indications. Pour des installations plus importantes, on peut disposer plusieurs de ces prises sur la conduite principale de gaz.

Si, par un trou de piquage, l'on observe dans le collecteur G la présence de flammes, c'est que le gaz y brûle en partie au préjudice de sa qualité. Cela ne peut se produire que si de l'air frais a pu s'élever directement du cendrier dans le collecteur de gaz sans être fixé, en se créant à travers la masse du combustible de véritables petits canaux ou « cheminées ». La température régnant dans le collecteur est alors suffisante pour provoquer l'inflammation du gaz.

Cet inconvénient se rencontre fréquemment dans les gazogènes fonctionnant avec des hauteurs de charbon insuffisantes ; aussi conseillons-nous de ne jamais descendre au-dessous d'une hauteur de 80 cm pour les charbons maigres et de 1m,10 et plus pour les charbons gras, pour faire varier cette hauteur, suivant la nature et la grosseur du charbon employé, de 80 cm à 1m,50. Une bonne mesure également consiste, quand c'est possible, mais seulement avec des charbons maigres non collants et d'un gros calibre, à disposer une réserve de combustible en prolongeant la cuve en hauteur. On supprime ainsi l'inconvénient résultant de la présence des cheminées, et on n'augmente que très peu la perte de charge à travers la masse.

Il se peut, encore, que les différentes charges aient pu être inégalement réparties sur tous les points de la section. L'air passera alors plus facilement au travers des plus faibles épaisseurs et y déterminera une combustion plus rapide, ce qui amènera finalement à nouveau la formation de cheminées ou « brûlages ». Ces cheminées s'observent très fréquemment dans les angles, si la section est rectangulaire.

Si, malgré les précautions prises, une telle cheminée se produit, l'ouvrier doit s'attacher à l'obstruer au plus vite pour empêcher l'arrivée de l'air frais dans le collecteur de gaz. Pour cela, par les trous de piquage, il charge du combustible à l'endroit intéressé et bourre le charbon dans la cheminée au moyen d'un ringard appelé dame, terminé par un disque aplati.

Il est très important de toujours munir la partie supérieure d'un gazogène d'un nombre de trous de piquage suffisant pour atteindre, avec le ringard, tous les points de la section intérieure.

Ces trous de piquage doivent leur nom à une opération qui se pratique dans les gazogènes alimentés avec des charbons très gonflants et très agglutinants. Il arrive, en effet, qu'à travers de tels charbons, le passage de l'air soit presque impossible ; on doit alors, avec des ringards appropriés, percer la masse du combustible de part en part pour permettre l'accès de l'air et le dégagement du gaz.

Nettoyage ou décrayonnage de la grille. Présence de la couronne. Fonçage. — Au bout d'un temps variable suivant l'importance du gazogène, la nature et la pureté du charbon employé, la production du gaz tend à baisser malgré une alimentation suffisante de charbon. C'est que les cendres et mâchefers se sont accumulés sur la grille au point d'empêcher le passage de l'air. Il est alors nécessaire de procéder au nettoyage du gazogène.

Si celui-ci a été bien conduit, et que les outils ont été maniés avec précaution, ces mâchefers se présentent sous la forme d'un magma appelé *voûte* ou *couronne* V (fig. 1 et 2), d'épaisseur uniforme et offant une cohésion suffisante pour supporter sans autre secours toute la charge de combustible. C'est cette couronne qui doit être détruite lors de l'opération du nettoyage.

Dans ce but, on procède parfois à tort de la façon suivante : On attaque la couronne au moyen de ringards que l'on introduit par le cendrier et que l'on passe à travers les barreaux de grille ; on arrive ainsi à détacher d'assez gros blocs de mâchefers,

Digitized by Google

ou « crayons » (1) et à les faire tomber dans le cendrier en écartant les barreaux de grille aux points voulus. Mais le moment vient bientôt où la couronne, ainsi attaquée, n'a plus la résistance suffisante pour maintenir le charbon, de sorte qu'une certaine quantité de combustible non brûlé suit la chute du mâchefer et vient tomber, inutilisée, dans le cendrier. On est donc amené ainsi, si l'on veut faire un nettoyage parfait, à laisser tomber, dans le cendrier, une plus ou moins grande quantité de combustible. On conçoit que, dans ces conditions, il faille un certain temps avant que le gazogène se retrouve en régime normal et qu'on ne produise, pendant ce temps, qu'un gaz de mauvaise qualité.

Aussi cette manière de faire, la plus fréquemment employée, doit-elle être tout à fait condamnée. Elle risque encore de laisser abandonnés, au milieu du charbon, des morceaux de mâchefers qui deviendront des enrochements comme nous l'indiquerons plus loin.

Nous préconisons, pour la remplacer très avantageusement, la méthode suivante employée par les bons gaziers; celle-ci présente à notre avis le plus de sécurité, n'occasionne qu'une perte de combustible peu importante, et ne compromet pas le régime normal de marche de l'appareil. Cette méthode consiste à faire reposer la couronne de mâchefers, non plus sur la grille elle-même, mais sur une couche de mâchefers concassés K, comme le montrent les figures 1 et 2. Ces mâchefers concassés sont tout simplement ceux qui formaient la couronne précédente et qui ont été laissés sur la grille lors d'un nettoyage antérieur, comme il va être indiqué. Refroidis constamment par l'air venant du cendrier, ces mâchefers ne se ressoudent plus et forment un véritable matelas entre la couronne et la grille. Il est donc très facile, quand le nettoyage est devenu nécessaire, de les faire tomber en écartant les barreaux de grille. Ceux-ci se trouvent alors complètement dégagés, et c'est la couronne de mâchefers formant voûte qui supporte à elle seule tout le combustible contenu dans la cuve. Les barreaux sont ensuite replacés très facilement à leur écartement normal, et l'ouvrier procède alors à la deuxième partie du nettoyage, la plus pénible certes, mais de toutes façons indispensable : le fonçage.

A cet effet, il monte à la partie supérieure du gazogène et introduit, par les trous de piquage, des ringards suffisamment longs pour atteindre la grille. Ces ringards, terminés par un tranchant, lui permettent de détacher la couronne des parois en maçonnerie où elle adhère, de la foncer dans toutes ses parties, afin d'en faire tomber sur la grille tous les morceaux qu'il concasse alors à la grosseur voulue. Il est tout à fait indispensable que l'ouvrier s'attache à ne laisser aucun morceau de la couronne suspendu au milieu du charbon.

En suivant les prescriptions qui viennent d'être indiquées, on peut toujours être assuré de faire de bonne besogne; la perte de combustible à travers la grille est presque nulle et l'on trouve, une fois l'opération terminée, une épaisseur uniforme de mâchefers concassés sur la grille, ce qui facilite ultérieurement une production uniforme de gaz dans toute la section du gazogène. La nouvelle couronne se reforme régulièrement à la place de la précédente; elle est foncée à son tour de la même manière quand il est nécessaire, après nettoyage préalable de la grille, comme il a été décrit.

Faute de suivre ces prescriptions simples, au contraire, et si l'on veut enlever les mâchefers sans se préoccuper de réserver la couronne, on opère forcément à l'aveuglette et l'on ne peut savoir dans quel état on abandonne la grille quand l'opération est achevée. En effet, le plus souvent, par crainte de laisser passer tout le charbon à travers la grille, l'ouvrier laisse une certaine quantité de mâchefers pour s'opposer à la chute du charbon, mais il lui est fort difficile de juger à quel moment il doit s'arrêter et il se trouve entre deux alternatives aussi dangereuses : ou bien de laisser trop peu de mâchefers et de perdre beaucoup de combustible, ou bien d'en laisser trop en certains endroits, ce qui amène le nouvel inconvénient que nous allons décrire.

(1) Ce terme de crayon ou crayat, pour désigner le mâchefer, a fait donner en verrerie principalement le nom de décrayonnage à l'opération du nettoyage; nous l'adopterons pour les gazogènes, en opposition avec le terme de décrassage, que nous réserverons pour l'opération du nettoyage faite sur une grille de foyer.

Enrochements ou accrochages. — En laissant une épaisseur trop forte de mâchefers en un point donné, le passage de l'air trouve un obstacle insolite, alors qu'il est très facile tout autour. Il s'ensuit en ce point une production fréquente de cheminées et une formation plus rapide de nouveaux mâchefers, si bien qu'à un moment donné, le mâchefer trop épais, cause initiale des troubles signalés, se trouve même avoir augmenté jusqu'à former un véritable enrochement.

La présence d'un tel enrochement compromet beaucoup la bonne marche du gazogène; on peut quelquefois avoir beaucoup de peine à le détruire, et l'on est même obligé dans certains cas d'avoir recours à un fonçage local très délicat, très pénible pour peu que le mâchefer soit dur, et qui demande un ouvrier très expérimenté. Dans certains gazogènes, des portes sont même disposées à cet effet.

Il est bon de prévoir des dispositions spéciales lors de la construction du gazogène, dans le but de pouvoir sortir sans trop de difficultés, les enrochements, quand il s'en forme, comme c'est le cas fréquent en simple gazogène Siemens. Il est, en effet, presque impossible en général de procéder comme pour du mâchefer d'épaisseur ordinaire, c'est-à-dire de faire tomber l'enrochement dans le cendrier en écartant les barreaux de grille au point voulu, sans s'exposer ainsi à une chute très importante de combustible. Il faut donc faire en sorte de le retirer, soit à l'arrière, soit à l'avant de la grille, suivant sa situation vis-à-vis de celle-ci.

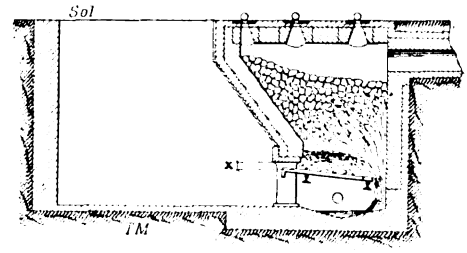


Fig. 3. — Gazogène Siemens. Enlèvement des enrochements.

Dans le premier cas, il est nécessaire qu'un intervalle suffisant existe entre le sommier supportant les barreaux de grille à l'arrière, et la paroi formant le fond du gazogène, pour permettre d'y faire passer un enrochement important. Cet intervalle doit être au minimum de 30 cm. (Voir fig. 3).

En cas d'accident, l'ouvrier, se trouvant vis-à-vis du cendrier, peut alors tirer à lui sur une certaine longueur, un nombre suffisant de barreaux jusqu'à ce que leurs extrémités reposent sur le sommier arrière; il ménage ainsi la place voulue derrière ce sommier pour faire tomber l'enrochement dans le cendrier (fig. 3).

Dans le deuxième cas, il faut, pour la même raison, laisser également en hauteur un espace x suffisant, 15 cm environ, entre la grille et la taque en fonte supportant la paroi antérieure du gazogène (fig. 3). C'est par cet espace que l'on ramènera à l'avant l'enrochement formé pour l'amener dans le passage ainsi ménagé et le faire tomber. Cet espace donne en outre la facilité d'attaquer la couronne par le bas, quand cela est utile. Il est d'ailleurs sans inconvénient en marche normale, à condition de laisser toujours sur la grille une épaisseur correspondante de mâchefer concassé, et de faire déborder à l'avant les barreaux de grille d'une quantité suffisante (fig. 1 et 2).

Caractéristiques de marche avec différents charbons. — Les caractéristiques de marche que nous venons d'indiquer se

Digitized by Google

rapportent plutôt à des combustibles demi-gras ou flambants secs qui s'agglutinent normalement sans gonfler d'une manière appréciable et cokéfient suffisamment pour que l'ensemble ait une cohésion suffisante pour permettre un travail facile et que le nettoyage de la grille puisse se faire dans de bonnes conditions. Ces charbons forment des mâchefers plutôt légers, mais de volume suffisant pour former une couronne ayant la solidité voulue pour résister à l'écrasement; ce sont là les mâchefers les mieux conditionnés pour permettre de faire le décrayonnage comme nous l'avons décrit.

Les caractéristiques de marche du gazogène se trouvent évidemment plus ou moins modifiées, si l'on a affaire à des combustibles maigres ou anthraciteux, ou à des charbons gras gonflants.

Les premiers ne s'agglutinent pas par la chaleur et cokéfient très peu, en sorte qu'ils ne demandent qu'à passer à travers la couronne et la grille et que, d'autre part, les cheminées se forment très facilement. Les mâchefers sont durs, compacts, et forment une couronne mince et cassante ; il s'ensuit que le décrayonnage est très difficile avec ces charbons et que l'on perd dans cette opération une grande proportion de combustible. C'est ce qui a conduit à tous les dispositifs utilisés dans les gazogènes pour moteurs.

Certains charbons maigres ou demi-gras donnent même parfois des mâchefers presque pulvérulents, sans cohésion, tout à fait impropres à constituer une couronne régulière. Il est nécessaire de prendre avec de tels charbons les dispositifs spéciaux qui sont bien connus.

Quant aux charbons bitumineux et flénus, ils gonflent beaucoup et nécessitent une épaisseur plus grande sur la grille, en même temps que des parois assez inclinées pour permettre leur expansion, ce qui a amené, au début, la zone d'expansion de Siemens.

Certains de ces charbons s'agglutinent même au point que le gaz formé ne trouve plus de passage et que l'on soit obligé de piquer le combustible pour que ce gaz puisse se dégager. On conçoit que les cheminées soient excessivement rares avec de tels combustibles.

Pour nous résumer, nous voyons donc que la bonne marche d'un gazogène Siemens est tributaire de précautions nombreuses, et qu'il est utile, pour le bien conduire, de recourir à des avis compétents suivant la nature du charbon employé, et d'employer aussi des ouvriers spéciaux et expérimentés. Le travail de ces derniers, notamment dans l'opération du fonçage et lors des accidents de marche, est d'ailleurs pénible, ce qui rend en général assez difficile le recrutement de ces ouvriers, sauf bien entendu dans les industries à feu où le travail de la fabrication est lui-même encore bien plus pénible que la conduite des gazogènes.

Cette difficulté de recruter des ouvriers spéciaux est, selon nous, la raison majeure qui a pu faire reculer jusqu'ici beaucoup d'industries devant l'emploi des gazogènes pour le chauffage des fours et des chaudières. L'on voit toutefois, après ces explications peut-être un peu longues, que l'on peut néanmoins sans aucune crainte employer le gazogène. On connaît tous les accidents qui peuvent se produire, on sait de quelle manière on peut y remédier.

Perfectionnements apportés au gazogène Siemens.

Aussi a-t-on cherché à apporter au gazogène Siemens, des perfectionnements capables d'en rendre la conduite plus aisée. On s'est attaché, surtout à simplifier l'opération la plus délicate, celle du décrayonnage. Un grand pas a été fait dans ce sens par l'apparition du cendrier hydraulique. Outre l'avantage d'offrir une étanchéité parfaite par joint hydraulique et de supprimer les pertes de vent, le gazogène à cendrier hydraulique a en effet, sur le gazogène Siemens ordinaire, l'immense avantage de permettre la suppression de la grille, ce qui supprime tous les ennuis dus à la présence de celle-ci. La masse de combustible repose alors directement sur une couche de mâchefer concassé, remplissant le cendrier; l'air est amené sous pression au centre et à la base de la cuve.

Le décrayonnage d'un tel gazogène peut être conduit comme il a été expliqué pour le Siemens : on enlève, avec une râclette, une épaisseur de mâchefers correspondante à celle de la couronne; l'on fonce ensuite celle-ci et on laisse les morceaux concassés jusqu'au décrayonnage suivant. L'enlèvement préalable des mâchefers ne nécessitant plus ni écartement, ni enlèvement de barreaux de grille, se trouve ainsi très simplifié. De plus, à condition de laisser, au montage, un espace suffisant entre l'extrémité inférieure de la cuve faisant joint et la paroi du cendrier, il est possible de retirer directement et sans difficulté les enrochements qui pourraient se former par un manque de précaution.

Mais s'il apporte une certaine simplification, le cendrier hydraulique n'en laisse pas moins subsister le travail pénible du fonçage et n'apporte aucune facilité nouvelle pour le mener à bien. On a cherché à supprimer cette opération du fonçage en empêchant les mâchefers de se souder ensemble pendant la marche et de constituer la « couronne » ou voûte. Dans ce but, des dispositifs plus ou moins ingénieux ont été conçus :

Ou bien ce sont des bras mus mécaniquement qui brassent constamment la couche de combustible, l'empêchent d'adhérer aux parois de la cuve, et empêchent également la cohésion des mâchefers qu'ils amènent non soudés dans la partie froide inférieure de la cuve;

Ou bien ce sont des systèmes de grilles ou plateaux noyés ou non dans un cendrier hydraulique qui sont animés d'un mouvement de rotation continue, et ont pour but d'atteindre un résultat analogue à celui que nous avons indiqué ci-dessus.

On réalise donc ainsi l'enlèvement des mâchefers d'une façon continue et au fur et à mesure de leur formation. Malheureusement, on arrive le plus souvent, dans ce domaine, à de grandes complications qui font d'un gazogène, qui doit être un appareil essentiellement robuste, un véritable outil de mécanique, d'un prix très élevé. Est-il besoin de dire que les parties délicates de ces gazogènes étant en tout ou en partie dans la partie en feu, on doive toujours craindre des dérangements et des usures de toute espèce?

Or, sans modifier la conduite ordinaire du gazogène, il est possible de faciliter beaucoup le fonçage, à tel point que cette opération perde son caractère pénible. Il suffit pour cela d'un moyen qui permette de rendre la couronne formée plus légère, moins compacte; de modifier, en quelque sorte, son état physique pour qu'elle n'offre plus la même résistance au ringard, tout en conservant la cohésion voulue pour supporter le combustible. On a reconnu que l'insufflation d'une certaine quantité de vapeur d'eau mélangée à l'air primaire constituait un procédé très pratique pour atteindre ce but. En dehors de l'effet chimique produit par cette insufflation de vapeur pour tendre à augmenter le pouvoir calorifique du gaz, on constate en effet sur le mâchefer un effet physique très curieux; il devient spongieux, friable, et n'offre plus la résistance habituelle lors du fonçage, qui se trouve de ce fait très facilité.

A vrai dire, le phénomène que nous venons d'indiquer se constate déjà faiblement en mettant de l'eau dans le cendrier du gazogène Siemens, eau qui se vaporise peu à peu. La même observation pourrait être faite dans les gazogènes à cendrier hydraulique, si dans ceux-ci la nappe d'eau se trouvait suffisamment rapprochée de la zone de combustion. Or, dans la totalité des dispositifs connus, au contraire, on a grand soin de disposer le distributeur de vent à un niveau très supérieur au plan d'eau dans le but de refroidir les mâchefers, et de les empêcher de s'agglutiner de nouveau. Ces distributeurs de vent, disposés à des niveaux élevés, ont en outre le gros inconvénient d'aug-

Digitized by Google

menter la hauteur du gazogène et de rendre ainsi toutes les opérations beaucoup plus pénibles.

Le phénomène physique indiqué sur le mâchefer est considérablement accru par l'insufflation directe de vapeur en mélange avec l'air. L'ennui du système réside en ce que l'on est dans l'obligation d'adjoindre au gazogène une chaudière pour fournir la vapeur utile. D'aucuns ont tourné cette difficulté en munissant la partie supérieure du générateur de gaz d'un réservoir ou vaporisateur chauffé par le gazogène lui-même. Mais ceci est encore une complication qui a au moins l'inconvénient d'augmenter notablement le prix de l'appareil; en outre, la vaporisation de l'eau est obtenue aux dépens de la chaleur sensible du gaz.

Disons en passant qu'il est très important, dans tous les cas, de posséder un moyen de réglage de la proportion de vapeur d'eau insufflée pour la faire varier avec la nature du combustible employé et la qualité que l'on veut obtenir pour le gaz produit. On observe en effet qu'au delà d'une certaine quantité, l'introduction de vapeur d'eau devient nuisible et diminue le rendement de l'appareil, la quantité maximum de vapeur d'eau que l'on peut introduire par kilogramme de charbon, correspond en effet à ce qu'en peut décomposer la chaleur dégagée par la formation de l'oxyde de carbone, déduction faite des pertes nécessaires à l'entretien de la température dans le gazogène. Cette quantité varie de 300 à 600 grammes par kg de charbon, suivant les auteurs, qui ne s'accordent pas entièrement sur ce point.

Nouveau gazogène à distributeur de vent noyé dans un cendrier hydraulique.

Ayant été souvent témoin de tous les inconvénients que nous avons décrits relativement au gazogène Siemens, nous avons été amené à rechercher des dispositifs évitant toutes ces défectuosités.

Description. — L'appareil que nous avons établi est représenté figure 4. On voit que c'est un gazogène à cendrier hydraulique; il ne possède pas de grille, la couche de mâchefer qui remplit le cendrier en faisant l'office; le cendrier est rempli d'eau et la cuve vient y faire joint par son extrémité inférieure.

Cette cuve est supportée par des colonnes *n* reposant sur le fond du bassin cendrier. Sa section, circulaire, s'élargit vers le bas, de manière à faciliter la descente régulière des charges et éviter les accrochages le long des parois.

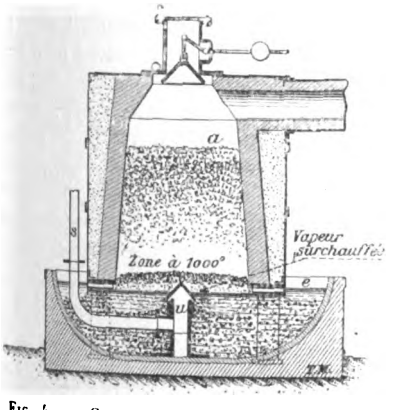


Fig. 4. — Gazogène à distributeur de vent noyé. — *a*, cuve; *e*, bassin-cendrier; *s*, conduite de vent; *u*, distributeur de vent.

L'air est insufflé par un ventilateur dans un distributeur central *u*, mais celui-ci est complètement noyé dans l'eau du bassin cendrier et c'est ce qui constitue principalement la nouveauté du système. L'air sort de ce distributeur par un certain nombre d'évents situés sur la périphérie et ayant une certaine inclinaison sur l'horizontale.

Cette disposition particulière assure d'une part une répartition uniforme du vent dans toute la section du gazogène. D'autre part, les évents étant situés au-dessous du niveau d'eau, l'air est obligé de s'infiltrer à travers les mâchefers et de traverser une certaine hauteur d'eau avant de se répandre dans la masse du combustible pour prendre part aux réactions. Il est facile de comprendre que, par cet artifice très simple, l'on puisse produire une quantité de vapeur d'eau très suffisante, tant pour obtenir sur le mâchefer l'effet physique déjà décrit que pour produire un gaz mixte bien réglé.

En effet, l'épaisseur de mâchefers concassés dans le bassin cendrier étant maintenue jusqu'à hauteur du niveau de l'eau, la zone de combustion s'établit très près de ce niveau, dont elle n'est séparée que par l'épaisseur de la couronne en formation. Il s'ensuit que l'eau du cendrier, à sa partie supérieure, est portée à très haute température, vaporisée, puis surchauffée. L'air insufflé à travers les mâchefers concassés, baignés d'eau, prend avec ces derniers un contact excessivement intime, et entraîne avec lui la vapeur formée, qui se trouve ainsi projetée sur le mâchefer en formation.

L'action de la vapeur d'eau est celle qui a été indiquée, c'est-à-dire qu'elle réussit à rendre le mâchefer plus spongieux et moins dur, ce qui facilite extrêmement par la suite l'opération du fonçage, que l'on peut donc maintenir, avec tous les avantages qu'elle comporte pour la régularité de marche.

La vapeur d'eau n'a pas seulement un effet utile sur le mâchefer. Nous avons pu observer également qu'elle modifiait, avec les charbons très cokéfiants tout au moins, la nature du coke produit. Celui-ci est moins dur, occupe un volume moindre et contribue aussi à rendre le fonçage moins pénible; c'est ainsi que nous n'avons jamais observé de serrements dans notre gazogène, malgré la forme évasée de la cuve vers le bas.

Suivant l'allure habituelle, plus ou moins chaude, que l'on veut obtenir, on dispose d'un moyen de réglage pratique; il consiste à employer pour l'insufflation de l'air, sans parler de sa pression initiale plus ou moins grande, un distributeur dont les évents se trouvent à un niveau plus ou moins inférieur au plan d'eau.

Il est même possible dans cet ordre d'idées d'avoir un distributeur à 2 étages d'évents, dont l'un serait au-dessus, l'autre en dessous du niveau de l'eau dans le cendrier.

Le décrayonnage de ce gazogène s'effectue comme il a été indiqué pour le Siemens. L'ouvrier, en se déplaçant tout autour du bassin cendrier, retire de ce bassin, sous la couronne et sans toucher à celle-ci, une épaisseur uniforme de mâchefers représentant à peu près le volume de la couronne elle-même et rejette ces mâchefers sur le sol après les avoir remontés le long de la paroi du cendrier.

L'ouvrier se rend très rapidement compte de la quantité de mâchefers qu'il doit enlever; l'essentiel est, d'ailleurs, qu'il retire ce mâchefer d'une façon uniforme sur toute la section, et ménage la place voulue pour la couronne quand celle-ci sera foncée.

Le fonçage est rendu extrêmement facile du fait du peu de consistance des mâchefers et de la forme évasée de la cuve, alors qu'il est très fatigant dans le gazogène ordinaire.

Il faut remarquer qu'aucune partie du combustible n'arrivant dans le cendrier, l'ouvrier ne retire jamais de celui-ci ni escarbilles, ni charbon cokéfié. C'est ce que la marche industrielle du gazogène a permis de constater. En outre, il ne se produit pas de mâchefers pulvérulents, et le gaz produit est ainsi dépourvu de poussières, qui présentent dans certaines applications de graves inconvénients.

Quant aux accidents de marche qui occasionnent tant d'ennuis, ils ne se produisent jamais dans ce dispositif : la répartition uniforme du vent obtenue évite en effet la formation des cheminées, et le décrayonnage étant effectué dans de bonnes conditions, les enrochements ne se produisent pas.

En résumé, la conduite d'un pareil gazogène est fort simplifiée et ne nécessite plus d'ouvriers spéciaux, de recrutement difficile; elle peut être confiée à un simple manœuvre, ce que nous avons, d'ailleurs, établi par une pratique de durée plus que suffisante.

Ce gazogène est, en outre, d'une grande souplesse, puisque

Digitized by Google

l'on peut faire varier la composition du gaz suivant le distributeur de vent employé.

Enfin, l'appareil peut rester en veilleuse pendant les périodes d'arrêt. A cet effet, plusieurs prises d'air x avec robinets de réglage (voir fig. 5) permettent de faire arriver dans la cuve, par tirage direct, la quantité d'air nécessaire pour une combustion ralentie.

Le gazogène peut rester huit jours dans cet état, ne consommant qu'une quantité infime de combustible, et peut être remis ensuite en activité en moins de dix minutes.

Ce gazogène convient donc aussi tout spécialement aux appareils dont le chauffage est discontinu; nous l'avons adapté parfaitement au chauffage de fours de fusion, de fours à réverbère, de fours à cuire, et un article spécial donnera à ce sujet les éclaircissements utiles. Enfin, il convient parfaitement pour le chauffage des chaudières à vapeur; pour traiter cette dernière question de façon complète, il ne nous restera donc qu'à traiter des conditions spéciales que doivent réaliser les brûleurs à gaz pauvres destinés aux chaudières; nous le ferons prochainement.

Les analyses de gaz que nous avons fait faire sur l'un de nos appareils confirment l'intérêt que présente, pour la richesse du gaz obtenu, notre dispositif d'insufflation à travers l'eau du bassin-cendrier, et la supériorité de ce dispositif sur les divers systèmes de chaudières ou vaporisateurs connus.

L'appareil qui a servi aux essais est alimenté avec de la houille grasse bitumineuse des mines de Béthune, et sert au chauffage d'un four à reverbère pour la fusion du bronze. Il ne fonctionne donc que par intermittence.

Le jour des essais, il était en veilleuse depuis trois jours. Il fut remis en route à 8 h du matin; l'on fut prêt à prélever des échantillons de gaz à partir de 10 h 45 et les divers prélèvements eurent lieu de 10 h 45 à 16 h 30. Ces prélèvements furent de deux sortes :

1° Des prélèvements moyens, obtenus par aspiration lente dans un gazomètre entre les heures suivantes :

Prélèvement n° 2	de 10 h 45 à 11 h 20
— n° 4	de 11 h 45 à 12 h 30
— n° 6	de 14 h 25 à 15 h 20
— n° 8	de 15 h 45 à 16 h 30

2° Des prélèvements instantanés, pris à peu près au milieu de l'intervalle de temps exigé par chacun des prélèvements moyens, soit aux heures suivantes :

Prélèvement n° 1	à 11 h 10
— n° 3	à 12 h 10
— n° 5	à 14 h 55
— n° 7	à 16 h.

Ces prélèvements et les analyses correspondantes furent faits par M. Lemoult, professeur de Chimie générale à la Faculté des Sciences de Lille.

Le tableau I donne les résultats obtenus. Les chiffres de ce tableau se rapportent à la partie gazeuse stable des échantillons prélevés. Or, on a remarqué, dans les flacons contenant les échantillons instantanés, la présence d'un dépôt goudronneux très apparent formé des vapeurs lourdes qui se sont condensées par refroidissement. L'importance de ce dépôt a pu être évalué à 0,01 g par litre, soit 10 g par mètre cube.

L'examen du tableau ci-dessous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Dès le commencement de l'opération, deux heures après la mise en route, l'appareil donne déjà un gaz de qualité très satisfaisante, faible en gaz carbonique et en oxygène, riche en portions combustibles utilisables : oxyde de carbone, hydrogène, hydrocarbures;

2° Au fur et à mesure que l'allure devient plus chaude par suite de la marche de l'appareil, la qualité du gaz s'améliore de manière sensible :

a) Par la diminution progressive de CO^2.

TABLEAU I. — RÉSULTATS D'ANALYSE DES GAZ OBTENUS DANS UN APPAREIL ALIMENTÉ DE CHARBON GRAS BITUMINEUX, DANS LES 8 PREMIÈRES HEURES DE MARCHE. — (CO^2, gaz carbonique; O^2, oxygène; N^2, azote; CO, oxyde de carbone; H^2, hydrogène; CH^4, méthane).

PRÉLÈVEMENTS	CO^2	O^2	N^2	PARTIE inutile	CO	H^2	CH^4	AUTRES hydrocarbures	PARTIE utile
1° Prélèvements moyens.									
Prélèvement N° 2	3,76	0,4	61,46	65,61	22,78	9,37	2,23	0,00	34,38
— N° 4	3,51	0,5	60,59	64,60	24,35	9,07	1,64	0,34	35,40
— N° 6	2,60	0,6	60,38	63,58	25,40	8,42	2,20	0,40	36,42
— N° 8	2,05	0,6	59,41	62,06	26,84	9,24	1,85	0,0	37,94
2° Prélèvements instantanés.									
Prélèvement N° 1	4,0	0,4	60,50	64,90	24,2	9,57	1,93	0,4	35,10
— N° 3	3,50	0,82	59,26	63,58	23,71	10,86	1,85	0,0	36,42
— N° 5	2,61	0,60	60,42	63,63	26,50	8,06	1,81	0,0	36,37
— N° 7	1,37	0,26	59,79	61,42	28,42	8,27	1,69	0,2	38,58

b) Par l'augmentation corrélative de CO.

3° Après huit heures de marche, l'appareil produit un gaz dont la composition, calculée sur la moyenne des deux prélèvements 7 et 8, est la suivante :

Partie utile	CO	27,63	Partie inutile	CO^2	1,71
	H^2	8,76		O^2	0,43
	CH^4	1,77		Az^2	59,60
	Hydrocarbures.	0,1			
		38,26			61,74

4° Le pouvoir calorifique de la portion gazeuse stable, correspondant à ce régime de marche, peut être facilement calculé en multipliant la teneur de chacun des composants par le facteur calorifique qui lui est propre, ce qui donne pour 1 m³ de gaz ramené à 0° et 76 cm, le résultat suivant : 1 319 calories. Il faut remarquer que la partie condensable n'entre pas ici en ligne de compte. Sans connaître exactement la valeur calorifique de ce dépôt condensé, on peut, sans erreur grave, estimer qu'il est formé de matériaux dont le pouvoir calorifique est d'environ 10 000 calories par kilogramme (comme les huiles de houille, la naphtaline, etc.), ce qui, pour un mètre cube de gaz, soit 10 g de dépôt, correspond à 100 calories. Le pouvoir calorifique total du gaz non refroidi est donc porté à 1 419 calories.

Le pouvoir calorifique de la partie gazeuse stable du gaz a d'ailleurs été mesuré directement au moyen de la bombe calorimétrique de Berthelot sur le prélèvement n° 8. L'expérience a

Digitized by Google

donné 1187,5 calories par mètre cube de gaz pris à 10° et 743 mm, ce qui, ramené à 0° et 760 mm, donne la valeur 1282,5 qui coïncide avec celle correspondant à l'analyse n° 8 (1283,44), réserve faite naturellement de l'appoint minimum de 100 calories apportées par les parties condensables.

Il faut remarquer que ce résultat très satisfaisant est obtenu sans aucun apport extérieur de chaleur, puisque l'air insufflé est pris directement à l'atmosphère et que l'eau du bassin cendrier y est versée à la température ordinaire.

L'amélioration de qualité du gaz constatée du premier échantillon au dernier permet d'espérer, avec juste raison, qu'un appareil fonctionnant d'une manière continue donnerait, par une allure encore plus chaude, un gaz encore meilleur (1).

Des installations en montage nous permettront d'alimenter nos gazogènes avec de l'air porté à haute température, en bénéficiant des chaleurs perdues disponibles des opérations industrielles entreprises, soit donc avec un gain complet pour le rendement du gazogène. Nous publierons ultérieurement les analyses de gaz ainsi obtenues; vraisemblablement, elles indiqueront une proportion plus forte en CO et H, soit donc une partie utile plus importante et un pouvoir calorifique plus élevé.

Le gazogène qui vient d'être décrit convient pour tous les combustibles dont la teneur en cendres ne dépasse pas 25 %. On donne à la cuve un profil approprié selon la nature et la grosseur du combustible employé, avec une tendance à la forme élargie vers le bas. Il est évident que, pour des combustibles tout à fait spéciaux, les dispositions sont prises en conséquence.

Gazogène a décrayonnage mécanique. — Nous avons examiné le cas de combustibles très cendreux et combiné, pour ce

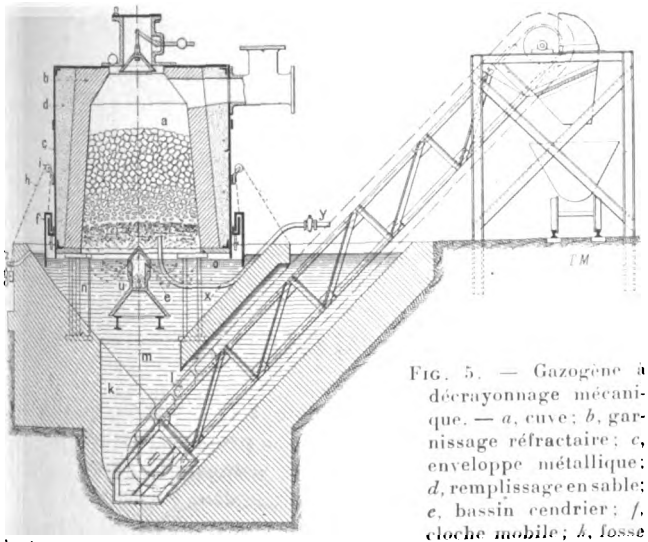


Fig. 5. — Gazogène à décrayonnage mécanique. — *a*, cuve; *b*, garnissage réfractaire; *c*, enveloppe métallique; *d*, remplissage en sable; *e*, bassin cendrier; *f*, cloche mobile; *k*, fosse de vidange des mâchefers; *l*, chaîne à godets; *m*, trémie d'alimentation des godets; *n*, colonnes de support; *o*, anneau-support; *u*, distributeur de vent; *x* et *y*, prises d'air avec robinet; *z*, trop-plein.

cas spécial, l'insufflation du vent au-dessous du niveau de l'eau avec un dispositif d'enlèvement continu des mâchefers (fig. 5).

A cet effet, le bassin cendrier a un profil approprié et communique, par sa partie inférieure et centrale, avec une fosse dans laquelle tombent les mâchefers, pour être enlevés au fur et à mesure par une chaîne à godets ou une vis d'Archimède animée d'un mouvement continu à très lente vitesse. Dans ces conditions, la couronne ou voûte de mâchefers dont il a été précédemment question ne pouvant plus se former, il n'y a plus ni fonçage, ni enlèvement de mâchefers à main d'homme et l'on obtient ce résultat par un dispositif infiniment plus simple que ceux qui ont été indiqués sommairement ci-dessus.

La descente régulière des mâchefers dans le bassin cendrier et, par conséquent, celle du combustible dans la cuve, est en ce cas assurée de façon automatique par la combinaison des profils donnés à la cuve, au bassin cendrier et au cône supportant le chapeau distributeur de vent. Ce résultat a une importance considérable pour la bonne marche de l'appareil et la production uniforme de gaz dans toute sa section.

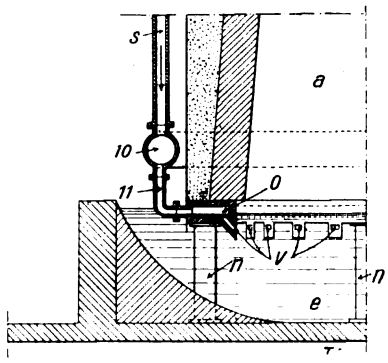


Fig. 6. — Gazogène à insufflation périphérique.

a, cuve; *e*, bassin-cendrier; *n*, colonnes de support; *o*, boîte à vent pour l'insufflation périphérique; *v*, évents périphériques de la boîte à vent; *10*, collecteur circulaire de vent; *11*, raccords; *s*, conduite d'amenée du vent.

Le décrayonnage mécanique peut également être installé sur des gazogènes alimentés avec des charbons moyennement cendreux; dans ce cas, il ne fonctionne que par intermittence; le fonçage de la voûte subsiste et doit être effectué à main d'homme, mais l'enlèvement préalable de mâchefers est fait mécaniquement. Un même appareil de décrayonnage peut, dans ces conditions, servir alternativement pour plusieurs gazogènes et se transporter de l'un à l'autre dans une même batterie.

Pour des gazogènes devant fonctionner à des pressions de vent élevées, il est également prévu une cloche mobile *f*, manœuvrée par chaînes et contrepoids, que l'on fait descendre dans le cendrier pour prolonger le joint et permettre des dénivellations plus grandes. Cette cloche est remontée pour les opérations de nettoyage.

Gazogène a insufflation périphérique. — Tous les gazogènes de dimensions courantes sont constitués comme nous l'avons indiqué. Pour de plus grands diamètres, nous avons combiné, à l'insufflation centrale, une insufflation périphérique du même type, afin d'assurer également dans ce cas une répartition convenable du vent dans tous les points de la section de l'appareil. Nous substituons dans des cas spéciaux, et pour les diamètres courants, ce genre d'insufflation à l'insufflation centrale. Il a, sur cette dernière, l'avantage d'augmenter sur le pourtour de la cuve l'action de la vapeur d'eau sur le mâchefer en formation et de faciliter ainsi, d'une façon encore plus grande, le décollement de la « couronne » d'avec les parois, lors de l'opération du fonçage.

La figure 6 montre un gazogène à insufflation périphérique.

Autre forme particulière du nouveau gazogène. — Bien que le gazogène idéal soit le gazogène circulaire et indépendant, ce peut être une nécessité dans certains cas d'employer des gazogènes dépendant de l'appareil de chauffage. On peut donc être amené à substituer au gazogène rond un gazogène rectangulaire, accessible sur une face seulement.

C'est pour répondre à ce désir que nous avons établi le gazogène représenté figure 7.

Cet appareil n'est accessible que d'un seul côté, en A. La cuve *a* est de section rectangulaire; il en est de même du bassin-cendrier *e*, qui prolonge cette cuve. Le distributeur de vent *u* est noyé pour conserver tous les avantages de ce dispositif; il affecte également la forme rectangulaire et le vent y est amené à l'une

(1) M. Aimé Witz, membre correspondant de l'Institut, professeur aux Facultés libres de Lille, a également procédé à une détermination de pouvoir calorifique sur un échantillon moyen de gaz provenant de prélèvements effectués durant quatre heures de marche industrielle. Cette détermination, faite à la bombe eudiométrique de son système, a donné 1 296 calories pour le pouvoir calorifique de la partie gazeuse stable. Ce pouvoir calorifique correspond bien à ceux trouvés dans la première série d'expériences.

Digitized by Google

de ses extrémités par une conduite *s* logée dans la maçonnerie de l'un des murs latéraux du gazogène. L'étanchéité est obtenue

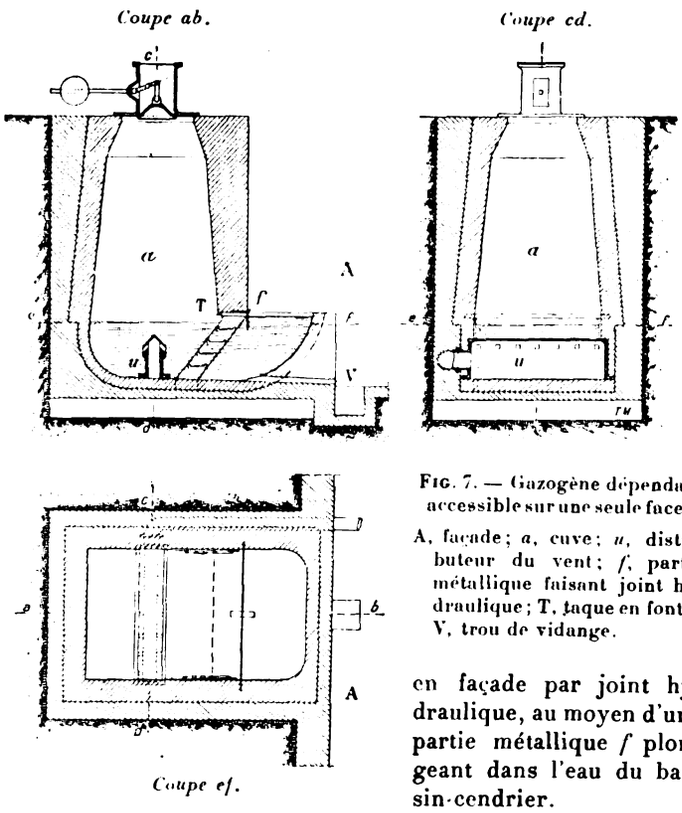


FIG. 7. — Gazogène dépendant accessible sur une seule face.

A, façade; *a*, cuve; *u*, distributeur du vent; *f*, partie métallique faisant joint hydraulique; T, taque en fonte; V, trou de vidange.

en façade par joint hydraulique, au moyen d'une partie métallique *f* plongeant dans l'eau du bassin-cendrier.

Le décrayonnage s'effectue de la façon qui a été indiquée pour le gazogène circulaire type. Afin cependant que la présence du distributeur de vent *u* ne gêne pas l'ouvrier dans l'enlèvement des mâchefers et ne l'empêche pas d'atteindre, de la façade où il opère, les points les plus reculés de la section, ce distributeur est abaissé de telle sorte qu'il se trouve toujours au-dessous du niveau inférieur de la couche de mâchefer à enlever. Dans le même but, ce distributeur peut encore être placé perpendiculairement à la façade.

On peut réciproquement transformer facilement un gazogène Siemens ordinaire en un gazogène à distributeur de vent noyé, de la forme qui vient d'être décrite, et obtenir ainsi les avantages qui se rattachent à ce dispositif. C'est le cas des batteries de fours que l'on veut conserver, par exemple pour les fours à cornues à gaz; on améliore ainsi beaucoup le chauffage de ces fours.

Néanmoins, chaque fois que cela sera possible et que la place le permettra, il sera toujours préférable d'établir des gazogènes indépendants et de forme circulaire.

En résumé, par les indications que nous avons fournies, on voit donc qu'il n'y a aucune raison pour ne pas adopter les gazogènes à tous les cas de chauffage.

Deux solutions se présentent :

Ou bien monter des gazogènes Siemens ordinaires dont nous avons montré tous les écueils; il faut alors se résoudre à dresser des ouvriers spéciaux et à se trouver ainsi dans une certaine mesure sous leur dépendance;

Ou bien adopter des gazogènes perfectionnés, tels que celui que nous avons établi; ce dernier peut être conduit par un personnel quelconque; il présente, en outre, l'avantage de donner à peu de frais, avec un même combustible, un gaz possédant un pouvoir calorifique beaucoup plus élevé. C'est donc une économie très notable de combustible qu'il permet finalement d'obtenir en toute certitude.

Paul COUSIN,

Ingénieur des Arts et Manufactures.
Professeur à l'Ecole des Hautes études Industrielles de Lille.

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

LA QUESTION DU CARBURANT A BON MARCHÉ

Un problème des plus graves se pose, actuellement, pour l'industrie automobile.

Les cours du combustible liquide, l'essence de pétrole, suivent une progression ascendante sans que l'on puisse prévoir la limite vers laquelle elle tend. Sa production est insuffisante, eu égard à la consommation, et cette rupture d'équilibre entre l'offre et la demande a pour conséquence immédiate l'élévation des cours. Pour que l'équilibre s'établisse à nouveau il faut, ou bien que la production augmente, ou que la consommation diminue.

Les cours actuels conduisent fatalement à la réalisation de cette deuxième hypothèse par un arrêt dans la construction, et l'industrie automobile, si prospère, est menacée dans son essor.

Ne peut-on augmenter la production en essence ou rechercher un nouveau combustible susceptible de remplacer l'essence pour l'alimentation des moteurs?

Telle est la question qui se pose non pas seulement en France, mais dans le monde entier; aussi l'Association internationale des Automobiles-Clubs reconnus s'est-elle émue de cet état de choses et a-t-elle émis l'idée de créer un prix de 500 000 fr pour récompenser l'inventeur d'un carburant d'un prix peu élevé susceptible de remplacer l'essence.

La Chambre syndicale des industries du pétrole, désireuse de trouver une solution immédiate à la situation qu'elle estime menaçante pour l'automobilisme, a proposé, aussitôt, de doter de 60 000 fr de prix un concours d'appareils grâce auxquels le pétrole lampant pourrait être utilisé dans les moteurs.

Il faut reconnaître que cette proposition est intéressante, quoique les efforts des inventeurs, efforts nombreux, dans la voie de l'utilisation du pétrole lampant dans *les moteurs à essence*, n'aient pas jusqu'alors été couronnés de succès.

Une solution, même imparfaite, serait certainement la bienvenue, du moins pour les moteurs de véhicules industriels.

Mais alors même que cette solution interviendrait rapidement, la crise n'en resterait pas moins menaçante. Nous plaçant au seul point de vue français, nous nous proposons d'examiner tout d'abord quels sont nos besoins en combustible liquide, ensuite quelles sont nos ressources.

Nous conclurons... parce qu'il y a urgence à conclure et que nous ne croyons pas à la réalisation prochaine de tous les beaux rêves qui feront naître le mirage d'un prix de 500 000 fr.

La Chambre syndicale du cycle et de l'automobile a publié récemment les intéressants renseignements qui suivent :

En 1912, au début de l'année, il y avait en France : 76 771 automobiles et 28 041 motocyclettes, auxquelles il faut ajouter 12 414 automobiles de louage.

Digitized by Google

L'accroissement annuel du nombre global des automobiles a été :

	NOMBRE DE VOITURES	ACCROISSEMENT d'une année par rapport à la précédente
	—	—
Année 1899.	1.672	00 °/o
— 1900.	2.897	79
— 1901.	5.386	79
— 1902.	9.207	70
— 1903.	12.984	41
— 1904.	17.107	32
— 1905.	21.543	32
— 1906.	26.262	22
— 1907.	31.286	19
— 1908.	37.586	20
— 1909.	44.769	19
— 1910.	53.669	19
— 1911.	64.209	19
— 1912 rôles primitifs.	76.771	19

Ces 76 771 automobiles représentent 1 006 305 ch.

La moyenne approximative des chevaux depuis 1901 (année où le nombre de chevaux a commencé à servir de base à l'impôt) est de :

Année 1901.	5 ch par automobile.
— 1903.	6 —
— 1905.	8 3/4 —
— 1907.	10 3/4 —
— 1909.	12 3/4 —
— 1911.	13 —
— 1912.	13 (exactement 13,10).

Nous pouvons, d'après ces renseignements, estimer la consommation en essence des 76 771 automobiles qui existent actuellement en France.

Supposons, comme l'indique d'ailleurs la statistique, que la puissance moyenne pour toutes les voitures ressorte, pour une voiture, à 13 ch et que chacune d'elles marche une heure par jour, et cela pendant trois cents jours par an, ce qui correspond à un chemin parcouru de 10 000 km environ pendant ce temps.

Nous aurons, par voiture, un travail journalier de 13 ch-h et, pour trois cents jours, un travail annuel de 3 900 ch-h, ce qui, à raison de 0l,500 par ch-h, nous donne une consommation par année de 1 950 litres d'essence.

Multiplions ce chiffre par 76 771 voitures, nous trouvons une consommation totale de 149 703 450 litres d'essence par année.

Si nous faisons entrer en ligne de compte les 28 641 motocyclettes, d'une part, et les 12 414 automobiles de louage, d'autre part, et que nous ne cherchions pas à déterminer la proportion de benzol qui remplace l'essence comme combustible dans certaines voitures, ce qui est admissible, car la statistique sur laquelle nous appuyons notre raisonnement ne renferme pas les véhicules industriels dont certains consomment de l'essence, nous pouvons estimer à 200 millions de litres la consommation annuelle en essence pour la France. Mais la statistique nous donne encore une indication précieuse, qui est l'accroissement annuel en °/o du nombre des automobiles.

Supposons que cet accroissement qui, depuis quatre ans, reste égal à 19 °/o d'une année par rapport à la précédente, continue à se manifester avec une valeur moyenne de 15 °/o pendant cinq années encore, il nous sera possible, par un calcul simple, d'établir que le nombre actuel des voitures sera doublé au bout de ces cinq années et qu'à la fin de 1918, la consommation annuelle en essence sera elle-même doublée et atteindra 400 millions de litres.

Les chiffres de consommation auxquels nous arrivons peuvent être vérifiés, d'ailleurs, d'une façon très simple.

La revue *Le Pétrole* vient de donner (1), en effet, la statistique de l'importation de l'essence en France en 1910-1911-1912 :

PROVENANCE des essences	QUANTITÉS EN LITRES PENDANT 11 MOIS		
	1910	1911	1912
—	—	—	—
Russie	40.650.000	34.340.000	44.750.000
Autriche	6.900.000	8.860.000	20.940.000
Roumanie.	100.080.000	74.600.000	90.000.000
États-Unis	24.980.000	46.710.000	90.860.000
Autres pays. . . .	505.300	4.130.000	770.000
Totaux. . . .	173.115.300	168.640.000	247.320.000

Le rapprochement du chiffre de 247 millions de litres, qui représente l'importation, du chiffre de 200 millions que nous avons trouvé plus haut, pour la consommation annuelle des automobiles en France, suffit à démontrer que nos hypothèses relatives à cette consommation sont justifiées.

Les ressources en combustible.

L'ESSENCE. — La Roumanie et les Etats-Unis, comme nous le constatons dans cette statistique, sont les deux pays qui importent les plus grandes quantités d'essence. Il est intéressant de noter ce que l'on pense dans ces pays du développement de l'industrie du pétrole.

La Bursa, de Bucarest, passant en revue les faits qui, en 1912, ont intéressé l'industrie du pétrole en Roumanie, dit :

« L'industrie roumaine du pétrole n'est pas soumise, comme dans d'autres pays, à de brusques oscillations de production, elle se développera d'une manière constante, parce que la production, elle aussi, augmentera. Elle augmentera, parce que nous avons encore de nombreux terrains encore inexplorés, et, en second lieu, parce que, dans le monde entier la consommation de l'essence, des résidus, des huiles, augmente prodigieusement. L'emploi constant des résidus, la grande demande d'essence et des autres dérivés du pétrole provoquée par la multiplication des automobiles, ouvrent à l'industrie de nouvelles perspectives. Notre pays profitera certainement beaucoup de ces conjonctures favorables. » Nous n'en doutons pas ! Mais *La Bursa* ajoute, hélas : « Ce qu'il faut relever particulièrement, c'est la grande hausse des prix. Le pétrole brut de Boushtenari a atteint, à la fin de l'année, le prix de 6 fr les 100 kg. L'essence, le pétrole brut, les huiles ont atteint des prix qui n'avaient jamais été enregistrés dans le passé. »

Aux Etats-Unis, la *Standard Oil Company* a publié un document détaillé pour expliquer pourquoi le pétrole est plus cher. « L'année 1912 a développé, dans le monde entier, des conditions nouvelles qui ont extraordinairement accru la demande du pétrole et de ses produits, ainsi que de la gazoline. Il ne faut pas entrevoir de réduction dans les prix, tant que la production n'aura pas trouvé des territoires nouveaux, ou tant que la demande ne diminuera pas. »

On signale, de plus, une forte diminution de la production du bassin de Bakou, mais, par contre, un accroissement considérable de la production du Mexique.

D'une façon générale, on peut constater un accroissement certain dans la production du pétrole, mais, néanmoins, la menace subsiste que cette production ne suive pas une progression parallèle à la consommation. Puis il y a lieu de remarquer que les nouveaux gisements pétrolifères, notamment ceux de Californie, sont très pauvres en essence, de telle sorte qu'on peut considérer l'accroissement dans la production de l'essence comme très faible.

(1) *Le Pétrole*, mars 1913.

Digitized by Google

Examinons maintenant les combustibles liquides que nous pourrions employer, parce qu'ils ont déjà fait leurs preuves dans des utilisations industrielles : l'alcool, le benzol, la naphtaline, les essences de schiste.

L'ALCOOL. — Bien des tentatives ont été faites pour développer l'emploi de l'alcool dans les moteurs : Concours de voitures de tourisme, de véhicules industriels ; Congrès organisés soit par le ministère de l'Agriculture, soit par l'Automobile-Club de France se sont multipliés. Les résultats de ces manifestations ont été, d'une part, la démonstration de la possibilité de l'emploi de l'alcool dans des conditions très satisfaisantes, et, d'autre part, une hausse persistante des cours de ce combustible ou, plus exactement, une instabilité inquiétante de ces cours. Au dernier Congrès, les défenseurs de l'alcool, et nous étions de ceux-là, voulaient que tout l'alcool industriel (alcool de betterave, alcool de grains, etc.) fût dénaturé et brûlé dans les moteurs ; ils estimaient que c'était là le moyen très sûr de faire que l'alcool de bouche eût pour seule origine le vin, dont la mévente inquiétait vivement les propriétaires de vignobles français. Malgré la brillante campagne menée en faveur de l'alcool, en 1907, par M. le marquis de Dion, les événements démontrèrent bientôt que la consommation en alcool de bouche, d'origine industrielle, croissait et que, du fait de la hausse des cours, il y avait impossibilité de l'utilisation de l'alcool dans les moteurs !

Une seule solution à cette situation, solution grosse de conséquences diverses, pourrait assurer la fixité des cours, et c'est le monopole par l'Etat de la dénaturation et de la vente de l'alcool dénaturé.

Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Le chimiste Sorel, à l'occasion d'une étude qui lui fut confiée en 1902 par le ministre de l'Agriculture, rechercha les conditions de température dans lesquelles on peut vaporiser complètement l'alcool dénaturé dans la quantité d'air convenable à une bonne combustion.

Etant donnée une certaine quantité d'alcool, plus on emploie d'air pour former le mélange et moins la température nécessaire pour la complète évaporation est élevée. Néanmoins, avec 1,7 fois la quantité théorique d'air nécessaire, on ne peut descendre qu'à la température de 17° C.

Mais, à cette température, la vaporisation de 1 kg d'alcool dénaturé absorbe environ 288 calories ; aussi le départ du moteur à cette température est-il très pénible ; de plus, les premières explosions sont incomplètes, d'où production de noir de fumée, d'aldéhydes et d'acides.

Dans ces conditions, il était logique de chercher à parer à cette insuffisance par l'addition à l'alcool de corps développant plus de calories, plus volatils et ayant une chaleur latente de vaporisation moindre, lui permettant, par suite, de se vaporiser, par entraînement, dans des conditions de température plus conformes aux exigences de la pratique.

C'est de là qu'est venue l'addition à l'alcool de divers carburants.

C'est ainsi que l'alcool Leprêtre à 50 °/₀ de benzol à 90 °/₀, dégage 7 878 calories et n'absorbe pour sa vaporisation que 196 calories.

C'est là l'alcool carburé que l'on emploie dans les moteurs.

Le benzol à 90 °/₀ a comme composition moyenne :

Benzène	85
Toluène	14
Xylène	1
	100

On peut, comme l'a fait Leprêtre, mélanger 100 parties de ce benzol à 100 parties d'alcool 90° centésimaux dénaturé.

Quelles doivent être les qualités d'un carburant de l'alcool ?

Il faut qu'il soit parfaitement soluble dans l'alcool *à toutes les températures pratiquement possibles* ; il faut qu'il soit *au moins* aussi volatil que l'alcool *sans l'être trop*, enfin que le produit composé ne forme pas un produit plus volatil que les deux composants.

Le benzène C^6H^6 ou benzine cristallisable, et le benzol à 90 °/₀ répondent bien à ces desiderata. La chaleur de vaporisation est faible, 120 calories, le pouvoir calorifique compris entre 10 000 et 11 000 calories ; la température d'ébullition du benzène brut est de 80°4, presque identique à celle de l'alcool à 90°.

Le benzène est certainement préférable au benzol à prix égal. Il faut surtout éviter les composés sulfurés, le tyophène, par exemple, C^4H^4S, à cause de la production, pendant la combustion, d'anhydride sulfureux.

Cependant, il faut tenir compte que le benzène se sépare plus facilement par cristallisation aux basses températures que le benzol, de sorte que Sorel conclut qu'il y a intérêt à se rapprocher comme carburant, plutôt du benzol à 90 °/₀ que du benzène.

Il faut cependant, à notre avis, ne pas engager trop l'avenir sur cette question. La benzine cristallisable peut être fabriquée industriellement ; de plus, certaines précautions peuvent être prises pour éviter les séparations tant dans les réservoirs que dans les carburateurs, aux basses températures. Quand on songe aux études qu'il a fallu faire pour utiliser l'essence dans les carburateurs, n'est-il pas juste de penser qu'on peut bien consacrer quelques efforts à l'amélioration des conditions d'utilisation de l'alcool carburé.

On a reproché à l'alcool benziné de trop dégraisser les cylindres : aussi a-t-on proposé de dissoudre 5 à 6 °/₀ d'huile lampante, grâce à la présence de la benzine qui fait alors fonction de dissolvant.

M. Sorel ne se prononce pas sur cette question, mais, d'après les essais faits au laboratoire de l'A. C. F., il ne résulte pas que ce reproche ait la moindre valeur.

Certains essais ont été faits pour remplacer le benzol par des pétroles légers. On peut remplacer 18 °/₀ du benzol par des essences de pétrole de poids spécifique de 0,680 à 0,700, le benzol faisant toujours fonction de dissolvant.

Plusieurs inventeurs ont fait un mélange triple d'alcool ordinaire, d'alcool amylique et d'essence de pétrole.

Quand on considère les produits huileux d'une fin de rectification industrielle, on ne peut les appeler alcool amylique. Ces produits sont un mélange d'alcool éthylique, propylique, isobutylique, amylique. On peut constituer avec ce mélange un alcool carburé de formule :

Alcool dénaturé	50
Mélange (alcool amylique)	15
Essences légères	35
	100

Sorel indique que l'on peut redouter des séparations de ce mélange à — 4°.

Pour arriver à un mélange utilisable en hiver, il faudrait employer de l'alcool amylique presque chimiquement pur, des essences de pétrole très légères et, de plus, de l'alcool à 95°.

Ce que l'on doit éviter surtout, ce sont les *évaporations électives*, c'est-à-dire l'évaporation successive des diverses parties du mélange.

Une étude très importante a été faite par M. Sorel sur les chaleurs latentes de vaporisation des mélanges d'alcool et de carburants, et cette étude l'a conduit à donner des chiffres dont il est indispensable de tenir compte quand on étudie un carburateur destiné à l'utilisation d'un mélange carburé déterminé.

Il a énoncé la règle suivante : « On ne peut compter sur une vaporisation homogène et intégrale que si l'on introduit strictement la quantité convenable de combustible dans le volume

Digitized by Google

d'air nécessaire et à une température telle que le combustible soit totalement et instantanément vaporisé. »

C'est dans l'inobservation de cette règle que les déboires de certains constructeurs trouvent leur explication. On a cru trop souvent que n'importe quel carburateur pouvait servir à l'emploi de combustibles liquides de compositions différentes. Nous devons enfin signaler qu'au Congrès de 1902, M. Girardville fit une communication sur les propriétés des mélanges *d'alcool-acétylène*, préparés par l'action de l'eau alcoolisée sur le carbure de calcium.

M. Lindet réclama alors la propriété de cette découverte et rappela que le 5 mai 1902, dans une séance du Conseil de l'Association des Chimistes de Sucreries et Distilleries, il posa la question de la façon suivante :

« Si l'on pouvait carburer l'alcool avec l'acétylène, ce serait parfait. Mais l'acétylène se dissout peu dans l'alcool, le meilleur procédé pour utiliser l'acétylène serait de le produire dans les lampes ou dans les moteurs en faisant tomber sur le carbure de calcium, non pas de l'eau, mais de l'alcool étendu. »

Ceci est intéressant à signaler, d'autant plus que la question a été reprise dernièrement.

Le benzol. — Le benzol est extrait des goudrons de houille, sous-produit de la fabrication du gaz d'éclairage ou des cokeries.

Or, les cokeries françaises produisent 160 millions de kilogrammes de goudron, et les usines à gaz, 175 millions, d'après les chiffres donnés en 1907 par M. Grebel, au Congrès des applications du moteur à la marine.

Si tout le goudron était distillé, on en pourrait extraire 3350000 kg de benzol.

Actuellement, la production française est insuffisante pour la seule consommation des autobus parisiens, et les cours du benzol s'élevent. C'est pourquoi la Compagnie des autobus, qui, dans les débuts de son exploitation, utilisait l'alcool carburé, et l'abandonna dans la suite, pour n'employer que le benzol, revient à l'alcool carburé pour un certain nombre de ses voitures.

Cette Compagnie prévoit, en effet, que la hausse du benzol s'accentuera et elle se prépare à une solution plus économique d'un problème qui est pour elle d'une importance considérable.

Il nous reste à parler de la *naphtaline* dont la production pour la France, en 1907, était de 2 512 500 kg, et dont les usages sont limités à des cas spéciaux : véhicules industriels, locomotives à moteur à explosions. Ce combustible entraîne, pour son utilisation, une assez grande complication par l'établissement d'un petit gazogène dans lequel la naphtaline solide est transformée en vapeur.

Puis il est indispensable de ne produire que la quantité de vapeur de naphtaline nécessaire à la consommation, sans quoi l'excès a toutes chances de se dégager et d'incommoder très sérieusement les passagers du véhicule.

Enfin, le dosage de l'air et des vapeurs de naphtaline est difficile à réaliser, et le problème de la carburation est ainsi compliqué, surtout dans le cas de moteurs auxquels on demande une grande souplesse de fonctionnement.

Nous avons enfin l'*essence de schiste*. Celle-ci a pour origine l'huile de schiste, que l'on extrait des schistes en roche après concassage et distillation dans des cornues.

Ces schistes se trouvent en assez grande quantité dans la région d'Autun et dans la région lyonnaise.

Mais la production en huile de schiste est très limitée et les essences qui en sont extraites, essences très voisines des dérivés de même nature du pétrole, est entièrement absorbée par les constructeurs et les exploitants de services publics d'automobiles de la région lyonnaise.

Notre conclusion est que le combustible qui, seul, peut concurrencer l'essence, est l'alcool.

Certes, son pouvoir calorifique est environ la moitié de celui de l'essence. Il ne saurait être *actuellement* question de changer le moteur et d'étudier le moteur à compression élevée susceptible d'avoir un rendement thermodynamique, tel que la consommation spécifique en poids d'alcool se rapproche de celle de l'essence.

Mais supposons que l'alcool coûte 30 fr les 100 litres, pour 60 fr d'alcool, nous disposerons d'un nombre de calories équivalent à celui qui, dans Paris, et sous forme d'essence, nous est vendu actuellement 70 fr.

Sans apporter aucun changement aux moteurs tels qu'ils existent, nous aurions immédiatement la solution du problème du carburant à bon marché, si ce prix de 30 fr l'hectolitre était obtenu.

M. François Dupont, ancien président de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, proposa, au dernier Congrès de l'alcool, un système qui était basé sur une prime à accorder aux producteurs d'alcool.

Il y a quelques années, disait-il, le droit sur les alcools de bouche était de 156 fr 25; on l'a porté successivement à 200 et 220 fr et sa consommation n'a pas diminué.

Relevons-le à 235 ou 240 fr, et l'État aura trouvé les ressources nécessaires pour assurer la consommation annuelle de 200 millions de litres d'alcool dénaturé pouvant être livrés à un prix inférieur à 30 fr l'hectolitre.

La solution est-elle dans cette proposition? Ne devrons-nous pas aller jusqu'à réclamer le monopole par l'État de la dénaturation et de la vente de l'alcool dénaturé? L'avenir nous le dira prochainement, si l'on ne peut augmenter la production de l'essence.

En Allemagne, en Amérique, en Belgique, des expériences se poursuivent en vue de la transformation, par voie de pyrogénation, du pétrole lampant et même d'huile lourde en essence. Utopie, disent certains, expériences de laboratoire affirment d'autres. Et cependant des résultats sont acquis, non confirmés, toutefois, par l'expérience industrielle.

Il est cependant certain que si l'on pouvait retirer d'une tonne de pétrole brut, non plus 50 ou 100 kg d'essence, mais 500 ou 600 kg de ce combustible précieux, même au prix d'une certaine perte dans la matière première, un tassement se manifesterait dans les cours et l'industrie automobile pourrait se développer pour le plus grand bien de tous, notamment des industries du pétrole.

Mais cette solution étant jusqu'alors écartée, c'est vers la recherche de nouveaux terrains pétrolifères que se portent tous les efforts des industriels du pétrole.

Il en résulte que la production en essence est limitée : c'est là un fait reconnu par les producteurs eux-mêmes. Il est même établi par de toutes récentes statistiques, dont nous donnerons plus tard une analyse, que l'on est arrivé à une production annuelle constante en essence, dans les dernières années, et cela malgré l'accroissement de la production du pétrole brut, et cela pour les raisons que nous indiquions plus haut. Aussi envisage-t-on comme palliatif à cette situation menaçante l'amélioration des conditions d'exploitation et de transport.

Mais, en présence des besoins croissants de l'industrie automobile, dans tous les pays et principalement en Amérique, il paraît indispensable de ne pas accorder une trop grande confiance à cette solution et d'en rechercher une autre plus immédiate.

Or, la fixité du cours de l'alcool à un taux suffisamment bas est réalisable sans léser des intérêts respectables. C'est donc vers cette solution que doivent tendre nos efforts.

L'essence et le benzol n'en continueront pas moins à être consommés et les puissantes industries productrices de ces combustibles seront encore prospères, mais ces combustibles seront concurrencés et cette concurrence sera profitable aux intérêts de l'industrie automobile et à l'intérêt supérieur de la France.

G. Lumet,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

MÉTALLURGIE

MATÉRIEL ET OUTILLAGE MÉCANIQUE DE LA FONDERIE [1]

(Suite et fin.)

La *Tabor Manufacturing Company*, déjà citée, a établi, pour parer à ces inconvénients, une machine dite sans choc (fig. 125).

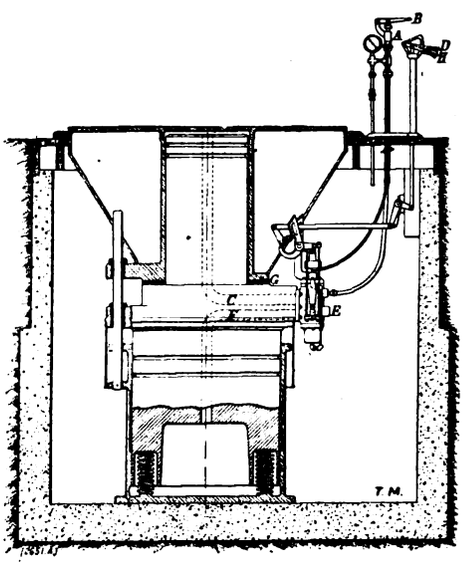


FIG. 125. — Machine à mouler par percussions, The Tabor Mfg Co, Philadelphie.

La table, qui reçoit le modèle, le châssis et le sable, est venue de fonte avec le cylindre distributeur d'air. Elle repose, par l'intermédiaire d'une garniture de cuir, sur une enclume cylindrique supportée elle-même par des ressorts à boudin et guidée dans un cylindre. L'air, admis au cylindre E par le robinet A, accède par le canal C au-dessus du piston fixe de la table, se détend, soulève cette table, jusqu'au moment où s'ouvre l'échappement à l'air libre. La table retombe alors avec sa charge sur son enclume. Au lieu d'évacuer immédiatement dans l'atmosphère l'air comprimé détendu sous la table, on l'envoie sous l'enclume qui se soulève et va ainsi à la rencontre de la table mue à la fois par cet air et ses ressorts, que le mouvement continu de la table tient en vibration. Par cet artifice, l'effet du choc pour le serrage du sable est maximum, le rebondissement du châssis sur la table est évité et le choc ne se transmet pas aux fondations.

3° *Serrage par l'eau sous pression.* — L'eau, sous les fortes pressions de 50 à 100 kg par centimètre carré, est un agent moteur d'une extrême puissance qui permet le serrage des plus grands moules; aussi, son champ d'application est-il le plus vaste et les modèles de machines de ce genre sont-ils très nombreux.

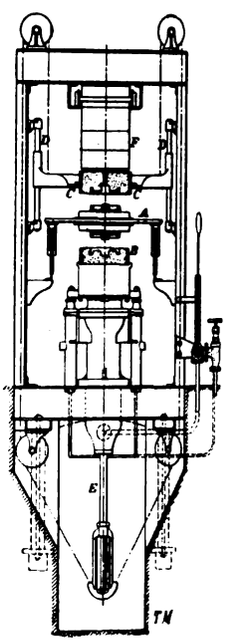


FIG. 128. — Machine moulant 2 châssis simultanément.

Un premier exemple nous en est fourni par la machine des Fabriques réunies d'émeri et de machines, de Hanovre, que représentent les figures 126 et 127. Le sommier est mobile sur deux rails E pour dégager l'espace au-dessus de la table et faciliter la mise en place et le remplissage du moule. Le démoulage se fait sur un chariot F roulant sur des rails G. Lorsqu'on a rempli de sable le moule et sa rehausse, on amène en position le sommier et, le chariot F étant sous la table A, on soulève cette table par le plongeur C de la presse hydraulique et l'on serre le moule contre le sommier. On redescend le tout en faisant cesser la pression dans le pot de presse; on retourne la table, châssis dessous au moyen d'un volant à main et d'une vis sans fin H, puis on démoule au moyen des deux plongeurs B. On remarquera que le sommier porte également une plaque-modèle. La machine sert à mouler des vannes pour canalisations d'eau et de gaz, du type à crémaillère. Bon nombre de machines hydrauliques moulent simultanément les deux châssis d'une pièce comme le fait celle de la figure 128. La table A, portant les plaques modèles, est montée sur chariot à une certaine hauteur. Le châssis B repose sur la tête du plongeur; le châssis C est porté par une traverse mobile le long de guides verticaux D. Cette traverse est reliée de telle façon au plongeur, par un système de cordes sur poulies, qu'elle descend lorsque le plongeur monte.

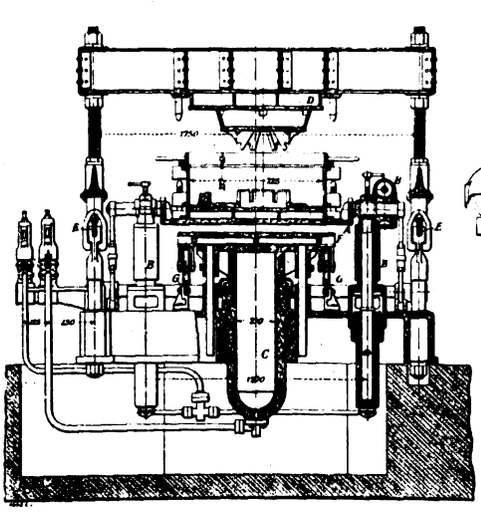


FIG. 126.

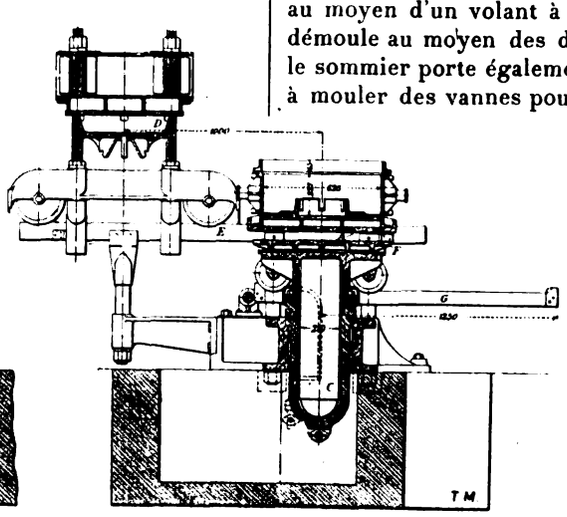


FIG. 127.

FIG. 126 et 127. — Machine à mouler hydraulique. Fabriques réunies d'émeri et de machines, Hanovre.

Le châssis B étant rempli de sable, on soulève le plongeur jusqu'à ce que ce châssis soit au contact de la plaque-modèle inférieure. Le châssis supérieur est alors sur la plaque-modèle supérieure; on le remplit de sable et l'on comprime le tout sur le sommier F. On démoule par descente du plongeur, on écarte ensuite le chariot de la table A et l'on remoule en relevant à nouveau le plongeur. Les deux châssis assemblés sont ainsi prêts pour la coulée. Cette machine est construite par MM. Bopp et Reuther, de Mannheim.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 5 (1er mars 1912), p. 171; n° 7 (1er avril 1912), p. 225; n° 9 (1er mai 1912), p. 332; t. V, n° 1 (1er juillet 1912), p. 21; t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 261; n° 9 (1er mai 1913), p. 339.

Digitized by Google

Pour les travaux en grande série, il y a avantage à éviter l'emploi de châssis. On peut le faire par le moulage en mottes qui consiste à mouler en châssis, remouler, puis sortir le moule en sable d'un seul bloc, de ses châssis.

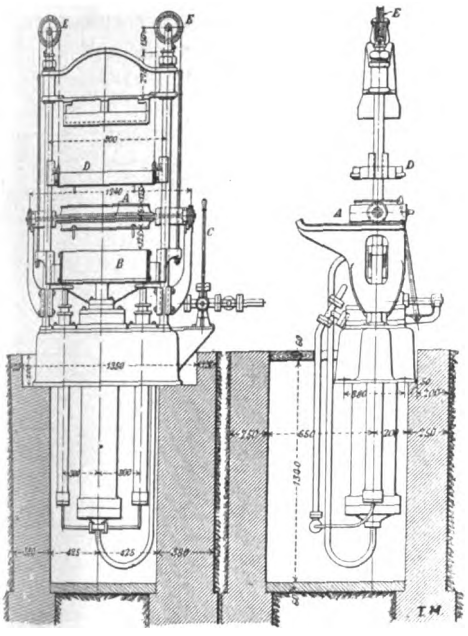


Fig. 129. — Machine à mouler en mottes. Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei, Durlach.

On fait, dans ce but, des machines à mouler en mottes, telle celle de la Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei, de Durlach (fig. 129), qui a quelque analogie avec la précédente. La plaque-modèle double-face A montée sur chariot est d'abord repoussée pour le remplissage du châssis inférieur B, puis ramenée en position de moulage. A l'aide du levier C, on descend le châssis D suspendu par des câbles et on le remplit de sable à son tour. On donne la pression hydraulique,

Fig. 130. Fig. 132.

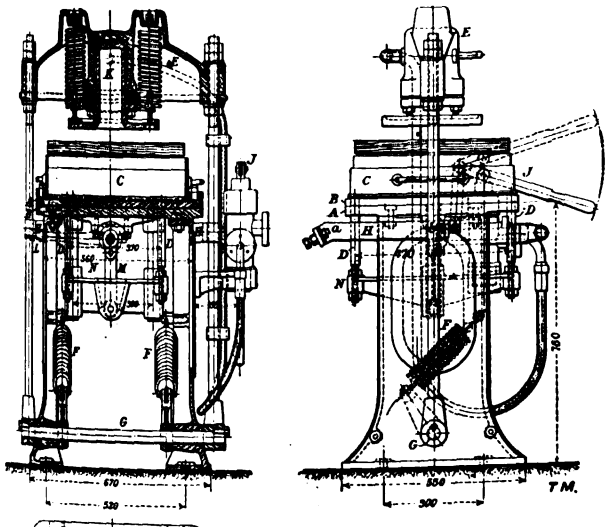


Fig. 131.

Fig. 130 à 132. — Machine à mouler hydraulique avec pot de presse dans le sommier. Badische Maschinenfabrik, Durlach.

on desserre et l'on éloigne le chariot de plaque-modèle. Après avoir descendu le châssis supérieur sur le châssis inférieur, il suffit d'une légère pression pour que le piston qui passe librement dans les châssis en sorte le moule ou la *motte* prête à la coulée.

La pression hydraulique n'est pas toujours appliquée de bas en haut. Voici un cas (fig. 130 à 132) où le pot de presse est dans le sommier. Le piston *k* presse sur un plateau en bois dont on couvre le sable de la rehausse. Quand on supprime la pression dans le pot de presse, des ressorts antagonistes relèvent le plongeur. Le démoulage se fait par un plateau N à chandelles D, que commande un levier à main L. Cette machine est également construite par la Badische Maschinenfabrik und Eisengiesserei.

Au nombre des diverses machines à commande hydraulique, nous signalerons la série des machines à mouler multiples à table pivotante, dont les Fonderies royales Wurtembergeoises de Wasseralfingen se sont fait une spécialité. Elles font le moule à deux faces pour la coulée en grappe dont les figures 133 et 134 donnent l'idée. Dans ce mode de moulage, le moule est imprimé sur ses deux faces, en sorte que chaque châssis constitue le dessous d'un moule et le dessus d'un autre. Les coulées sont venues de moulage et l'empilement d'un nombre *n* de châssis forme (dans le cas le plus simple où deux châssis font un moule), un nombre *n*-1 de moules. L'exemple que nous donnons se rapporte à la fabrication de bâtis de machines à coudre.

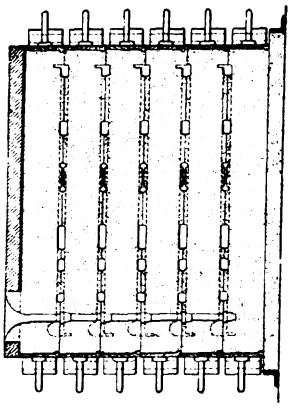


Fig. 133.

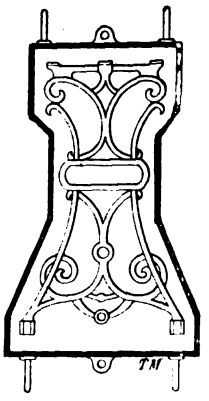


Fig. 134.

Fig. 133 et 134. — Coulée en grappe de bâtis de machines à coudre.

Le prototype de machine multiple à table pivotante est celui de la figure 136. L'une des deux colonnes du bâti sert de pivot

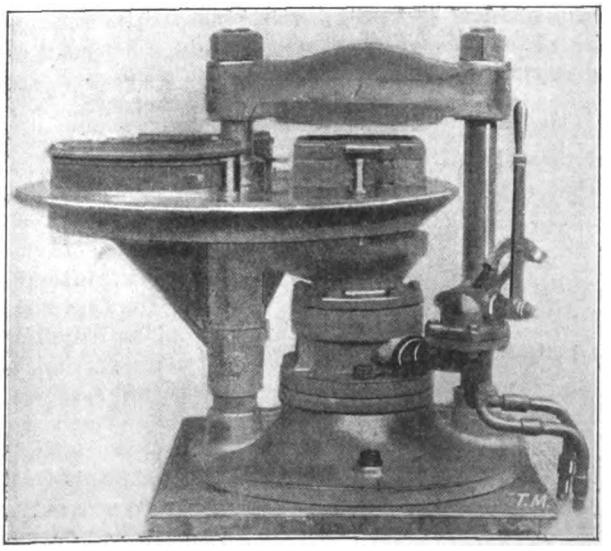


Fig. 135. — Machine à mouler à table pivotante. Fonderies royales wurtembergeoises, Wasseralfingen.

à une table de travail portant trois modèles où deux ouvriers peuvent travailler simultanément. Chaque modèle est recouvert d'un châssis et d'une rehausse où l'on verse du sable ; on en dresse la surface sur laquelle on place le modèle supérieur. On fait faire un tiers de tour à la table et l'on serre sous le sommier. Le travail se poursuit de façon continue ; le démoulage se fait à la main.

La machine que montre la figure 137 constitue un progrès sur

Digitized by Google

la précédente. Au lieu de poser à la main les modèles supérieurs, on a supprimé le sommier que remplace un prisme triangulaire. Chaque face du prisme porte une plaque-modèle correspondant à l'une des plaques de la table pivotante.

L'avantage revendiqué pour ces machines est de convenir à

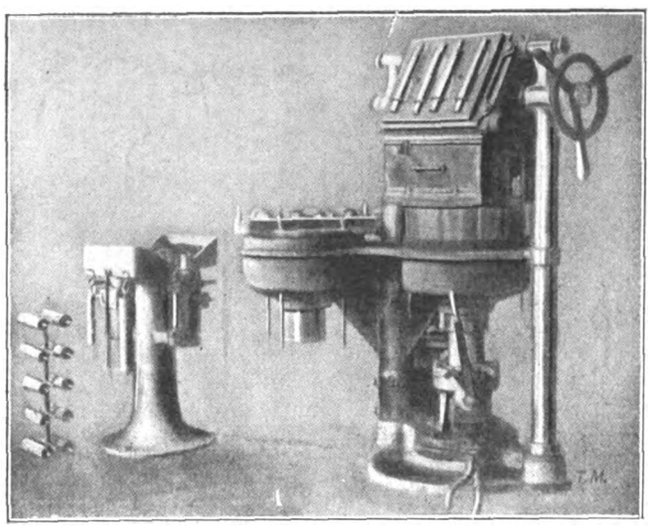


FIG. 136. — Machine à mouler à table et sommier pivotants. Fonderies royales Wurtembergeoises, Wasseralfingen.

la fabrication par grandes et par petites séries : grandes séries en montant sur une machines trois jeux semblables de plaques-modèles, petites séries en y montant trois jeux différents.

LES MACHINES ET LE PROCÉDÉ BONVILLAIN. — Parmi les machines à commande hydraulique, il convient de donner une place toute spéciale au système universellement connu aujourd'hui sous le nom de Bonvillain. C'est, en effet, à la France que revient l'honneur d'avoir créé l'un des types les plus parfaits et les plus originaux de machine à mouler. Les Allemands eux-mêmes, qui ont beaucoup contribué au développement de ce genre de machines, ont fait au procédé Bonvillain l'honneur de le classer dans une catégorie à part.

Avant de décrire la machine Bonvillain, il est indispensable de dire quelques mots du système sur lequel elle est établie et de ses avantages. Pour cela, il nous faut revenir sur deux facteurs importants du moulage mécanique : la *plaque-modèle* et le *peigne*.

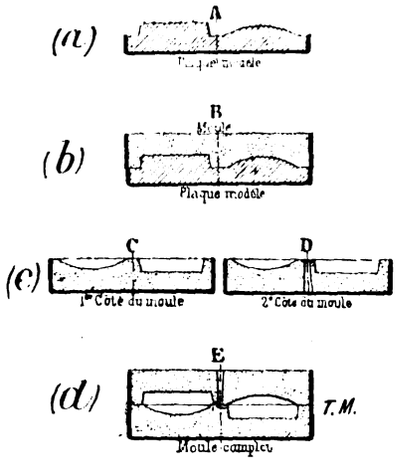


FIG. 137. — Principe de la plaque-modèle réversible.

Le gros inconvénient de la plaque-modèle et du peigne fut pendant longtemps la nécessité de les produire, non par moulage, comme nous l'avons dit, mais par usinage mécanique et par ajustage. En raison du travail nécessaire à leur établissement, les plaques-modèles et les peignes revenaient à des prix exorbitants et prohibitifs pour les petites séries. En Amérique, où le moulage mécanique fut d'abord utilisé dans de très grosses industries, — nous en avons cité un exemple, — le prix élevé de la plaque-modèle et du peigne n'était pas un obstacle. Nous avons vu qu'il l'emportait cependant parfois sur celui de la machine à mouler puisqu'on préférait, dans certaines fonderies, avoir pour chaque plaque-modèle une machine particulière.

En Europe, et particulièrement en France, les grandes séries sont moins fréquentes. Pour la petite série, de cent pièces, par exemple, qui se présente plus couramment, le coût de la plaque-modèle et du peigne ajustés mécaniquement grèverait trop lourdement le prix de revient de chaque pièce. D'autre part, le

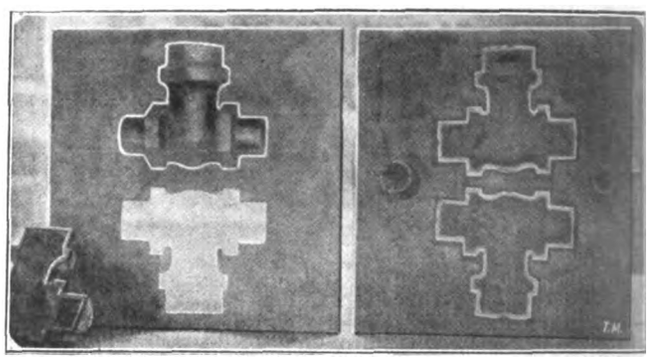


FIG. 138. — Exécution des modèles et des peignes à la même coulée. A droite, le peigne dont un modèle est détaché.

modèle en plâtre est fragile et les modèles métalliques coulés ont l'inconvénient de prendre du *retrait* à la solidification ou de présenter des retassures. Leur prix de revient est également onéreux. En outre, la plupart des machines utilisant les plaques-modèles sont si bien conçues en vue de la spécialisation qu'elles n'admettent qu'une seule dimension de châssis.

Généraliser les avantages du moulage mécanique à la fabrication en petites séries, fut le but que se proposèrent MM. Saillot et Vignerot, chefs d'ateliers de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à Sotteville-lès-Rouen. Les perfectionnements auxquels participa M. Le Chat, ingénieur du même service, furent d'abord modestes. M. Bonvillain, ingénieur-constructeur à Paris, s'y intéressa et, sous sa direction, ils ont abouti au procédé actuel.

Deux perfectionnements importants ont été apportés aux plaques-modèles par les deux principes de la *réversibilité* et du *clichage*. Nous avons vu précédemment que, pour obtenir les deux parties d'un moule, il fallait deux plaques-modèles. *La plaque-modèle réversible* joue, à elle seule, ce double rôle.

Supposons que, sur un modèle en bois, nous ayons obtenu les deux moules supérieur et inférieur d'une pièce. Plaçons-les côte à côte et recouvrons le tout d'un châssis dans lequel nous coulerons du plâtre. Nous obtiendrons une plaque-modèle telle que celle de la figure 137 (*a*) sur laquelle nous ferons deux côtés de moule en sable (*b*). Dans l'un de ceux-ci, nous ménagerons la coulée (D, fig. *c*). En faisant pivoter l'un des côtés du moule de 180° par rapport à l'autre pour les assembler, nous obtenons un moule complet de deux pièces (fig. *d*).

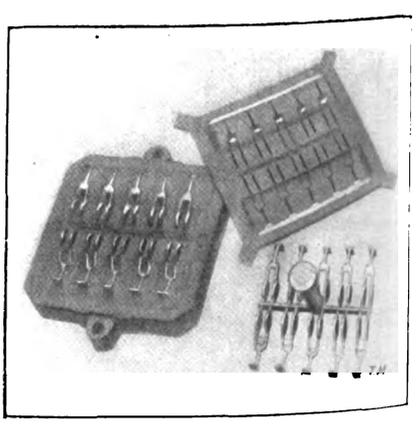


FIG. 139. — Plaque-modèle réversible avec peigne contourné pour porte-balai de dynamo

Comme principaux avantages de cette méthode, citons : la réduction à une seule du nombre des plaques-modèles néces-

Digitized by Google

saires à la confection d'un moule complet, son obtention par moulage et la production des deux côtés du moule sur une seule machine.

La plaque-modèle en plâtre ne convient que pour une petite fabrication de pièces à faible relief, soit de 50 à 200 au plus; pour les plus grandes séries, on a recours aux plaques-modèles en métal blanc sans retrait. Pour les obtenir, on part d'une plaque-modèle en plâtre sur laquelle on fait un côté de moule. Traitant ce côté de moule comme une couche, on fait dessus un moule en sable qui en est comme le négatif (fig. 138). Sur ce dernier, on fait alors un tirage d'épaisseur, c'est-à-dire que, de toute la surface, on enlève une couche de sable de 2 à 3 cm. On assemble les deux châssis, qui ménagent ainsi entre eux un vide dans lequel on coule du métal blanc. On démoule le côté correspondant au dos de la plaque-modèle obtenue, on remplace le châssis par un autre dans lequel on coule du plâtre, et l'on a ainsi une plaque métallique, appelée carapace, supportée par un massif de plâtre.

Le *peigne* s'obtient en faisant un moule complet et en tirant de l'épaisseur autour du modèle sur l'un des côtés de moule, autrement dit, en enlevant, à la surface du joint du moule, une couche de sable d'épaisseur égale à celle du peigne qu'on veut obtenir. On assemble ensuite les deux côtés de moule et l'on y coule du métal blanc. On obtient ainsi un modèle métallique de la pièce au milieu d'un diaphragme (fig. 138). Il est facile de détacher le modèle du diaphragme et l'on obtient le peigne. Peu importe, dans ce procédé, que la surface du joint soit plane on gauche, ou qu'elle suive des contours compliqués.

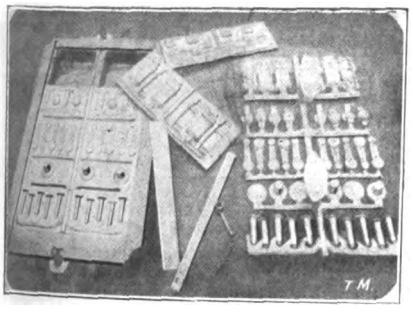


Fig. 140. — Table à clichés partiellement démontée, clichés et grappe obtenue.

Un autre perfectionnement à la plaque-modèle introduit par le système Bonvillain est l'emploi de *clichés*.

Les clichés (fig. 140) sont de petites *plaques-modèles* qu'on insère en nombre variable dans des châssis appelés *tables à clichés*. L'ensemble constitue une plaque-modèle qui sert au moulage comme les plaques ordinaires. Dans les fonderies de petites pièces, comme dans la fonte malléable, ce genre de plaque-modèle rend de grands services. Il permet d'exécuter simultanément des séries de pièces en nombres différents. Les clichés conservés en magasin sont, en outre, moins encombrants que de grandes plaques-modèles. Il est bien évident que la plaque-modèle réversible ne convient qu'à de petites pièces, autrement les châssis moulant deux pièces à la fois deviendraient trop encombrants. Au delà d'une certaine dimension, il faut deux plaques-modèles pour un moule.

La Société anonyme des Établissements Ph. Bonvillain et E. Ronceray, de Paris, qui a mis au point les procédés décrits ci-dessus, construit différents types de machines à mouler; nous en avons cité antérieurement pour commande à bras et nous ne nous occuperons plus ici que des modèles à serrage hydraulique.

Le type *universel* de ces ateliers est une machine destinée à recevoir des châssis de différentes grandeurs, et à mouler des pièces de hauteurs très diverses entre certaines limites, bien entendu. C'est une machine qui vise à s'adapter à la plus grande variété possible de moulages, en restant d'une conduite simple et d'un fonctionnement économique. Les figures 141, 142 et 143 donnent le principe de sa construction.

La table est constituée par des barreaux mobiles disposés dans l'évidement circulaire *d*, de façon à laisser passer les *dépoussoirs*, dont nous indiquerons plus loin le rôle. Au-dessous de la table, dans le socle cylindrique, se trouve le plateau de démoulage avec porte-chandelles *p* et chandelles *n* ajustables à la demande des châssis ou des peignes. Ce plateau est guidé par une tige *s* filetée, à écrou de butée limitant la course; il est fixé sur le plongeur d'un pot de presse hydraulique *a*.

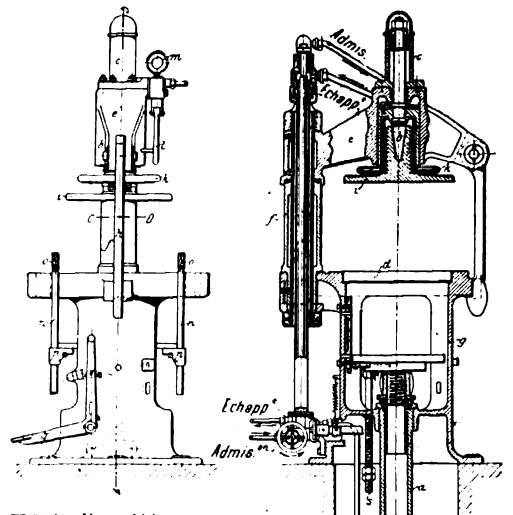


Fig. 142.

Fig. 141.

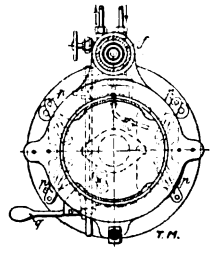


Fig. 143.

Fig. 141, 142 et 143. — Dispositif de la machine à mouler type universel des Établissements Bonvillain et Ronceray.

Le serrage du moule est effectué par un piston hydraulique *i*, sous l'effet de la pression qui s'exerce dans le cylindre *b*; ce piston est ensuite relevé par l'eau sous pression agissant dans le petit cylindre *c*. Pour admettre sur la machine des châssis de hauteur variable, tout en réduisant au minimum la consommation d'eau sous pression, le plateau de serrage *i* est monté à vis dans le piston du cylindre *b*, et s'ajuste au moyen d'un volant à main *k*. La course est ainsi limitée à 40 ou 50 mm et la consommation d'eau, pour des châssis de 600 à 800 mm, se réduit à 2 lit. 5 par moule complet.

Pour dégager le dessus de la table quand on place soit la plaque-modèle, soit le châssis et la rehausse à sable, on fait pivoter le sommier *e* autour de la colonne creuse, dans laquelle passent les tuyaux d'arrivée et d'échappement de l'eau sous pression. Pendant le serrage, le sommier est solidement réuni à la table par un crochet diamétralement opposé à la colonne.

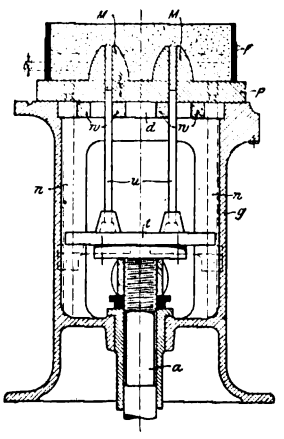


Fig. 144. — Mécanisme du double serrage dans la machine à mouler universelle des Établissements Bonvillain et Ronceray.

Le serrage est commandé par un levier à main *l*. A l'aide d'un manomètre *m*, l'opérateur peut, suivant la forme et la nature des pièces, régler à volonté la pression entre 20 et 50 kg/cm². Le démoulage hydraulique est mis en mouvement par la pédale *q*.

Un perfectionnement très intéressant offert par cette machine est le *double serrage*, qui permet de donner par-dessous, avant le démoulage, un serrage complémentaire à certaines parties de moules profonds qui, autrement, auraient une consistance insuffisante. En particulier, il permet de faire des noyaux verticaux adhérents au moule et obtenus en même temps que lui; la

Digitized by Google

figure 144 en fait comprendre le mécanisme. Elle montre le socle de la machine; sur les barreaux de la table est une plaque-modèle dont les parties M sont percées suivant leur axe pour ménager un noyau. Des dépoussoirs *u* pénètrent dans les trous correspondants de la plaque-modèle; ils sont portés par un plateau *t*, placé au-dessus du plateau de démoulage portant les chandelles, et pouvant en être plus ou moins écarté, grâce à son axe fileté qui n'est autre que le piston de démoulage. Le moule vient d'être serré, mais le sable des noyaux ne peut, en pareil cas, avoir reçu une pression suffisante.

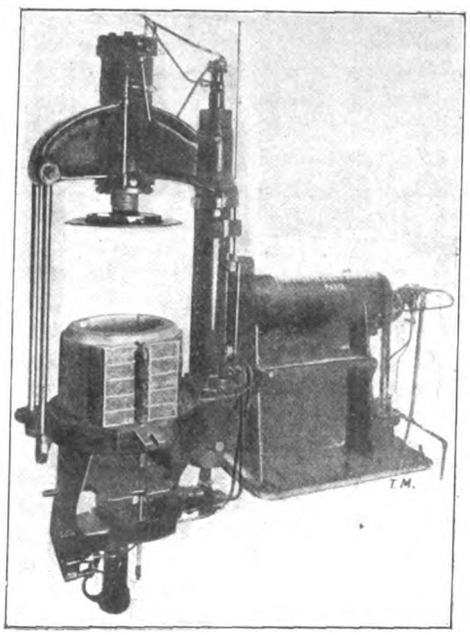


Fig. 145. — Vue de la machine à mouler universelle rotative des Établissements Bonvillain et Ronceray.

Le complément de pression correspond au refoulement α que produiront les dépoussoirs *u*, en appliquant la pression hydraulique dans le cylindre de démoulage, tandis que le piston de serrage serre encore le moule. Toutefois, pour que cette manœuvre ne produise pas le démoulage par butée des chandelles contre le châssis, on donne aux dépoussoirs, c'est-à-dire au plateau *t*, une avance suffisante sur le plateau de démoulage en écartant plus ou moins les deux plateaux l'un de l'autre.

Pour permettre le démoulage de pièces à très gros noyaux sans armature, les ateliers Bonvillain et Ronceray ont disposé la machine précédente sur pivot horizontal (fig. 145), en sorte qu'après avoir serré les noyaux pendants, on retourne la machine le bas en haut et l'on démoule en faisant descendre le piston de serrage, le démoulage opposé ne servant qu'à aider l'opérateur. En certains cas, un dispositif permet de démouler par soulèvement du châssis au moyen du piston de serrage.

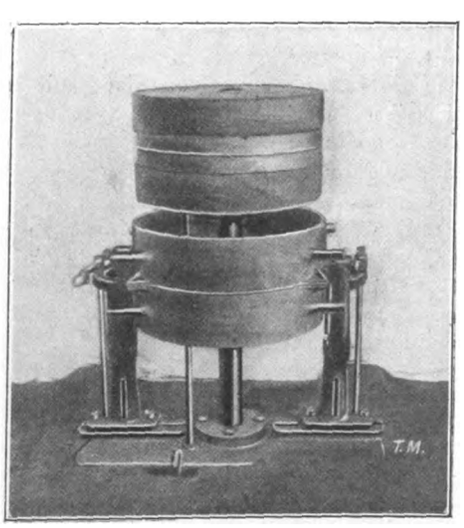


Fig. 146. — Vue de la machine à assembler et démotter, des Établissements Bonvillain et Ronceray. — La motte est dégagée des châssis.

Cette machine rotative exécute, avec une grande rapidité, des noyaux faisant corps ou non avec le moule et qui se trouvent rigoureusement à leur place. Elle réduit considérablement la main-d'œuvre.

La machine universelle se prête également à l'emploi d'une plaque-modèle à double face. Les constructeurs ont établi, pour cet objet, une disposition spéciale dans le détail de laquelle nous ne pouvons malheureusement pas entrer, faute de place. Ils ont également créé récemment un nouveau type de machine spécialisée pour la fonderie de petites pièces par grandes quantités; on y emploie des plaques-modèles à double face et les deux côtés du moule y sont serrés d'un seul coup. Comme particularité de cette machine, il faut signaler l'emploi d'un réducteur de pression hydropneumatique.

Les mêmes ateliers construisent encore une *machine à assembler et à démotter*, fonctionnant par pression hydraulique et servant à assembler les moules et à les extraires de leurs châssis pour le moulage en mottes. La figure 146 montre la motte sortie des châssis par la montée d'un plateau à plongeur hydraulique. On remarquera deux frettes en fer feuillard, placées à l'avance dans les châssis et destinées, pendant la coulée, à résister à la pression de la fonte liquide.

Machine à serrage par la gravité. — La maison A. Buch's Sons Company, d'Elizabethtown (Pensylvanie), a établi une

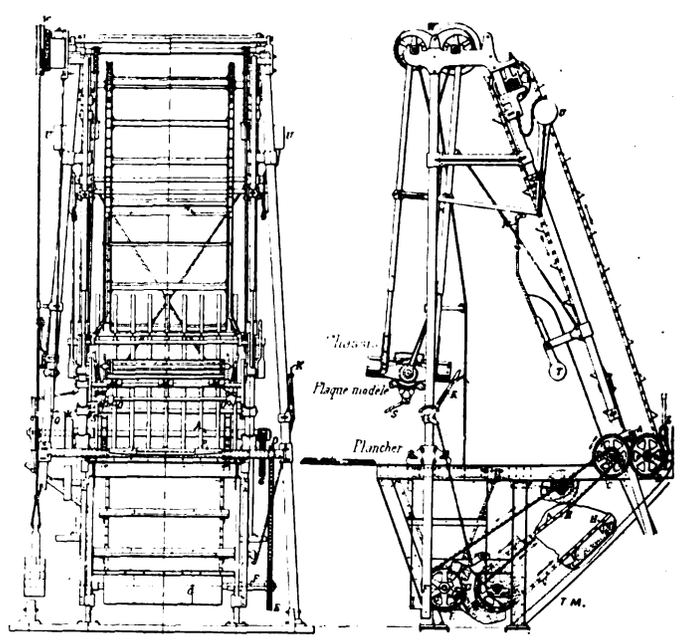


Fig. 147 *(Vue de face).* Fig. 148 *(Vue de côté).*

Fig. 147 et 148. — Machine à mouler par gravité, de A. Buch's Sons Co.

machine à mouler qui ne ressemble en rien à ce que nous avons décrit jusqu'ici, et qui est basée sur le principe du serrage du sable par la gravité. Le sable, élevé par des godets dans lesquels il est comprimé, tombe d'une assez grande hauteur sur le modèle. L'énoncé de ce principe seul fait prévoir une machine volumineuse. En effet, l'examen des deux figures 147 et 148 montre que celle-ci est quelque peu encombrante.

Le pignon A de l'arbre moteur tournant à 270 tours par minute, attaque deux roues dentées : B actionnant un élévateur à godets et C, transmettant par un pignon de chaîne sans fin D le mouvement à un arbre inférieur F. La partie inférieure de la machine est logée au-dessous du sol; elle mesure $1^m,70$ de hauteur et comporte une trémie dans laquelle un ouvrier jette le sable à la pelle. Ce sable tombe d'abord sur un tamis à secousses, actionné par un arbre faisant 200 tours par minute. Au fond de la trémie, un tambour distributeur G projette le sable sortant par une porte J à ouverture réglable, sur l'élévateur à godets H. Celui-ci se charge de sable, comprimé au passage par un pilon L. Lorsque les godets atteignent le sommet de l'élévateur, leur charge est projetée en bloc dans le châssis suspendu par un bâti mobile. L'opérateur manœuvre ce châssis horizontalement, de façon à

Digitized by Google

former d'abord un lit de sable, auquel il en superpose un autre. Une fois le châssis rempli, il rabat un égaliseur N et, par déplacement du châssis, il dresse la surface du sable. Un châssis carré de 200 mm de hauteur et de 1m,20 de côté serait rempli sur cette machine en trente secondes. Chaque godet contient de deux à six pelletées de sable, et la machine peut projeter par minute la charge de 130 godets.

Machine à couler les tuyaux de fonte sans noyau. — Nous avons déjà signalé, à propos de la description des machines Bonvillain, un artifice pour éviter la confection de noyaux indépendants. Dans la fabrication des tuyaux de fonte, la préparation de ces noyaux et leur séchage compliquent la fabrication et augmentent le prix de revient. Depuis longtemps, les fondeurs de tuyaux se sont efforcés, en conséquence, de simplifier la préparation de ces noyaux, soit en employant des noyaux métalliques revêtus d'une mince couche de sable, soit en supprimant totalement les noyaux. Pour cela, on a recours à l'action de la force centrifuge qui doit assurer la répartition uniforme du métal dans le moule. Voici un procédé qui a été imaginé en Suède par M. Molinder, de Soderamm.

L'installation pour la mise en œuvre du procédé Molinder comprend, suivant son importance, un ou plusieurs supports rotatifs horizontaux, accompagnés chacun de plusieurs moules que l'on introduit successivement dans ces supports, au moment d'y verser le métal fondu.

Le support rotatif (fig. 149 et 150) se compose de deux paliers à billes A, dans lesquels tourne un tube conique B, pouvant recevoir, par une chaîne, une courroie ou un câble passant sur une roue ou sur une poulie fixée au milieu de sa longueur, un mouvement de rotation rapide. Dans ce tube conique vient se loger un moule métallique M, également conique, muni de nervures de centrage *a*, sur l'une desquelles viennent s'appliquer les deux segments mobiles *b*, qui sont maintenus par des ressorts *c*, assez puissants pour assurer convenablement le centrage du moule, mais pouvant néanmoins céder lorsque la chaleur dilate le métal de ce moule.

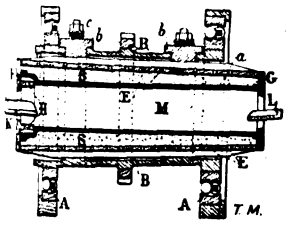


Fig. 149.

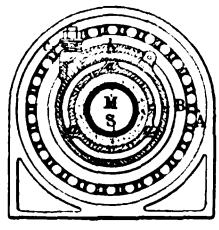


Fig. 150.

Fig. 149 et 150. — Dispositif de machine à couler les tuyaux de fonte sans noyau, système Molinder.

Le moule métallique M reçoit, à l'intérieur, une garniture de sable S, et est percé de nombreux évents E, traversant sa paroi et destinés à donner issue aux gaz dégagés pendant la solidification du métal. Il est partiellement fermé, à ses deux extrémités, par des couvercles F et G, percés chacun d'un trou central et dont l'un, F, porte une saillie annulaire H, qui forme le corps d'un petit noyau pour l'emboîtement du tuyau.

Lorsque le moule M est en place et enfoncé à bloc dans son tube-support, qui le centre automatiquement, même si la chaleur lui a fait prendre, par dilatation, un diamètre un peu plus grand qu'à froid, et après qu'on a, de plus, obturé ses deux extrémités au moyen des couvercles F et G, on introduit, dans les trous de ces derniers, les gouttières K et L, par lesquelles on fait arriver la fonte dans l'intérieur de ce moule, en même temps qu'on imprime au tube de support B un mouvement rapide de rotation. La force centrifuge développée par celui-ci projette et maintient alors le métal fondu contre les parois en sable du moule M, et il suffit de prolonger cette rotation pendant environ cinq minutes pour que ce métal soit assez solidifié pour permettre de retirer le moule M et de le remplacer par un autre qu'on remplit à son tour. Le démoulage des tuyaux se fait naturellement en dehors de la machine.

Le procédé de moulage décrit est, paraît-il, très avantageux au point de vue de la qualité des produits. Le métal est d'une densité supérieure à celle des impuretés et des scories qu'il contient, et, notamment, du graphite qui s'en sépare pendant la solidification; il est le plus fortement chassé vers la paroi de sable et forme, autour du tuyau, une croûte extérieure compacte et étanche, tandis que les impuretés s'accumulent près de la surface intérieure du tuyau, où leur présence n'a aucun inconvénient, et d'où l'on peut même les retirer, au besoin, au cours du travail.

Pour la coulée des tuyaux, il suffit d'imprimer au moule une rotation de vitesse, telle que la pression exercée par le métal soumis à la force centrifuge sur la paroi supérieure du moule soit égale à une colonne de fonte de 20 cm de hauteur. La mise en place du moule, la coulée du métal fondu et l'extraction du moule après solidification des tuyaux demandent huit à dix minutes, de sorte qu'une machine à couler de ce type permet de couler six à sept tuyaux à l'heure. Enfin, une vingtaine de minutes après l'extraction, le moule métallique s'est assez dilaté sous l'action de la chaleur qui lui est transmise par le sable, pour pouvoir être dressé; on fait alors tomber ce sable avec le tuyau.

Moulage en coquilles et en moules permanents. — Lorsqu'on veut donner à la fonte une grande dureté, on la refroidit brusquement dans un moule métallique : le métal se trempe alors et devient à la fois dur et cassant. Les moules métalliques employés pour obtenir ce résultat sont généralement en fonte et portent le nom de *coquilles*. C'est de cette façon qu'on produit notamment, les cylindres de laminoirs. En Amérique, où l'on emploie la fonte pour la fabrication des roues de wagons, la dureté du bandage est obtenue par une partie métallique correspondante du moule en sable. Nous n'insisterons pas sur ce chapitre; toutefois, il y avait intérêt à rappeler ici le fait, parce qu'on tend actuellement, dans certaines branches de la fonderie, notamment aux Etats-Unis, à faire usage de moules permanents.

Comme leur nom l'indique, les moules permanents sont établis de façon à fournir un long service et non à servir, comme les moules en sable, à la fabrication d'une pièce unique. Ils doivent être nécessairement métalliques et cependant, en général, il faut que les moulages produits soient en fonte douce. Le moule métallique trempant la fonte, ainsi que nous l'avons exposé, il fallait donc tourner la difficulté. On y est parvenu, notamment à La Tacony Iron Cy, de Philadelphie, où l'on fabrique aujourd'hui, en moules permanents, des tuyaux en fonte (1). Pour cela, on emploie une machine permettant d'effectuer de façon continue les opérations de la coulée complète. Cette machine se compose d'une table circulaire de 12 m de diamètre portant 30 moules régulièrement espacés, montés sur galets et roulant sur deux voies concentriques. Chaque moule se compose d'un bloc de fonte rectangulaire ayant environ 460 mm de largeur, autant de hauteur et 1m,830 de longueur. Il est coupé suivant une diagonale et pourvu de charnières, de sorte que le demi-moule supérieur forme couvercle. Ces moules complets pèsent environ 3 000 kg chacun et comportent trois trous de coulée qui répartissent le métal en six points de la cavité du moule.

Le noyau, reposant dans le moule sur des coussinets, est constitué par une lanterne en fonte qu'on mouille parfaitement et qu'on fait tourner dans un support spécial, en secouant au-dessus un tamis de sable humide. L'excédent de sable est râclé par un couteau. Ce noyau est mis en place sans séchage.

Une poche de coulée reçoit le métal au sortir du cubilot. Quand la table tourne, un dispositif automatique de fermeture clôt le moule qui arrive à la position de coulée. La poche de coulée s'abaisse automatiquement; un opérateur la fait basculer autour

(1) Ce procédé de moulage, avec un matériel de machines à couler très simple, a été mis à l'essai récemment dans une fonderie allemande et a donné des résultats très intéressants. (N. de l'A.)

Digitized by Google

d'un axe passant par le bec de coulée. Quand la coulée est terminée, l'opérateur relève la poche qui remonte automatiquement à sa position supérieure, pour permettre au moule suivant d'atteindre la position de coulée.

Le moule rempli de métal est tenu fermé pendant un temps suffisant pour que la fonte se solidifie et prenne assez de consistance; un dispositif automatique ouvre alors ce moule et le tuyau, encore à la température du jaune orangé, en est extrait pour être mis en pile et abandonné au refroidissement lent.

La trempe de la fonte est évitée, grâce à l'extraction des tuyaux avant refroidissement dans le moule.

Équipement accessoire.

Sous cette dénomination, nous engloberons ici tous les appareils servant à la préparation et à la manutention du sable de fonderie, de l'argile à noyaux, etc., les étuves, les appareils de levage et de transport, tels que grues, ponts roulants, trolleys aériens, tables transporteuses, etc.

Traiter en détail la construction de ces divers appareils demanderait un volume et sortirait du cadre de cette étude. Nous nous contenterons donc de dire quelques mots de la préparation et de la manutention mécanique du sable.

Le *séchage* du sable se fait dans des étuves à circulation continue. Il suffit de citer le *trommel horizontal* rotatif à malaxeur intérieur et les *étuves verticales à cascades*. Dans ces dernières, dont la construction est analogue à celle des fours de grillage des minerais, le sable est introduit à la partie supérieure et tombe sur un premier plateau. Un arbre vertical, muni de bras râbleurs, et placé dans l'axe de l'étuve, pousse le sable et le fait tomber sur un second plateau, placé sous le premier, où il est repris de même pour tomber sur un troisième plateau, et ainsi de suite.

Des gaz chauds, circulant de bas en haut, sèchent le sable pendant son mouvement de descente. Celui-ci se rassemble dans une chambre collectrice, d'où il est repris par un élévateur à godets.

A titre d'exemple, nous citerons une installation de préparation du sable de fonderie exécutée par la Badische Maschinenfabrik. Nous en reproduisons d'après « Stahl und Eisen » un schéma (fig. 151) et une vue photographique (fig. 152). Le sable neuf, versé dans une trémie L placée à droite, (fig. 151) est monté par un élévateur à godets au sommet d'une étuve verticale J. Il est repris dans la chambre collectrice de cette étuve par un second élévateur qui le déverse sur un crible polygonal I. Les refus de ce crible tombent sur un broyeur à meules verticales et retournent, après broyage, à la chambre collectrice de l'étuve, d'où ils sont remontés par le second élévateur. Le sable neuf, qui passe au crible polygonal, est emmagasiné dans un silo B, d'où l'on prélève la proportion voulue pour alimenter le malaxeur K. Le vieux sable, de son côté, est versé dans la trémie de gauche C et monté, par l'élévateur, à un broyeur à cylindres E, qui le déverse sur un séparateur magnétique F. Après tamisage dans un crible polygonal, dont les refus sont évacués, le vieux sable préparé est emmagasiné dans un silo H qui le distribue. Cet appareil, que surmonte un distributeur de poussier, brasse intimement le mélange de sable neuf, de vieux sable et de poussier de charbon. Un élévateur, reprenant ce mélange, le fait passer dans un désintégrateur pour briser les mottes de sable qui pourraient s'être formées. Du désintégrateur, le sable, prêt pour le moulage, est emmagasiné dans un silo.

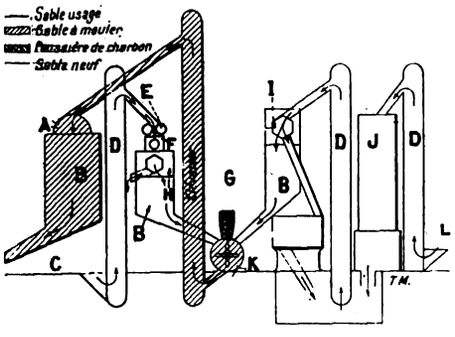


Fig. 151. — Schéma d'une installation de préparation du sable de fonderie. — A, désintégrateur; B, silo; C, vieux sable; D, élévateurs; E, broyeur; F, séparateur magnétique; G, poussier de charbon; H, tamis; I, tamis polygonal; J, étuve; K, mélangeur; L, sable neuf.

Le transport horizontal du sable se fait par des gouttières, par des transporteurs à vis, etc., de systèmes d'ailleurs connus et

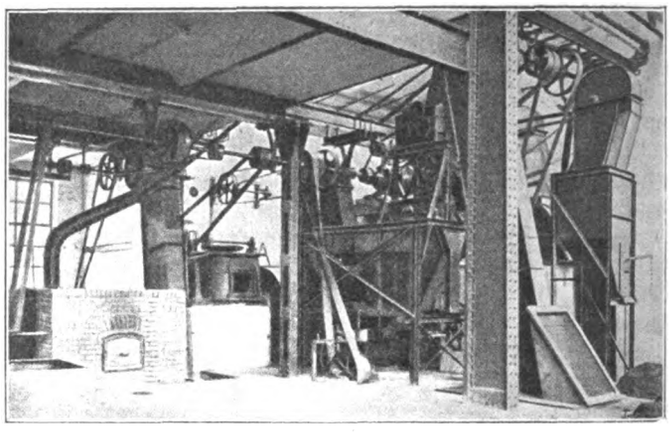


Fig. 152. — Installation de préparation du sable de fonderie.

employés pour d'autres matières en vrac. Le trolley aérien rend également, à ce point de vue, de très bons services.

On peut signaler que, depuis quelques années, la scorie de cubilot est également soumise à une préparation. On a constaté, en effet, qu'elle fournit une excellente matière première pour la fabrication du béton et des pierres artificielles, en sorte que la vente de ce sous-produit est parfois très rémunératrice. Une installation de traitement de la scorie comporte notamment, des bocards et des séparateurs magnétiques.

Ordinairement, on amène les poches aux moules, mais il arrive parfois qu'on préfère amener les moules à un poste de coulée. Dans les fonderies de tuyaux, on se sert pour cela de tables rotatives. Dans la fonderie de la Westinghouse Air Brake C°, à Wilmerding (Pensylvanie), il existe trois jeux de tables transporteuses entre lesquelles sont installés quatre cubilots reliés aux tables par un trolley manœuvré à bras.

Chaque table forme comme une courroie sans fin qui change de direction à chaque extrémité. Les machines à mouler sont placées le long des tables, sur lesquelles les mouleurs peuvent ainsi déposer les châssis qu'ils ont préparés. Ces châssis, entraînés par la table vers la poche de coulée, sont remplis et arrivent devant des ouvriers qui se tiennent à une certaine distance et qui vident les moules. Le sable, tombant dans le sous-sol à travers une grille, est ensuite préparé et repris par un élévateur à godets, qui le déverse dans une gouttière placée sous le toit. Celle-ci est en communication avec les machines à mouler par des chutes verticales fermées par des registres. On voit donc que le sable fait automatiquement un circuit fermé. Les châssis vides sont replacés sur la table transporteuse et les moulages sont enlevés par des wagonnets.

Conclusion. — Au cours de cette étude, nous avons cherché à donner une idée de l'organisation et de l'équipement actuels de la fonderie. Si l'on veut bien se reporter au tableau reproduit au début, et dans lequel M. Joseph Horner met en relief, de façon saisissante, les misères et les méthodes primitives auxquelles était condamné, il y a peu d'années encore, le fondeur de fer et de cuivre, on reconnaîtra qu'un pas immense a été fait, tant au point de vue du bien-être et de l'hygiène de l'ouvrier, que du perfectionnement de l'outillage mécanique.

L. Descroix,
Ingénieur,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

Digitized by Google

AGRONOMIE

LES MACHINES AU CONCOURS GÉNÉRAL AGRICOLE [1]

(*Suite et fin.*)

II. — Instruments pour les travaux d'ensemencement et d'entretien.

Dans le Stand *Gougis* se trouve le nouvel *avant-train système P. Quignot* pouvant être adapté à de nombreux instruments, tels que les bineuses, mais qui présente un intérêt tout spécial pour les semoirs.

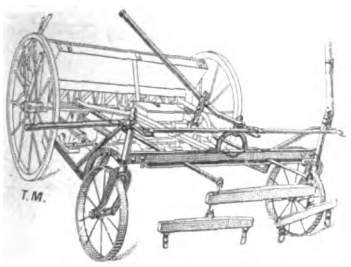
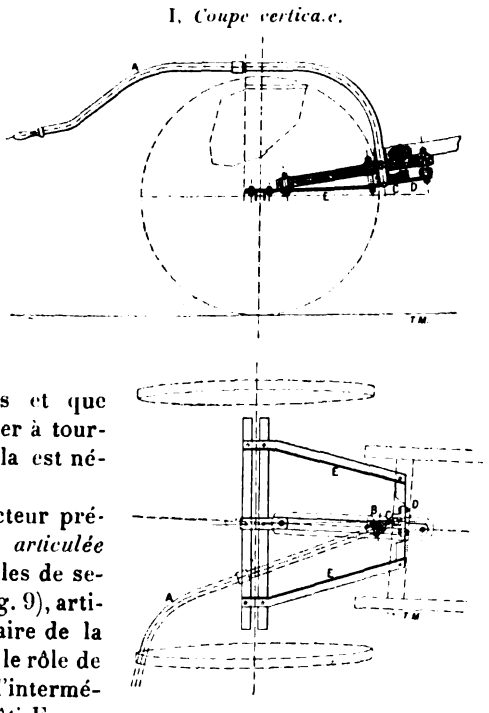


Fig. 8. — Avant-train à roues pivotantes.

C'est une application de la direction automobile aux machines agricoles. Les roues de l'avant-train (fig. 8) sont montées sur des fourches fixées à des axes pouvant tourner dans une longue douille verticale ; elles pivotent librement et sont comparables, à ce point de vue, à la plupart des roues support de timon.

Chaque axe-support est solidaire d'une tige horizontale. Pour que les deux roues suivent le même mouvement et assurent la direction de l'instrument, on a réuni ces tiges par une bielle rigide que l'on commande à l'aide de leviers, soit de l'avant ou de l'arrière du semoir. On comprend que les roues s'orientent dans le même sens et que l'on peut ainsi arriver à tourner sur place, si cela est nécessaire.

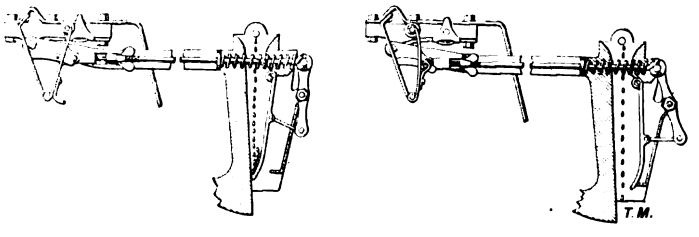


I, *Coupe verticale.* II, *Projection horizontale.*

Fig. 9. — Limonière articulée, système Gougis : I, Coupe verticale en marche normale; II, Projection horizontale lors d'un changement de direction.

Le même constructeur présente une *limonière articulée* pour les petits modèles de semoirs. Le levier A (fig. 9), articulé en B, est solidaire de la pièce C. Celle-ci joue le rôle de levier et agit, par l'intermédiaire de D et du bâti E, sur l'essieu des roues porteuses. On comprend qu'en manœuvrant le levier et sans que la direction de l'attelage varie, on peut maintenir les roues droites ou les obliquer à droite ou à gauche pour déplacer le semoir.

M. Gougis présente aussi un semoir à grains ordinaire auquel on a adopté les *socs à betteraves à distribution mixte, système Oudin*. Ces socs permettent à volonté de semer en lignes interrompues ou en lignes continues, suivant que la palette obturatrice ferme normalement le tube de descente et ne laisse tomber les grains qu'à intervalles réguliers, par suite de l'action d'une came



I, *Distribution en lignes interrompues.* II, *Distribution en lignes continues.*

Fig. 10. — Coupe du soc à distribution mixte, système Oudin.

de commande et d'une série de leviers (fig. 10-I), ou au contraire laisse ce tube constamment ouvert (fig. 10-II). Ce dispositif peut s'adapter à tous les modèles de semoirs.

La *maison Nodet* a modifié le déversoir de sa *distribution* à *cannelures* pour répandre les graines les plus grosses, comme le maïs dent de cheval, sans qu'il puisse se produire de concassage. A cet effet, le déversoir peut prendre des positions variables, réglables à volonté, et assurer ainsi au grain une sortie dont les dimensions sont en rapport avec sa grosseur. Quelle que soit la position du déversoir, l'action du ressort dont il est muni se fait toujours sentir, de telle sorte qu'un corps étranger, de grosseur un peu supérieure à celle du grain distribué, peut s'échapper en faisant céder la plaque sans qu'il y ait détérioration de l'appareil.

M. Martel expose une *planteuse de pommes de terre* basée sur le même principe que le modèle Bajac. Elle se compose (fig. 11) d'une chaîne sans fin, commandée par les roues porteuses, et sur laquelle sont fixées des palettes rapprochées, formant un grand nombre de compartiments *c*, qui se déplacent au fond d'une trémie recevant les tubercules ou les claies de germination.

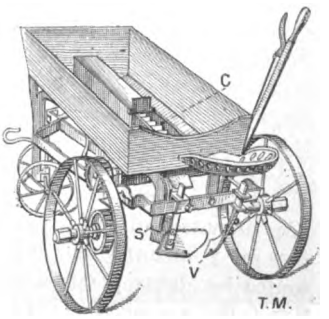


Fig. 11. — Planteuse de pommes de terre, système Martel.

Un homme ou un enfant, assis sur la planteuse, est chargé de placer les tubercules dans les compartiments, ce qui est facile, puisque chacun d'eux reste longtemps visible. La vitesse de la chaîne peut varier suivant l'écartement auquel on désire placer les pommes de terre. A cet effet, on change les pignons de commande et on obtient des écartements variant, de 4 en 4 cm, de 38 à 70 cm.

Les tubercules tombent par l'entonnoir dans le fond de la raie ouverte par un soc avant S, fixé sur l'instrument, et sont recouverts par des rasettes V, placées à l'arrière.

La machine est portée par deux roues principales et munie d'un petit avant-train.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. Ier, n° 5 et 6 (avril et mai 1909), p. 191 et 240; t. II, n° 8 et 9 (avril et septembre 1910), p. 451 et 496; t. III, n° 5 (mai 1911), p. 283; t. IV, n° 8 et 9 (15 avril et 1er mai 1912), p. 297 et 336; t. VI, n° 9 (1er mai 1913), p. 343.

Digitized by Google

Les *distributeurs d'engrais* pour grande culture n'ont pas subi de modifications sensibles, mais quelques constructeurs ont étudié des modèles spéciaux pour la vigne et les cultures arbustives qui placent l'engrais au pied des plantes, c'est-à-dire à la portée des racines.

Dans ces appareils, comme dans les houes interceps, il faut que ce soient les plantes elles-mêmes qui commandent le dépôt de l'engrais.

Le *distributeur Le Parfait*, de la *maison Robillard*, présente un dispositif intéressant à ce point de vue. L'organe distributeur à hérisson est identique à celui des appareils « le Rêve », du même constructeur ; au lieu de tomber en nappe continue sur toute la largeur de l'instrument, l'engrais est dirigé par des plans inclinés dans deux canaux mobiles (fig. 12), terminés par des palettes qui l'écartent sur la ligne de plantes en une nappe étroite d'environ 0m,20 de largeur. Pour que la distribution soit intermittente, le constructeur a placé, sur les canaux de descente, un obturateur mobile commandé par un levier articulé et placé à faible hauteur. Dans la position normale, l'obturateur empêche l'engrais de tomber. Lorsque le levier rencontre un obstacle, un cep de vigne par exemple, il s'efface et rappelle l'obturateur. Le canal de descente correspondant devient libre, l'engrais tombe lentement jusqu'à ce que le levier et, par conséquent l'obturateur, reprennent leur position normale, lorsque le cep est dépassé. On obtient ainsi des jets ou nappes discontinues pouvant atteindre environ 0m,80 de longueur. Il va de soi que le levier ne peut être commandé que par des plantes ou arbustes offrant une certaine résistance.

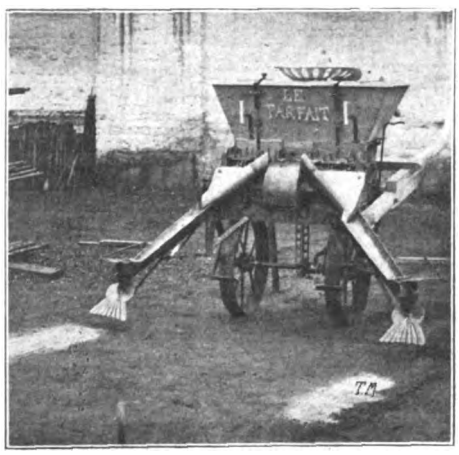


Fig. 12. — Vue du distributeur en nappes discontinues, système Robillard.

Pour les travaux de binage, *M. Brienne* expose une *herse bineuse* particulièrement énergique. C'est un instrument intermédiaire entre la herse ordinaire et la houe à cheval, et qui a été étudié pour le hersage des blés de printemps et celui des plantes en ligne. L'emploi de la houe à cheval est très difficile et demande un conducteur entendu et attentif, le moindre écart causant la destruction complète de la récolte sur toute la largeur de l'instrument et sur une longueur en rapport avec le temps que dure cette mauvaise direction.

Cette herse bineuse produit un travail comparable à la houe ; elle possède, en effet, des dents nombreuses et puissantes disposées pour travailler dans les interlignes, et qui sont fixées sur des fers en *X* faisant entre eux un angle très aigu, de telle façon que toutes les dents placées sur le même *X* passent dans un interligne. Il y a donc, dans la largeur de la herse, autant d'*X* qu'elle doit travailler d'interlignes. Les dents sont recourbées vers l'avant, ce qui leur donne une grande entrure dans le sol. Pour qu'elles n'agissent pas trop profondément, des patins permettent de limiter et de régler cette entrure. Elle comporte à l'avant un avant-train pour la direction, et peut recevoir des lames de rasettes pour le binage de la betterave.

La *houe automobile* des *Etablissements Lagardette*, dite « la Beaujolaise », est basée sur le même principe que la bineuse Bauche dont nous avons parlé l'année dernière. Munie d'un moteur de 6 ou de 10 ch et montée sur deux roues à faible écartement, c'est un appareil léger que l'on dirige de l'arrière à l'aide de mancherons et auquel on peut adapter : 1° 5 pointes, dites bineuses ; 2° une ratissoire en forme de paroir, mais avec lames en *v* raccordées à un soc avant ; 3° un corps de buttoir ; 4° un corps dit déchausseuse. On peut ainsi donner, à la vigne et aux plantes arbustives, les différentes façons qu'exige leur culture Toutes ces pièces sont montées sur un bâti à expansion angulaire pour permettre de faire varier la largeur de travail suivant l'écartement des lignes.

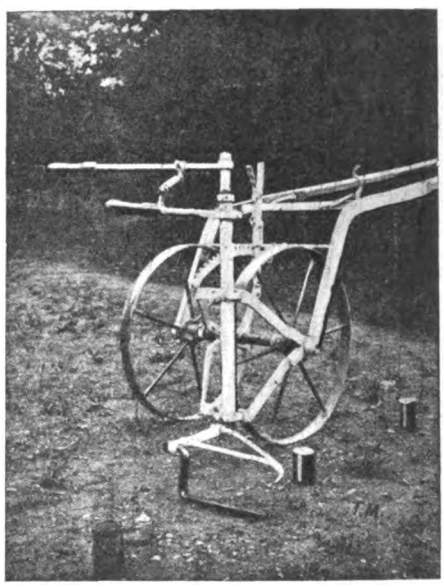


Fig. 13. — Vue de la roue intercep « Le Piochetou ».

L'appareil *le Piochetou, système Legrand de Mercey*, est un intercep dans lequel le déplacement latéral de la lame décavaillonneuse peut être effectué soit à l'aide du protecteur placé à l'avant, soit à la main, en agissant sur un levier lorsqu'on veut éviter un jeune plant qui n'offrirait pas suffisamment de résistance au protecteur. L'appareil, très léger (fig. 13), est monté sur deux roues rapprochées et supporté par un bâti pouvant recevoir des pièces travaillant dans l'interligne. L'outil décavaillonneur est éloigné de l'axe pivotant par un bras d'environ 0m,20, ce qui diminue la course et rend plus douce l'action du ressort.

Dans les *pulvérisateurs*, il convient de signaler plusieurs modèles présentés par les constructeurs du Midi pour répandre sur les céréales les solutions d'acide sulfurique destinées à la destruction des sanves, gesses, etc. C'est la mise en pratique des expériences de quelques professeurs d'agriculture et, en particulier, de M. Rabaté.

Pour le traitement des vignes, M. *Bouchet* a étudié un *pulvérisateur - poudreur* permettant de *pulvériser et de poudrer* dans la même opération.

Il comporte, à cet effet (fig. 14), un réservoir avec pompe et pulvérisateur pour la bouillie, une boîte avec ventilateur et jets pour le soufre ou la poudre, le tout monté sur le même châssis et supporté par deux roues. L'une actionne la pompe, l'autre le ventilateur. Le pulvérisateur, placé à l'avant, comporte une pompe à membrane s'appuyant sur des grilles de forme spéciale.

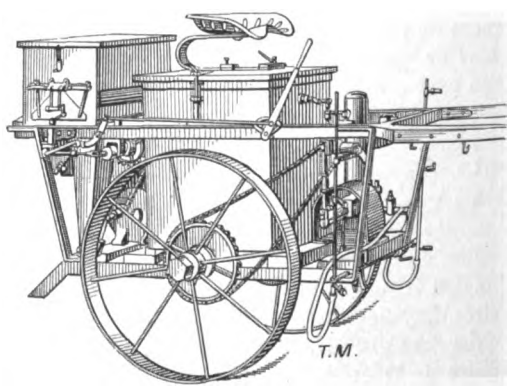


Fig. 14. — Vue du pulvérisateur-poudreur système Bouchet.

Dans la soufreuse, la poudre est désagrégée par un vibrateur détruisant sa cohésion et tombe dans des hottes, d'où un ventilateur puissant l'envoie directement sur les ceps. Deux jets en hauteur et de débit réglable assurent une homogénéité absolue du nuage de soufre.

Digitized by Google

L'appareil peut aussi fonctionner comme distributeur d'engrais; il suffit d'enlever les augets, d'arrêter le ventilateur et l'engrais tombe dans le rang.

Les roues ont 0m,80 de diamètre et 8 cm de largeur de jante. La largeur totale est de 0m,82.

Nous signalerons aussi, dans cette catégorie de machines, la *charrue rigoleuse extensible* des *Établissements Bajac*, qui a été créée à la demande d'agriculteurs de certaines régions qui pratiquent l'irrigation des prairies au moyen de rigoles à section décroissante.

Par le moyen de deux parallélogrammes articulés, supportant chacun un coutre circulaire et un couteau horizontal (fig. 15), on découpe, dans le sol, une bande de profondeur réglée et de largeur croissante ou décroissante, à la volonté de l'opérateur qui agit sur le levier de commande.

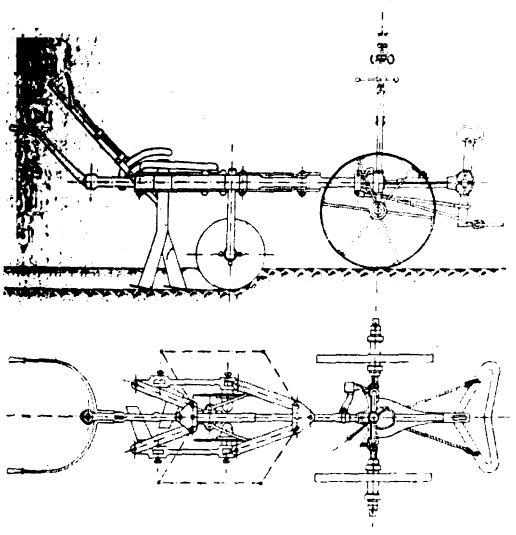


Fig. 15. — Vue de la charrue rigoleuse extensible (élévation et coupe).

Il ne reste plus qu'à soulever par plaques, à l'aide de la bèche, les tranches de gazon découpées ; ces tranches pourront, d'ailleurs, plus tard, être remises complètement en place, s'il y a lieu.

Ces rigoles ont généralement 0m,10 de profondeur sur une largeur de 0m,20 à l'origine, augmentant progressivement jusqu'à 0m,50 pour une longueur de 60 à 80 m.

III. — Appareils de récolte.

Il n'y a pas de modifications sensibles dans les faucheuses, faneuses, rateaux et moissonneuses. Le succès du *rateau-faneur* s'affirme de plus en plus. Nous résumerons ainsi, avec M. Ballu, les qualités de cet instrument : 1° grande propreté du travail; ramassage parfait, n'incorporant ni pierres, ni mousse, ni terre au fourrage; 2° formation continuelle et automatique des roules, constituant une grande supériorité sur la formation discontinue et commandée des tronçons de roules, formés par les anciens rateaux; 3° enfin et surtout, grande perfection des roules formés dont l'intérieur se trouve moelleusement constitué, permettant ainsi à l'air de circuler et dont l'extérieur, à l'aspect peigné et fileté, présente une forme bombée qui s'oppose dans une grande mesure à la pénétration de l'eau.

La réputation de ces rateaux n'est pas surfaite, et ils semblent appelés à jouer un rôle de plus en plus efficace dans les exploitations fourragères.

M. Thieulain présente une *faucheuse automobile* qui semble seulement être un appareil d'étude. Un moteur est monté sur une faucheuse ordinaire Japy, et transmet le mouvement aux roues qui commandent le mécanisme de coupe comme habituellement. Un homme suit derrière et assure la direction, ainsi que la commande du moteur.

Pour les *dossières*, les *avant-trains* et les *roues support de timon*, dont nous avons longuement parlé l'année dernière, le concours général agricole n'apporte pas d'appareils nouveaux méritant d'être signalés. Nous trouvons, par contre, plusieurs *arracheurs* intéressants pour les betteraves et les pommes de terre.

La *maison Degremont*, dont les *arracheurs-décolleteurs* sont maintenant parfaitement au point, n'y a apporté que des modifications de détail.

M. *Guichard* présente une *arracheuse décolleteuse à deux rangs*, avec appareils décolleteurs placés à l'avant et se débarrassant des feuilles en les projetant sur le côté. Le système d'arrachage qui vient ensuite, est composé de socs fouilleurs qui soulèvent la

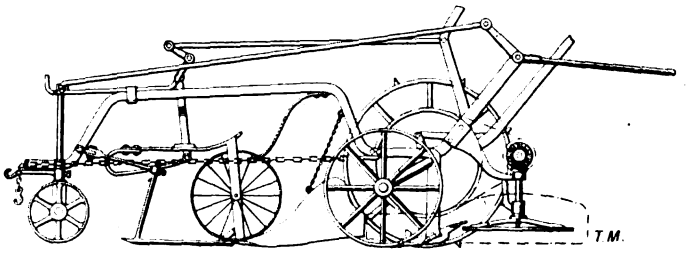


Fig. 16. — Vue schématique de l'arracheuse-décolleteuse « le Progrès ».

betterave et la sortent de terre; au-dessus des socs se trouvent des moulinets munis de griffes à l'arrière, qui envoient les betteraves arrachées sur des grilles mobiles, où elles se débarrassent de la terre et tombent dans une boîte qui les déverse en tas. La distance de ces derniers se règle à chaque bout du champ au moyen d'un appareil compteur, afin qu'ils soient en ligne avec les précédents.

Le *modèle Le Progrès*, *de* MM. *Laloux et Bridoux* (fig. 16), se compose essentiellement d'un bâti monté sur roues et sur lequel sont fixés les organes suivants d'avant en arrière :

1° Une fourche articulée de haut en bas et de droite à gauche destinée à présenter au couteau les collets des betteraves mal alignées, de façon à ce qu'aucun n'échappe à la machine;

2° Un train de petites roues très légères montées en V, la partie la plus large étant ouverte vers le haut, qui ont pour but de prendre les fanes entre elles, de les allonger en hauteur pour bien dégager le vert de la betterave, afin que le couteau puisse couper correctement le collet sans abîmer ni froisser les fanes;

3° Un couteau coupant les collets à hauteur voulue et un déversoir les faisant tomber sur le côté pour qu'ils ne gênent pas l'arrachage;

4° Une arracheuse formée de deux socs disposés en V s'ouvrant en avant qui viennent prendre les betteraves et les font remonter hors du sol;

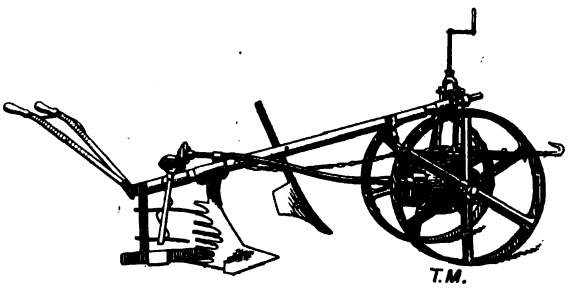


Fig. 17. — Vue de l'arracheuse de pommes de terre, système Méline.

5° Un secoueur, animé d'un mouvement de rotation par l'entremise des roues de l'arrière-train;

6° Deux classeurs, un pour les collets et un pour les betteraves.

La machine paraît légère et cette légèreté même donne quelques craintes pour sa solidité et sa résistance.

M. *Méline* a beaucoup modifié son *arracheuse mécanique de pommes de terre*. Cette machine (fig. 17) comprend un avant-train composé de deux roues motrices, genre roues de faucheuses, sur l'essieu duquel se trouve placé un jeu d'engrenages qui transmettent le mouvement à un hérisson trieur-démêleur situé derrière une charrue spéciale. Celle-ci comporte un soc et un versoir

Digitized by Google

à grille destiné à recevoir la masse de terre soulevée. L'arbre trieur est muni de broches courbées et placé dans une position sensiblement verticale qui peut, d'ailleurs, être modifiée à volonté suivant la nature du terrain et la forme des sillons; il désagrège le pied de tubercules en rejetant les pommes de terre à la surface.

Nous ne dirons rien des arracheurs de pommes de terre à griffes et à fourches, qui n'ont subi que des modifications de détail. Le réglage d'inclinaison des fourches, dont sont munis quelques appareils, constitue cependant un perfectionnement important, puisqu'il permet de faire varier le travail suivant la résistance et la nature du sol.

IV. — Batteuses, presses, instruments d'intérieur de ferme.

La *Société des anciens Etablissements Albaret* a complété sa série de *batteuses* par quelques modèles à moyen rendement, destinés au cultivateur qui veut battre lui-même sa récolte sans avoir recours aux services de l'entrepreneur. Ces machines sont montées sur roulements à billes à rotule pour diminuer la puissance absorbée et réduire le graissage au minimum. Elles peuvent être actionnées électriquement; dans ce cas, la maison supprime les rails tendeurs et les remplace par un tendeur à galet donnant automatiquement une bonne tension de courroie, tout en augmentant l'arc d'enroulement.

Cette maison présente aussi des batteuses en bout, montées avec paliers à billes et étudiées surtout pour la région de l'Ouest.

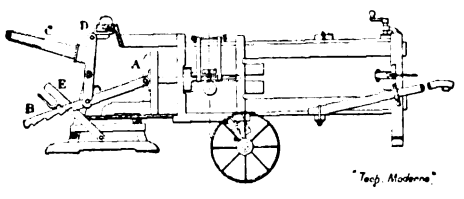


Fig. 18. — Vue schématique de la presse à fourrages, système Senet.

La *maison Lotz* s'est préoccupée de réduire au minimum la quantité de grains pouvant être entraînée avec la paille, et place entre les secoueurs de la batteuse et l'élévateur de paille un second jeu de secoueurs qui a, en outre, l'avantage de permettre une disposition facile du matériel dans les espaces restreints. On peut, par exemple, placer les secours secondaires et par suite l'élévateur perpendiculairement à l'axe longitudinal de la batteuse.

La *Société franco-hongroise* a exposé une puissante batteuse très remarquable par la grande longueur de ses secoueurs et par la parfaite disposition de ses organes étudiés, aussi bien dans le but d'éviter les engorgements que de produire un travail parfait.

Dans les *presses à fourrages*, nous ne dirons rien des modèles à grand travail, maintenant bien au point et donnant toute action satisfaisante. C'est surtout dans la catégorie des *presses à bras* que l'on manque d'instruments pratiques. M. *Senet* expose un modèle ingénieux que l'on actionne à l'aide d'un levier, mais dans lequel les bottes sortent d'une façon continue comme dans les presses à moteur. La figure 18 en représente une coupe longitudinale. Ce modèle, qui est normalement monté sur deux roues, comporte un couloir de section rectangulaire présentant une ouverture dans la paroi supérieure pour l'introduction du fourrage, et dans lequel se meut un piston A que l'on actionne par la tige B, soit directement à l'aide du levier C, soit indirectement par l'intermédiaire du second levier E. Dans le premier cas, on obtient un avancement rapide du piston, ce qui permet d'opérer vite lorsqu'on commence à comprimer les balles. L'emploi du levier secondaire E n'a lieu qu'à la fin pour obtenir une densité élevée.

On place entre les balles successives des cloisons séparatrices qui avancent avec elles et dont le recul, sous l'effet de l'élasticité du fourrage, est empêché par suite d'arrêts spéciaux placés à l'intérieur du couloir.

Ces balles se lient exactement comme celles obtenues avec les presses à grand travail, et un dispositif permet d'en faire varier la densité.

Dans les *instruments d'intérieur de ferme*, on tend de plus en plus à remplacer les anciennes buanderies par les *cuiseurs à vapeur*, qui sont plus économiques au point de vue du combustible et donnent des aliments de meilleur goût. On arrive même ainsi à faire accepter des tubercules ayant subi un commencement de détérioration, un peu pourris par exemple, alors que, cuits à l'eau, ils sont impitoyablement refusés par les animaux. Ces appareils sont aussi très appréciés à cause de leur dispositif à bascule qui permet de les vider et de les nettoyer très rapidement.

V. — Appareils vinicoles.

La *maison Mabille* a perfectionné son appareil de serrage au moteur, en y adaptant un *système de remonte à grande vitesse* s'appliquant aux cas où une lourde charge est boulonnée à cet appareil et ne permet pas de le remonter à la main. La partie inférieure ne présente rien de spécial; c'est le dispositif de serrage habituel du constructeur au-dessus duquel est fixé un second système, beaucoup plus simple, servant à la remonte. Lorsqu'on veut relever la charge, il suffit donc de prendre les deux clavettes dans les bielles de serrage du dispositif inférieur, et de les introduire dans les alvéoles du système de remonte qui s'effectue à grande vitesse, soit environ 0m,15 par minute.

On trouve, dans le même stand, une *installation continue amovible*, se composant d'un élévateur, d'un fouloir-égouttoir-égrappoir et d'une presse continue munie de son débourbeur.

Cette installation forme un tout rigide et n'exige, pour la pose, aucun scellement, ni travail de terrassement ou de maçonnerie.

L'encombrement est d'environ 6 m de long, 2m,50 de large et 4m,25 de hauteur. L'élévateur amène la vendange au fouloir-égouttoir-égrappoir, situé sur un plancher à 1m,60 de hauteur, dont l'accès est facilité par une petite échelle. Les jus provenant de l'écrasement des grains s'écoulent dans un bassin collecteur situé en dessous, tandis que les rafles se séparent automatiquement dans l'égrappoir. Les grains égouttés tombent ensuite dans la presse pour y terminer leur pressurage; les jus s'écoulent dans un débourbeur, où ils sont débarrassés des matières en suspension et viennent se réunir aux moûts d'égouttage dans le bassin collecteur. Les marcs tombent à l'extrémité complètement asséchés. La marche est automatique et ne nécessite qu'un seul homme pour la surveillance.

Au rez-de-chaussée, sous le fouloir-égrappoir, se trouve un plancher permettant la fixation d'une pompe à vin, commandée par poulie. Un emplacement y est également réservé, au cas où l'on dispose du courant électrique pour y fixer un moteur actionnant directement la transmission. La force absorbée est de 8 ch pour un débit de 2500 kg.

La *maison Simon*, sans présenter d'appareils nouveaux, s'est appliquée à réaliser de petites installations transportables, réunissant plusieurs appareils sur un même bâti, et qui intéressent à la fois l'entrepreneur et le cultivateur qui possède plusieurs exploitations, et se trouve entraîné à de trop gros frais en munissant chacune d'elles de tous les instruments de cidrerie ou vinification.

Dans la catégorie des *presses hydrauliques*, nous avons cité, l'année dernière, celles de la *maison Mayfarth*, qui sont très appréciées en Allemagne et commencent à se répandre dans l'Ouest.

La *maison Marmonnier* présente une *presse à maies roulantes* en acier. La pompe, à vitesse décroissante, est munie d'un système de compresseur qui donne automatiquement, avec un seul piston actionné par manivelle et volant, les variations de vitesses les plus favorables au pressurage rapide et complet des marcs. On obtient d'abord une montée rapide (6 à 7 cm environ par minute)

Digitized by Google

pour faire porter la charge contre le plateau-presseur; à partir de ce moment, la vitesse de serrage décroît à mesure que la pression augmente et peut se régler à volonté; elle devient automatiquement nulle, c'est-à-dire qu'il y a arrêt de la pression, à un maximum que l'on peut également régler.

La force absorbée par la pompe est très faible et sensiblement la même pendant toute la pressée, quelle que soit la pression atteinte; on peut très bien l'actionner à la main.

VI. — Appareils de laiterie.

Sous le nom de *laiterie à turbine baltique*, la *maison Gaulin* expose un groupe complet et peu encombrant convenant très bien pour les stations de pasteurisation et d'écrémage et pouvant traiter 750 litres de lait à l'heure. Il se compose d'une chaudière à vapeur, d'une écrémeuse et d'un pasteurisateur, dont l'encombrement ne dépasse pas $1^m,10 \times 1^m,40$. La chaudière à tubes d'eau horizontaux a une surface de chauffe de $3\ m^2$, fonctionne à 7 kg et produit normalement 75 kg de vapeur à l'heure. L'écrémeuse et le pasteurisateur sont installés sur un bâti commun, et commandés par une turbine à vapeur montée dans la partie inférieure du bâti de l'écrémeuse et actionnant directement le bol. Le pasteurisateur est construit sur le principe de la récupération, c'est-à-dire que le lait froid, aussitôt versé dans l'appareil, est chauffé par le lait pasteurisé qui en sort. La vapeur d'échappement de la turbine est conduite au centre du pasteurisateur, où elle se condense après avoir chauffé le lait. L'eau ainsi obtenue est reprise par une pompe alimentaire et refoulée dans la chaudière.

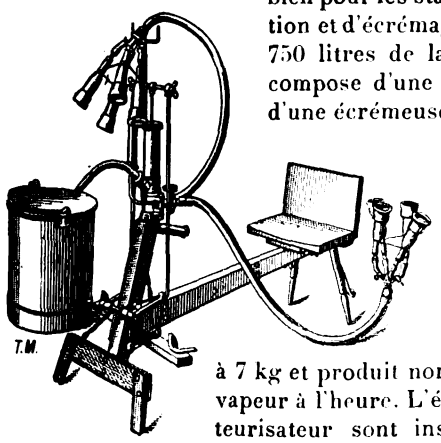


Fig. 19. — Vue d'une machine à traire à pédale.

Le lait est conduit dans le pasteurisateur, soit directement du bac de réception du lait, soit au moyen d'une pompe lorsque ce bac de réception est trop bas. Après avoir été pasteurisé, il est refroidi par le lait qui arrive et se trouve à la température nécessaire à l'écrémage.

Dans les appareils de laiterie, il convient de signaler la place importante prise par les *machines à traire*, dont la liste s'allonge de plus en plus. En dehors des modèles présentés en 1912, nous avons trouvé plusieurs *machines à pédales* permettant de traire deux vaches à la fois. L'ouvrier, assis sur un siège (fig. 19), fixé sur le bâti de l'instrument, actionne les pédales qui font fonctionner une pompe à vide, d'où partent les canalisations allant aux tubes trayeurs. Il se produit ainsi, dans ces tubes, un vide partiel qui imite la succion du veau.

La *machine à traire Sharples* est également un modèle à succion nécessitant une installation générale avec conduite de vide, comme les modèles Max, Lawrence-Kennedy-Gilliès et Wallace. Le phénomène de succion produit par le vide est accompagné d'un massage du pis de bas en haut pour rétablir une circulation normale du sang et décongestionner le pis. Les périodes de succion et de contre-pression se succèdent à la vitesse d'environ 50 à la minute.

Dans le *modèle Galakton*, on opère uniquement par pression. La machine comporte quatre trayeurs disposés entre deux plateaux circulaires percés de trous; on peut rapprocher ou éloigner ces trayeurs, de façon qu'ils se trouvent à une distance en rapport avec la conformation de la bête. Chaque compresseur est formé d'une série de pièces mobiles superposées, ou doigts articulés autour d'un axe vertical, qui agissent successivement sur le trayon en le comprimant sur une partie fixe en métal étamé, comme le font les doigts du vacher contre la paume de la main. Les pièces mobiles sont actionnées par une série de cames; chacune d'elles agit successivement sur les doigts des quatre compresseurs placés au même étage par rapport aux plateaux circulaires.

Le lait est recueilli dans un entonnoir collecteur et le tout soutenu par un harnais que porte l'animal. La commande des cames actionnant les pièces mobiles se fait à l'aide de flexibles reliés à une transmission générale.

VII. — Moteurs.

On dit vulgairement que l'Agriculture manque de bras; elle ne manque certainement pas de moteurs, si on en juge par le nombre des modèles exposés. Cette section est incontestablement l'une des plus importantes du Concours général agricole, et il est agréable de constater que les types s'uniformisent beaucoup depuis quelques années, ce qui prouve qu'on a trouvé les modèles qui plaisent.

Nous ne dirons rien de la plupart des moteurs à essence, modèles devenus presque classiques, à marche lente, de construction moyennement robuste, qui sont simples et fonctionnent parfaitement.

La *maison Dubois-Rousseau* présente, pour la première fois, son *moteur sans soupape*, qui a le mérite d'une très grande simplicité. Ce moteur ne possède aucune complication dans le cylindre où se meut un piston ordinaire. Toute son originalité se trouve dans un distributeur spécial placé en tête du cylindre perpendiculairement à son axe. Ce distributeur a la forme d'un tube, dont une partie a été enlevée vers le milieu pour former une fenêtre longitudinale pouvant faire communiquer l'intérieur avec le cylindre. Les deux extrémités ont simplement été fendues suivant l'une des génératrices de façon que ce cylindre puisse, sous l'effet de la pression, s'ouvrir légèrement pour s'appliquer bien exactement contre la paroi interne qui le renferme. Ce distributeur est disposé de façon à pouvoir communiquer avec l'intérieur du cylindre et avec les tuyauteries d'admission et d'échappement suivant la position dans laquelle il se trouve; il peut osciller sous l'action d'une bielle unique, commandée par une came tournant à la demi-vitesse du moteur.

La figure 20 représente les positions qu'il occupe pendant les périodes d'admission, compression, détente et échappement, et fait comprendre immédiatement le fonctionnement.

Le distributeur reste fixe pendant le deuxième et le troisième temps. Son élasticité joue alors un rôle important, car elle lui permet d'appuyer fortement contre la paroi sous l'effet de la pression, de telle sorte qu'il ne peut pas se produire de fuites.

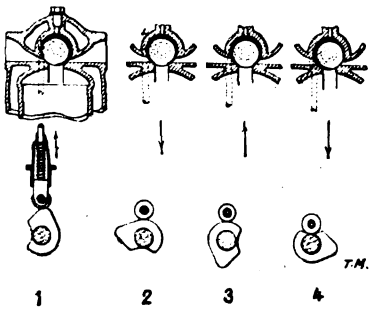


Fig. 20. — Principe de la distribution dans le moteur sans soupapes, système Dubois-Rousseau.

Il va de soi que cette distribution peut s'appliquer aussi bien aux moteurs à plusieurs cylindres qu'aux monocylindriques.

La *maison Bellier* présente une *locomobile à essence* d'une très grande simplicité; elle comporte un solide châssis métallique, monté sur roues fer et bois, et sur lequel est fixé un moteur horizontal à un seul volant de grand diamètre présentant les particularités suivantes : allumage par magnéto oscillante Bosch à basse tension et tampon d'allumage, régulateur agissant sur l'admission. Le refroidissement s'opère sans circulation; une quantité d'eau importante entoure le cylindre et remplit le carter

Digitized by Google

qui entoure le moteur, constituant ainsi un réfrigérant à grande surface.

Dans la catégorie des *moteurs à gaz pauvre*, la *maison Douge* présente un nouveau gazogène, dont la figure 21 donne une coupe schématique. La caractéristique fondamentale de cet appareil est que la zone en ignition est automatiquement enserrée entre deux nappes de vapeur. On obtient ainsi du gaz à l'eau, dont le pouvoir calorifique atteint environ 1,7 fois celui du gaz à l'air.

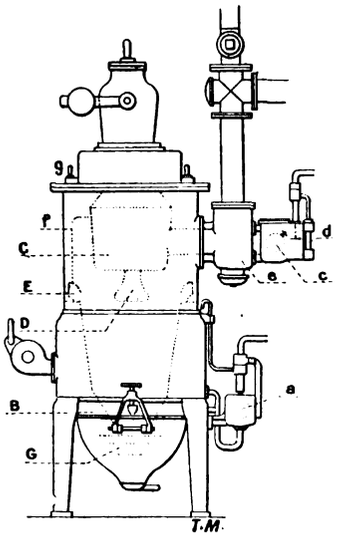


FIG. 21. — Coupe schématique du gazogène, système Douge.

Ce gazogène comporte, au-dessus de la grille à étages G, une chaudière annulaire inférieure B, alimentée à niveau constant par le flotteur *a*. La vapeur engendrée se surchauffe dans un espace annulaire et se rend directement au foyer. Une seconde chaudière annulaire se trouve en C, au-dessus de la première, et est également alimentée à niveau constant par le flotteur *c*, dont le fonctionnement est contrôlé par le tube de niveau *d*.

L'eau, avant son entrée à la chaudière C, est préalablement chauffée en *e* par les calories que le gaz abandonne à sa sortie.

La pièce D est une tuyère centrale, par laquelle s'injecte, au centre de la surface de la zone de combustible en ignition, la vapeur surchauffée engendrée par la chaudière C. Cette vapeur arrive également par l'anneau circulaire E, en communication avec la chaudière supérieure par les canaux *f*.

L'injection en double nappe de la vapeur sur la surface supérieure de la zone en ignition abaisse la température de cette zone et la chaudière diminue d'activité, mais celle du bas se trouve alors d'autant plus impressionnée et la nappe de vapeur qu'elle produit vient agir concurremment avec la double nappe supérieure.

La *Société franco-hongroise* présente aussi un *moteur à gaz pauvre*, monté en locomobile, qui produit du gaz à l'eau par suite

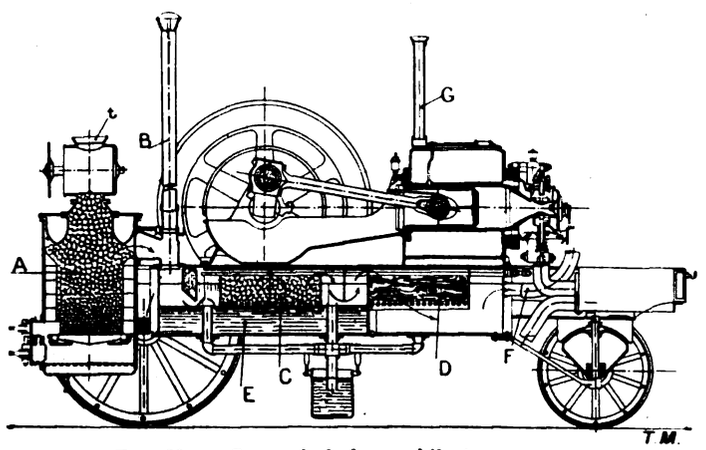


FIG. 22. — Coupe de la locomobile à gaz pauvre système de la Société Franco-Hongroise.

du passage d'une certaine quantité de vapeur d'eau au travers d'une colonne de combustible incandescent.

Sur un châssis robuste, supporté par quatre roues à larges bandages, sont montés le gazogène et le moteur, ainsi que les épurateurs et tous les accessoires nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble.

Le gazogène A (fig. 22), placé à l'arrière, peut utiliser du bois, du coke ou de l'anthracite que l'on introduit par la trémie *t*. L'allumage s'effectue soit en ouvrant la cheminée B et en soufflant sous la grille à l'aide d'un ventilateur à main, soit en faisant la mise en marche du moteur à l'essence, ce qui est prévu dans la construction de la locomobile et produit alors une aspiration active dans le gazogène. Si nous supposons que la combustion soit commencée, le fonctionnement se produit comme suit : l'eau est amenée goutte à goutte sous la grille du gazogène ; elle se vaporise, traverse le combustible en ignition, et donne naissance à un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène. Ce mélange gazeux arrive par l'aspiration du moteur aux épurateurs C et D. Le premier est rempli de coke, et possède à la partie supérieure une rampe servant à faire couler de l'eau sur la couche de coke. Celle-ci baigne à sa base dans l'eau contenue dans le réservoir E. Pour arriver au premier épurateur, le mélange gazeux est donc obligé de traverser une légère couche d'eau où il se refroidit ; il pénètre alors dans la couche de coke, où il abandonne la plus grande partie des impuretés qu'il contient. De là, il est aspiré vers le second épurateur D, rempli de copeaux, de paille de bois ou encore de gros foin qu'il traverse de haut en bas, en y abandonnant des poussières et de la vapeur d'eau. Le gaz va ensuite directement au moteur par la tuyauterie F.

La construction générale de cette locomobile est extrêmement soignée. Le moteur est muni d'un système de refroidissement sans circulation. Le cylindre est entouré d'une quantité importante d'eau, dont une partie s'évapore et s'échappe par la cheminée G, en produisant un abaissement de température suffisant pour que le moteur ne chauffe pas. Le régulateur agit sur l'admission, et l'arbre vilebrequin est muni de deux lourds volants qui régularisent le fonctionnement tout en produisant une réserve d'énergie importante.

VIII. — Matériel de transport. Machines diverses.

La maison *Lachat* expose une voiture à bras, destinée surtout aux livraisons dans les villes, que nous nous permettons de signaler à cause des accidents qu'elle permet d'éviter. Cette voiture est munie d'un dispositif, fixe ou articulé, qui consiste en deux petites roues, placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière et supportées chacune par un cadre fixé sous la voiture.

En dehors des deux grandes roues porteuses, la voiture se trouve ainsi soutenue par deux autres roues, qui l'empêchent de se renverser lorsque le conducteur est victime d'une chute, d'une défaillance ou d'une collision. Pour permettre le chargement ou le déchargement, ces roues, avec leur cadre, peuvent être ramenées sous la voiture, pour permettre de l'acculer. Pendant la marche, elles facilitent le travail de l'homme puisqu'il n'a plus à s'occuper de maintenir l'équilibre du véhicule.

La *maison Pilter* a présenté un *groupe frigorifique* convenant pour châteaux, villas, hôtels, restaurants, etc., et qui peut rendre des services dans les petites agglomérations où l'on ne trouve généralement pas de glace.

Ce groupe comprend un compresseur et un petit moteur à essence, montés sur le même socle, et un meuble dont une partie constitue une fabrique de glace, permettant aussi de frapper les carafes ; l'autre est aménagée pour recevoir les denrées à conserver, sous l'action du froid transmis à l'air intérieur par le contact de la chambre à glace. La force demandée est d'un 1/2 ch et on peut produire jusqu'à 6 kg de glace à l'heure.

Nous signalerons enfin, dans les appareils divers, les *machines rotatives imprimant à froid* les planches pour caisses d'emballage, qui ont été présentées par les *Ateliers Fournier-Forquignon*, et qui peuvent donner plusieurs milliers d'impressions à l'heure. Ces machines sont disposées pour fonctionner à la main ou au moteur ; elles impriment en toutes couleurs.

H. PILLAUD,
Ingénieur-agronome.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Véhicules de chemins de fer à essieux non parallèles.

Ce type de véhicule a fait antérieurement l'objet d'une description (1) dans laquelle ont été exposés, d'une manière générale, les principes et les avantages du mode particulier de suspension de la caisse sur les organes porteurs.

Il a été dit, notamment, pour ce qui concerne son adaptation aux essieux moteurs, dans le cas particulier du moteur à traction électrique, que le dispositif avait dû être étudié de telle sorte qu'il fût possible de ménager le logement de l'appareillage électrique entre les longerons, et qu'il avait fallu, pour cela, supprimer les entretoises transversales et diagonales, et faire disparaître le pivot central.

Bien entendu, cela ne veut pas dire que le bogie n'est pas, comme à l'ordinaire, mobile sur un pivot central, mais simplement que ce pivot ne constitue pas, comme dans le cas d'un bogie porteur, le point d'articulation de chacun des deux essieux.

Il convient aussi d'ajouter, en ce qui concerne le matériel du Métropolitain de Paris, dont il a été fait mention (1), que le dispositif existant de bogie rigide, n'est pas du type Warner, non plus qu'un autre dispositif sans pivot, à essieux libres, en service sur la même Compagnie.

Dans toute voiture à essieux Warner, chaque pivot d'essieu peut être le pivot même du bogie (cas du bogie porteur), ou être, au contraire, distinct de celui du bogie, de sorte qu'il y ait trois pivots au lieu d'un (cas du bogie moteur).

Le but essentiel qu'on s'est proposé d'atteindre, dans l'étude du dispositif à essieux non parallèles, consiste à donner, à chacun des essieux, une action directrice propre, sans aucune dépendance entre cet essieu et l'essieu voisin, contrairement à ce qui se produit inévitablement dans les véhicules à essieux rigides, ou même dans les véhicules à bogies, pour les essieux d'un même châssis.

Les véhicules à essieux rigides et parallèles, qui ne possèdent pas, eux-mêmes, de propriété de direction, se déplacent très irrégulièrement sur la voie, en prenant contact alternativement avec l'un et l'autre rail, et l'on a reconnu que les résistances propres à l'action des boudins sur les rails représentent une forte proportion : 30 à 40 °/₀ des résistances totales que doit vaincre l'effort de traction.

Dans le cas particulier des véhicules à bogies, la résistance propre à l'action des boudins varie pour deux causes différentes : en premier lieu, elle dépend du rapport du poids des deux bogies au poids total du véhicule ; en second lieu, elle varie en raison inverse de l'empattement des essieux, par suite de l'inscription anormale que tend à prendre dans la voie le quadrilatère formé par un bogie, quand son empattement est de faible importance.

Le tableau I, dont les chiffres résultent d'une étude très complète (1) et se rapportent, pour chacun des types considérés, à des conditions identiques (même jeu de voie, vitesse de 64 km à l'heure), montre comment les résistances propres à l'action des boudins sur les rails et, en conséquence, la résistance totale, varient pour les raisons indiquées précédemment.

C'est ainsi que, dans les deux cas extrêmes, bien que les véhicules soient de même poids, la résistance totale du véhicule à bogies moteurs est supérieure de 45 °/₀ à celle du véhicule à bogies porteurs.

Si l'on compare les résistances propres à l'action des boudins, déterminées par rapport au poids supporté de la caisse (cette dernière étant considérée comme charge utile), on remarque que la résistance des bogies moteurs est, suivant les cas, de deux à trois fois supérieure à celle des bogies porteurs.

Il en est de même pour l'action destructive correspondante de chaque type sur la voie, et ceci explique l'usure et la déformation rapides des voies dans le cas de la traction électrique.

Bien que l'on puisse s'en étonner *a priori*, il arrive assez fréquemment, même dans le cas de bogies simplement porteurs, que le rapport du poids des deux bogies au poids total du véhicule soit assez grand, et que l'empattement des essieux soit assez faible pour que les résistances d'un véhicule à bogies, résultant de ces deux causes combinées d'accroissement, soient égales, ou même supérieures, à celles que présenterait un véhicule à essieux parallèles de même poids.

Dans le dispositif à essieux non parallèles, les deux causes précitées d'augmentation des résistances sont très notablement atténuées.

Tout d'abord, les essieux, au lieu de former, par paires, une masse indivisible, dont le poids total exerce sur les rails des efforts dans lesquels chaque essieu est solidaire de l'essieu voisin, s'inscrivent isolément dans la voie et n'exercent, sur celle-ci, qu'un effort isolé, nettement inférieur à la moitié de l'effort total

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DE DIFFÉRENTS DISPOSITIFS DE BOGIES.

COMPAGNIES de chemin de fer	TYPE de bogies	POIDS d'un bogie complet en tonnes	POIDS de la moitié de la voiture en tonnes	EMPATTEMENT du bogie en mètres	RÉSISTANCE des boudins (1) en kg par tonne	RÉSISTANCE totale (1) en kg par tonne	RÉSISTANCE des boudins par tonne supportée par le bogie en kg par tonne	PUISSANCE des moteurs par bogies en HP
London and South-Western.	Porteur.	4,75	16	2,440	1,5	3,4	2,1	»
Great Northern and City .	Porteur.	3,45	9,5	1,860	2,4	4,3	3,7	»
Great Northern and City .	Moteur.	6	14,1	1,860	2,8	4,7	4,8	125
Manhattan Electric	Porteur.	3,30	9	1,700	2,7	4,6	4,2	»
Manhattan Electric	Moteur.	10,10	20,9	2,080	2,9	4,8	5,6	400
Indiana Union Traction . .	Moteur.	8,28	16,6	1,830	3,3	5,2	6,6	150

(1) Les résistances propres à l'action des boudins et les résistances totales sont déterminées par rapport au poids total des véhicules.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 336.

(1) Faite par Ch. Ashley Carus Wilson, MA, Assoc. M. Inst. C. E. Voir : *Proceedings of civils Engineers*, vol. CLXXI, session 1907-1908. Part. I. The predetermination of train resistance.

Digitized by Google

qui correspondrait à la masse entière d'un bogie rigide à essieux parallèles.

Dans le cas du bogie à essieux parallèles, aux résistances provenant de la masse totale, viennent inévitablement s'ajouter celles qui résultent des réactions latérales exercées par un essieu sur l'autre; ce sont ces dernières que permet de faire disparaître le bogie Warner, de sorte que, pour un véhicule entièrement pourvu de ce dispositif, le poids total intervient seul, sans aucun des éléments additionnels qui sont fonction de ce poids.

En ce qui concerne les résistances provenant de l'obliquité que peut prendre dans la voie un bogie à faible empattement, leur disparition dans le dispositif à essieux non parallèles provient du rappel constant des essieux en position normale, exercé par le poids de la masse portée sur les organes de suspension.

En outre, en supprimant les surfaces d'appui, on fait disparaître en même temps les frottements au contact de ces surfaces d'appui ou glissières qui, avec le dispositif ordinaire, réduisent beaucoup trop la mobilité du bogie, sous l'action des surcharges latérales provenant de la force centrifuge, ou de toute autre force d'inertie.

Ces inconvénients disparaissent avec l'emploi du système Warner, grâce à des supports latéraux de frottement convenables qui rendent la caisse plus stable; en outre, ces supports présentent l'avantage, déjà signalé, de détruire le serpentement des bogies sur la voie. A. Sabourin.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Lancement des cuirassés « Provence » et « Bretagne ».

Le ministre de la Marine a assisté le 20 avril, à Lorient, au lancement du cuirassé *Provence*, le 21 à Brest au lancement du cuirassé *Bretagne*. Ces deux bâtiments ont été construits par les arsenaux de la Marine sur les plans de M. Doyère, directeur du génie maritime, chef du Service technique des constructions navales.

La mise à l'eau s'est effectuée dans les plus brillantes conditions, suivant le procédé classique du lancement sur coulisse unique avec coulisses latérales formant un appui éventuel. Le ralentissement et l'arrêt rapide après l'entrée dans l'eau, nécessité dans les deux ports par le peu d'espace disponible, étaient réalisés par l'emploi de bosses cassantes.

L'ordre de mise en chantier des deux bâtiments étant du 1er mai 1912, la mise à l'eau a donc eu lieu moins d'un an après l'ordre de construction. Le montage sur cale avait été commencé en juillet; le déplacement des bâtiments au moment du lancement étant d'environ 8 000 t, la production journalière de matières ouvrées, produites par les ateliers de charpentage et de tôlerie et montées sur les chantiers, a donc atteint une moyenne de 30 t environ. Ce chiffre donne une idée du travail continu et méthodique réalisé par nos deux arsenaux.

Les deux cuirassés *Provence* et *Bretagne*, prévus au programme naval, auront, une fois terminés, un déplacement voisin de 24 000 t. La vitesse prévue est de 20 nœuds. Ils sont cuirassés à 30 cm. Leur armement comprend 5 tourelles de 2 canons de 34 cm et 22 canons de 14 cm en réduits blindés. G. M.

Le paquebot « Aquitania ».

Les établissements John Brown, de Clydebank (Ecosse), viennent de mettre à flot ce navire qu'ils construisent pour la Compagnie Cunard. Ses dimensions, très légèrement inférieures à celle de l'*Imperator*, sont les suivantes :

Longueur hors tout	275 m
Largeur	29m,60
Tirant d'eau	10m,36
Déplacement	50 200 t
Puissance prévue	60 000 ch torsiométriques.
Vitesse prévue	23 nds 5

Par rapport aux derniers grands paquebots mis en service, on a réalisé dans la construction de celui-ci une plus grande résistance de la charpente, un plus grand développement de la division intérieure, et partant, une plus grande sécurité.

La coque est subdivisée en 125 compartiments étanches, dont 41 dans le double-fond. La machinerie est répartie en 5 compartiments distincts, les chaudières dans 4, et le long de ces derniers règnent 2 cloisons longitudinales sur une longueur de 137 m. La plupart des cloisons transversales montent jusqu'à 5m,80 au-dessus de la ligne de flottaison. Celles qui limitent les compartiments des machines sont attachées à la coque, sur les côtés, par une tôlerie en V, qui diminue les probabilités d'envahissement de 2 compartiments après un choc à cet endroit.

Le navire portera 90 embarcations dont 2 automobiles. Les emménagements intérieurs sont disposés pour loger 4 230 personnes : 660 passagers de 1re classe, 698 de 2e, 1 900 de 3e et 972 personnes composant le personnel du bord. *Aquitania* sera conduit par 4 hélices, ses turbines seront disposées comme celle du paquebot *France* en série à triple détente. Les chaudières seront au nombre de 21, à double façade, représentant une surface de chauffe totale de 12 900 m².

Le bâtiment aura des réservoirs amortisseurs de roulis.

Le lancement et la prochaine mise en service de ce navire ont nécessité l'élargissement à 180 m de la Clyde et l'approfondissement du chenal. C. N.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Dynamos-transformatrices du Dr P. Angebaud (1).

Les dynamos-transformatrices à tensions simultanées et multiples du Dr Angebaud sont principalement destinées aux usages médicaux, aux laboratoires d'enseignement et aux fabriques de lampes à incandescence.

Les dynamos Angebaud sont constituées par deux induits montés sur le même arbre et tournant dans le champ d'un même système inducteur, rappelant celui qui avait été imaginé jadis par M. Marcel Deprez.

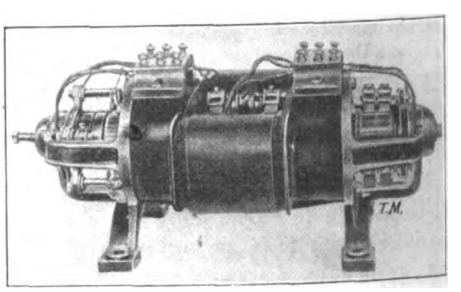


Fig. 1. — Vue de la dynamo-transformatrice système du docteur P. Angebaud.

L'induit moteur est alimenté par le courant d'une distribution publique, continu ou alternatif, qui est généralement à la tension de 110 vols.

Le second induit, dont la fonction est celle d'une génératrice, comporte plusieurs enroulements, aboutissant chacun à un collecteur distinct.

Dans ces conditions, on peut utiliser cette dynamo pour charger de petites batteries d'accumulateurs, pour alimenter des thermocautères, etc.

Cinq circuits à tensions différentes peuvent ainsi se brancher simultanément sur la dynamo. Ils ne réagissent pas les uns sur les autres et sont complètement indépendants.

En résumé, cette commutatrice n'est autre chose qu'un moteur électrique actionnant plusieurs génératrices, utilisant le même système inducteur, le même arbre et les mêmes paliers.

Une distribution publique d'énergie électrique, ayant une tension déterminée, ne peut donner satisfaction à tous les besoins. Les machines du Dr Angebaud permettent, sans installation spé-

(1) D'après un appareil ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Digitized by Google

ciale, de disposer de cinq tensions différentes avec intensités variables. Ces cinq tensions peuvent être amenées à dix, grâce à des couplages spéciaux, si besoin est, et devenir encore plus nombreuses en faisant varier la vitesse angulaire de la machine au moyen d'un rhéostat spécial pouvant rester en circuit.

La machine grand modèle à deux induits, que représente la figure 1, produit simultanément des courants continus de 7 ampères sous 25 volts, de 5 ampères sous 12 volts, de 35 ampères sous 4 volts, de 6 ampères sous 110 volts ou de 3 ampères sous 220 volts et, en courant alternatif monophasé, 80 ou 160 volts.

Ces dynamos sont d'une application courante dans les fabriques de lampes à incandescence, ainsi que chez les constructeurs-électriciens pour l'essai des lampes et des différents appareils qui nécessitent des tensions autres que celle du courant d'une distribution publique. J. M.

Galvanoscilla, système Boucherot (1).

Cet instrument, construit par la Compagnie pour la fabrication des compteurs, est un galvanomètre vibrant, peu amorti et à très courte période. Il permet de mesurer des irrégularités de vitesse angulaire inférieures à 1/10 000 pendant un tour d'un alternateur actionné par un moteur à piston.

La période propre d'oscillation de ce galvanomètre est voisine de celle du courant alternatif produit par le groupe électrogène à étudier, et on peut la faire varier à volonté de quelques centièmes en plus ou en moins.

L'instrument est constitué par un enroulement plat A (fig. 1) fixé sur une lame élastique B; cet enroulement est placé dans un champ magnétique normal à son plan, champ obtenu soit par un aimant, soit par un électro-aimant, et dont la trace sur le plan de la figure 1 est représentée par la petite surface rectangulaire hachurée.

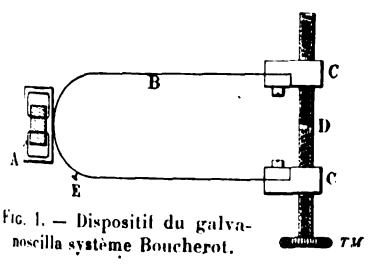


Fig. 1. — Dispositif du galvanoscilla système Boucherot.

L'enroulement A est branché sur le groupe électrogène avec intercalation d'une grande résistance; le courant absorbé a une intensité d'environ un dixième d'ampère.

La lame élastique B, qui porte l'enroulement en son milieu, est recourbée en forme d'U, et les deux branches sont encastrées dans deux masses CC taraudées, dont on peut faire varier l'écartement au moyen d'une vis à pas inverses D, ce qui permet de faire varier la période d'oscillation dans les limites désirées.

L'équipage oscillant porte un miroir concave E; une lampe à incandescence, dont une partie du filament sert de source lumineuse, et une échelle transparente graduée complètent l'installation.

Le réglage de la période propre d'oscillation du galvanomètre se fait à l'aide d'une petite vis extérieure au boîtier et modifiant le couple directeur.

La mesure comporte deux opérations : on amène la période propre du galvanomètre à égalité avec celle du courant de l'alternateur; il y a alors résonance et l'on observe, sur l'échelle graduée, une bande lumineuse d'amplitude constante, occupant a divisions. Une résistance appropriée, mise en série avec le galvanomètre, permet d'ailleurs de régler la largeur de cette bande lumineuse. Cela fait, on agit sur la vis de réglage, ce qui fait varier la période du galvanomètre, jusqu'à ce que l'on observe un déplacement périodique, appelé « pompage », de la bande lumineuse. Les valeurs extrêmes pendant le pompage sont, par exemple, b et c pour une résistance R_1 du circuit du cadre. Si l'on conservait la même résistance R que dans l'expérience de résonance complète, les valeurs de b et de c seraient trop petites; il convient, par conséquent, de diminuer cette résistance de manière à avoir le même ordre de grandeur pour b et c et pour a. On peut alors lire plus facilement la différence $(b - c)$ et avoir sensiblement le même amortissement dans les deux mesures, ce qui est une condition essentielle pour obtenir un résultat exact. Pratiquement, R_1 doit être cinq à dix fois plus petit que R.

L'irrégularité est donnée par l'expression :

$$\varepsilon = \frac{b - c}{a} \cdot \frac{R_1}{R} \cdot \frac{1}{p},$$

p étant le nombre de pôles de l'alternateur.

Cet instrument est fort peu encombrant et particulièrement robuste. J. M.

(1) D'après un appareil ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Electromètre, système Debierne (1).

Cet électromètre, construit par M. Beaudouin et étudié par M. Debierne, qui s'est inspiré des dispositions préconisées par Mme Curie, est représenté dans son ensemble figure 1. La figure 2 donne les détails de construction.

Les cadrans C en laiton nickelé, parfaitement dressés et parallèles, sont montés sur des blocs I en ambroïne qui assurent un isolement parfait.

L'un des cadrans C peut être déplacé, au moyen d'une vis V, afin de pouvoir compenser toute dyssymétrie et à charger l'aiguille à un potentiel très élevé, sans qu'il en résulte une déviation. La sensibilité de l'instrument se trouve, par suite, très augmentée.

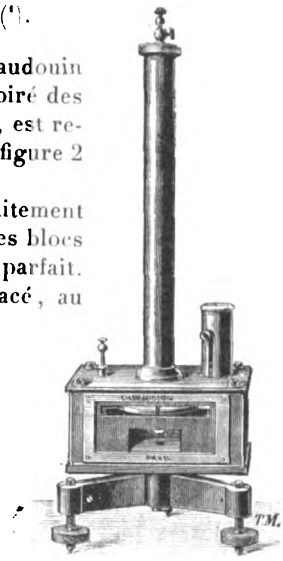


Fig. 1. — Vue de l'électromètre système Debierne.

Deux bouchons E, F permettent de relier les paires de cadrans à la masse, et de fermer l'instrument lorsque l'on ne s'en sert pas.

La cage rectangulaire a été étudiée de manière à obtenir une bonne protection électrostatique. Le courant d'ionisation se produisant à l'intérieur de l'électromètre, est ainsi réduit au minimum, ce qui constitue un grand avantage dans les laboratoires de recherches sur la radioactivité.

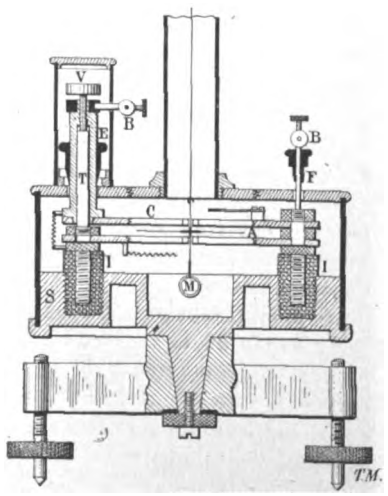


Fig. 2. — Dispositif de l'électromètre système Debierne.

L'aiguille est constituée par une feuille d'aluminium de 0,01 mm d'épaisseur, rigoureusement plane, et dont a évité la flexion des extrémités par un dispositif spécial. Une monture à crochet supporte l'aiguille et son miroir M. L'ensemble pèse moins de 0,2 g.

La sensibilité normale de cet instrument est telle qu'on obtient une déviation du spot de 60 à 80 cm par volt sur une échelle placée à 1 m. J. M.

(1) D'après un appareil ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Digitized by Google

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Bolomètre Bela Gati pour la mesure des courants téléphoniques utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie (1).

Cet instrument permet de mesurer des intensités de courant à haute fréquence depuis quelques microampères jusqu'à 1 ampère.

Contenu dans une boîte transportable en bois, il se compose de deux bobines de réactance DD (fig. 1), de deux rhéostats à curseur RR, de deux bolomètres BB, d'un galvanomètre S sensible au microampère et deux éléments d'accumulateur AA.

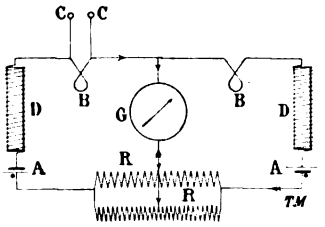


FIG. 1. — Schéma du bolomètre, système Bela Gati.

Par la méthode des substitutions avec résonance, on peut déterminer la résistance effective, la self-induction, la capacité et l'isolement. On peut aussi mesurer la radioactivité d'une substance placée sur un condensateur isolé par l'air. Les amortissements des lignes téléphoniques et les courbes de résonance des diverses sources de courant peuvent également être déterminées au moyen de cet instrument. J. M.

MACHINES THERMIQUES

Moteurs à combustion interne système Dingler

Les moteurs système Dingler présentent une disposition intéressante dans leur distribution (2).

Ce sont des moteurs fonctionnant suivant le cycle Diesel :

Premier temps : aspiration d'air primaire;

Deuxième temps : compression adiabatique de cet air;

Troisième temps : injection graduelle du combustible dans le cylindre, combustion progressive à pression constante et détente des produits de la combustion;

Quatrième temps : évacuation des gaz brûlés.

Il utilise les combustibles liquides, tels que l'huile à gaz, l'huile de goudron, l'huile de paraffine, l'huile de schiste, le mazout.

Le moteur système Dingler ne possède pas d'aiguille d'injection. Cette aiguille, que l'on rencontre dans la plupart des autres moteurs à combustion, a tendance à coller sur son siège, par suite d'une combustion défectueuse ou d'un échauffement normal de la culasse dû à une mauvaise circulation de l'eau de refroidissement, ou encore, par suite des particules très tenues de coke provenant d'un excès de graissage du compresseur qui cause un entraînement d'huile vers le moteur. Cette aiguille est très sensible à l'effet de ces poussières, étant donnée l'étroitesse des orifices d'arrivée d'air et de combustible.

De plus, il faut prendre les plus grandes précautions pour éviter de la fausser au démontage. Les presse-étoupes doivent être l'objet de soins minutieux pour éviter les fuites.

La suppression de cette aiguille, le plus délicat des organes des moteurs à combustion, évite tous ces inconvénients.

La disposition adoptée est la suivante :

Le combustible refoulé au premier temps s'accumule dans une chambre de la tuyère entre le pulvérisateur et la soupape d'air d'injection. On conçoit aisément que, par suite de cette disposition, cette soupape ne laisse passer que l'air et pas une goutte d'huile. De plus, elle est située à quelque distance de la chambre de combustion, et par suite à l'abri des hautes températures.

Enfin, il se forme, avant le pulvérisateur, une réserve d'huile qui assure un bon fonctionnement, en évitant les retards à l'inflammation.

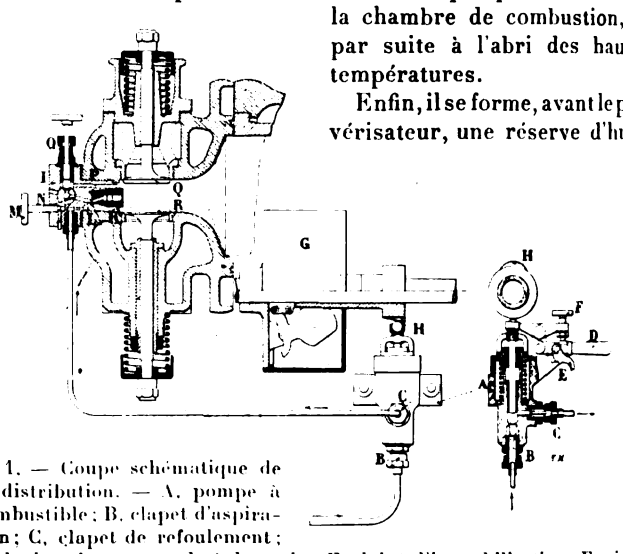


FIG. 1. — Coupe schématique de la distribution. — A, pompe à combustible; B, clapet d'aspiration; C, clapet de refoulement; D, levier de commande à la main; E, doigt d'immobilisation; F, vis de réglage du jeu des cames; G, régulateur; H, came inclinée; I, tuyère; K, pulvérisateur; L, antichambre pour le combustible; M, vis de contrôle de débit de la pompe; N, canal d'air d'injection; O, soupape de mise en marche; P, canal de l'air comprimé; Q, soupape de mélange; R, soupape d'échappement.

Derrière la soupape d'injection, se trouve une soupape de retenue qui empêche tout retour en arrière.

Tous les organes de la tuyère, corps, soupape, pulvérisateur se démontent facilement et indépendamment les uns des autres, sans qu'il soit nécessaire de toucher à la distribution.

Cette tuyère est disposée, en outre, pour servir à l'introduction de l'air comprimé lors du démarrage : on évite ainsi une soupape spéciale en contact avec les gaz chauds.

La pompe à combustible travaille à faible pression. Il n'y a, en effet, aucune contre-pression; la soupape d'injection isole la conduite d'air comprimé du conduit de refoulement

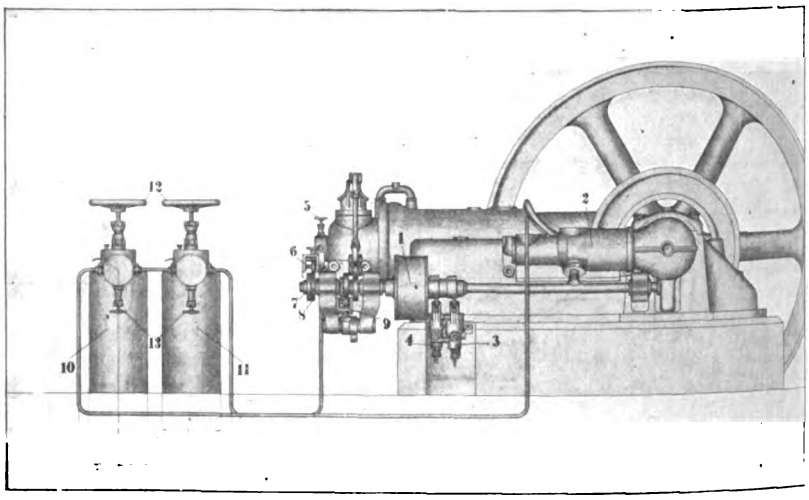


FIG. 2. — Vue du moteur à combustion interne, système Dingler. — 1, régulateur; 2, compresseur; 3, pompe à combustible; 4, pompe pour l'huile d'allumage; 5, soupape d'air de démarrage; 6, levier pour l'air d'injection; 7, came pour l'admission d'air d'injection; 8, came pour l'admission d'air de démarrage; 9, levier d'échappement; 10, réservoir d'air de démarrage; 11, réservoir d'air d'injection; 12, volants de manœuvre; 13, soupapes de sûreté.

(1) D'après un appareil ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

(2) Voir : Bibliothèque de " La Technique Moderne ", fascicule V. Supplément au numéro du 15 décembre 1912, *Production de la force motrice. Moteurs à combustion interne et gazogènes*, par L. Letombe.

Digitized by Google

d'huile. Il n'y a à craindre, de ce fait, aucune fuite des joints et c'est ce qui permet, en outre, la simplicité du réglage par la came. L. G. L.

MÉTALLURGIE

Extraction électrolytique du cuivre à partir du minerai.

Depuis plusieurs mois, une compagnie à Aamdal, en Norvège, a extrait avec succès du cuivre à partir du minerai brut par un procédé électrolytique. Le rendement s'est accru à raison de 3 t de cuivre métallique par jour. Le traitement, qui est appliqué à la mine même et qui procure une économie considérable de transport, consiste à traiter le minerai broyé par l'acide sulfurique qui dissout le cuivre; on dépose ensuite le cuivre par électrolyse.

Des essais ont été tentés sur les pyrites de cuivre des mines Orkla et Sulitjelma; ils ont été concluants et le procédé sera sans doute généralisé.

Le minerai était autrefois embarqué pour l'Allemagne ou la Suède, à cause de la difficulté de son traitement et de l'absence d'usines norvégiennes. M.

Bronzage de l'acier.

Après décapage et nettoyage de la pièce, on l'expose pendant quelques minutes à l'action des vapeurs d'un mélange de HCl et $HAzO^3$ en parties égales, et on chauffe vers 300° jusqu'à ce qu'apparaisse la nuance broyée. Après refroidissement, on enduit la pièce d'une couche légère de paraffine ou de vaseline, puis on chauffe jusqu'à décomposition de la matière grasse.

On peut répéter l'opération. On obtient ainsi de jolis tons inaltérables.

On peut virer la nuance au brun clair, en exposant en dernier lieu à l'action des vapeurs d'eau régale, ou au jaune bronze en ajoutant de l'acide acétique à HCl et $HAzO^3$. E.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Epuration des gaz par voie sèche.

Voici, d'après M. Ruppert, une description sommaire du procédé d'épuration des gaz par voie sèche, système Beth-Halberg.

Le principe de cette opération consiste à faire passer les gaz, à une température de 75° environ, dans des filtres en forme de sac. Ce système d'épuration présente les avantages suivants :

1° Suppression des eaux de refroidissement et des bassins de décantation;

2° Suppression des pompes et des réservoirs d'eau;

3° Economie d'emplacement;

4° Economie de force motrice;

5° Supériorité du degré d'épuration;

6° Amélioration du rendement des Cowpers et des chaudières;

7° Economie des frais de marche, d'entretien et d'amortissement;

8° Service simple et automatique.

Pour une installation correspondant à un débit de gaz de 1 000 m³ à l'heure, l'économie annuelle atteindrait près de 200 000 francs.

On peut appliquer le système dans les hauts fourneaux, les cimenteries, les moulins à farine, à dolorine, les fabriques de zinc, etc. L. V.

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Les variations de volume du béton.

Les ouvrages en béton placés dans l'eau subissent une lente dilatation, qui croît régulièrement avec le nombre d'années, tandis qu'elles subissent une contraction un peu plus rapide lorsqu'elles sont placées dans l'air.

M. Otto Graf vient, à ce sujet, de publier une intéressante étude (1).

Il a observé, pendant six années, deux blocs de béton identiques ayant une section de 400 cm² et une longueur de 1 m : l'un était plongé dans l'eau et l'autre était placé dans l'air sec. Les allongements du premier bloc étaient 0,080 mm la première année, de 0,132 mm la quatrième année et de 0,177 mm la sixième année. Les contractions pour le second bloc étaient de 0,410 mm la première année, de 0,485 mm la quatrième année et de 0,512 mm la sixième année (fig. 1). Ces variations dépendent de la finesse du ciment employé et de la composition du béton. Le béton considéré était composé d'une partie de ciment, quatre parties de sable et de gravier du Rhin (dans la proportion de trois parties de sable pour deux parties de gravier).

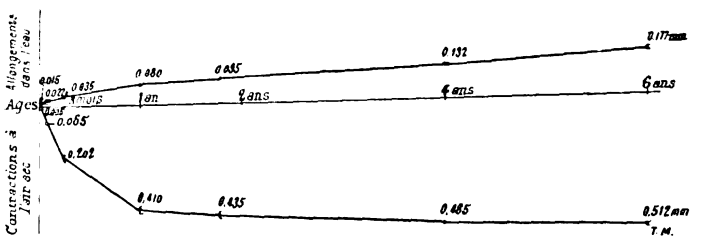


FIG. 1. — Courbes montrant les allongements dans l'eau et les contractions dans l'air sec d'un bloc de béton.

Si des barres métalliques se trouvent encastrées dans le béton, elles résistent aux variations de longueur du béton à l'état sec; il y a donc des tensions de traction sur le béton et de compression sur le métal; inversement, dans l'eau, il y a des tensions de compression sur le béton et de traction sur le métal.

La figure 2 donne les allongements ou les contractions qui en résultent, pour une barre de fer encastrée dans un bloc de béton, ainsi que l'indique le schéma de la figure 3. Le bloc avait 1 m de longueur et le béton avait la même composition que précédemment. En prenant pour l'armature métallique un coefficient d'allongement de $\frac{1}{2\,100\,000}$, on trouve que cette armature est soumise dans le bloc âgé de six ans à une tension de traction de $\frac{0{,}080}{1\,000} \cdot 2\,100\,000 = 168$ kg par cm², lorsque le bloc est à l'état humide; cette armature est au contraire soumise à une compression de $\frac{0{,}225}{1\,000} \cdot 2\,100\,000 = 472$ kg par cm², lorsque le bloc est à l'état sec. V. B.

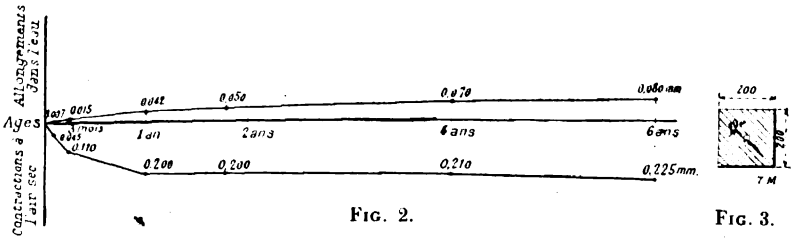


FIG. 2. FIG. 3.

FIG. 2. — Courbes montrant les allongements dans l'eau et les contractions dans l'air sec de l'armature d'un bloc de béton.

FIG. 3. — Coupe schématique d'un bloc de béton armé en expérience.

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieur*, 21 décembre 1912.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

La construction des aéronats modernes. — Ce mémoire est consacré à la description d'un grand dirigeable rigide dessiné par l'auteur.

La première partie est consacrée à un parallèle sur l'emploi des aéroplanes et des ballons dirigeables pour le service de la marine. M. Roenne est partisan de l'emploi simultané des deux types, tout en remarquant que l'aéroplane ne peut encore effectuer pratiquement des voyages de plus de douze heures et qu'il aura des difficultés à retrouver son navire d'attache dans le brouillard qui règne fréquemment sur les côtes anglaises.

Le ballon décrit a une capacité de 87 000 m³, il a une longueur de 260 m et un diamètre de 22 m.

Sa force ascensionnelle est de 31 t sur un poids total de 104 t. La forme générale est cylindrique avec extrémités pointues. Il est conduit par 10 moteurs à essence de 200 ch chacun et sa vitesse atteindrait de 72 à 90 km à l'heure.

L'enveloppe serait métallique, constituée par des plaques d'aluminium-chrome de 4/10 de mm d'épaisseur, soudées entre elles et posées sur des membrures circulaires de même métal. 57 membrures sont en forme de roues, avec rayons en fil d'acier assemblés sur un moyeu. Les autres membrures sont de simples anneaux intermédiaires. Des nervures longitudinales relient les membrures entre elles. L'enveloppe est polie; elle renferme 28 ballonnets.

Les 10 moteurs et leurs hélices sont répartis sur la longueur de la nacelle.

La discussion a porté sur les difficultés de construction de l'enveloppe métallique et sur la valeur élevée des efforts longitudinaux auxquels l'armature sera soumise, valeur que l'auteur maintient cependant, comme très faible.

(Communication de M. *A. Roenne*, Institution of Naval Architects, mars 1913.)

CHIMIE

Action de l'acide formique sur les colorants du triphénylméthane. — L'action de l'acide formique établit nettement une parenté évidente et une continuité complète entre les colorants proprement dits et les carbinols dépourvus de tout auxochrome : il n'existe entre ces deux groupes de composés qu'une différence dans les aptitudes réactionnelles, différence que l'on peut attribuer à la basicité plus ou moins prononcée de ces molécules, et qui se traduit par une facilité de réduction variable d'un terme à l'autre.

(Note de MM. *A. Guyot* et *A. Kovache*, présentée par M. Haller, Académie des Sciences, 28 avril 1913.)

La cellophane. — La « cellophane », pellicule de viscose, fabriquée par la « Blanchisserie et Teinturerie de Thasy », est un produit qui présente un grand intérêt pratique. On la prépare en précipitant la solution xanthogénate par le sel ammoniac : on a pu obtenir des pellicules n'ayant que 0m,02 d'épaisseur; ces pellicules sont fabriquées en bandes d'épaisseur uniforme, de largeur variable et d'une longueur allant jusqu'à 2 km : le poids du mètre carré varie de 15 gr à 1600 gr. Ce produit jouit d'une élasticité extraordinaire, qui est encore augmentée par le glycérinage : il ne se casse donc pas, comme fait le verre. De plus, il n'est pas altérable par l'humidité, il est imperméable aux liquides oléagineux comme aux corps gazeux. Il présente sur le celluloïd l'avantage d'être ininflammable. Les papiers recouverts de cellophane offrent un intérêt particulier, à cause de leur imperméabilité aux gaz. La cellophane présente sur les feuilles de plomb, d'étain et d'aluminium l'avantage d'être antiseptique, plus propre, de densité moindre et inoxydable.

Elle ne convient pas à la fabrication des films pour cinématographe. Elle est insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Elle peut être chauffée jusqu'à 120° à sec, ou traitée par l'eau bouillante : dans ce cas, elle se ramollit, et reprend, en séchant, ses propriétés primitives, ce qui est un grand avantage pour les divers emplois auxquels elle est propre, car on peut leur donner de cette façon telle forme que l'on veut, qu'elle conserve ensuite à sec.

(Communication de M. *Max Müller*. Hantversammlung der Vereins der Zellstoff — und Papierchemiker, Berlin, 2-3 décembre 1912.)

ÉLECTRICITÉ

Moteur monophasé avec enroulements à changement de pôles. — Un nouveau type de moteur monophasé à collecteur est présenté par J. S. Nicholson; comparé avec celui d'un moteur ordinaire à répulsion, le rendement de l'armature n'est pas sensiblement réduit par le dispositif de connexions en court circuit employé pour le changement des pôles : le couple de démarrage est plus élevé, et, à cause des connexions plus courtes de l'induit avec le collecteur, la construction est plus commode et moins encombrante.

Les essais sur un moteur de 10 ch à 150 volts, 30 périodes au moyen du frein de Prony, conduisent aux résultats indiqués par les courbes (fig. 1 et 2), le couple mesuré « en chevaux-vapeur équivalent à 1000 tours » par minute, c'est-à-dire la puissance de régime est représenté en fonction de la vitesse. On voit que la courbe à 200 volts avec huit pôles rencontre la courbe à 100 volts avec quatre pôles, d'où il résulte que si les connexions sont changées, le moteur continue à tourner contre un couple déterminé avec une vitesse sensiblement égale, et qu'il n'y a pas à craindre de choc.

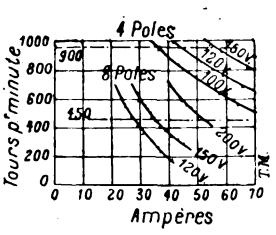


FIG. 1. — Courbes des intensités.

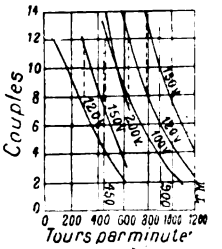


FIG. 2. — Courbes de la puissance.

Discussion. — Le Dr S. P. Smith pense qu'il est impossible de construire un moteur de ce type pour une locomotive de 500 ch. En outre, le moteur est forcé au synchronisme; il n'y a que deux vitesses pratiques, le synchronisme et le double synchronisme.

M. Roger Smith remarque les dimensions moins grandes du rotor, mais l'économie dans les dimensions pour la traction doit être en diamètre, et il ne voit d'avantage que si le nouveau moteur fournit une économie en poids. Il demande si le changement de pôles se fera toujours sans à-coups.

L'auteur répond en faisant constater que le moteur à changement de pôles ne convient qu'aux types petits, et que la fréquence à laquelle il doit être employé est modérée : 25 périodes. Un montage facile à opérer donnera toute la douceur requise pour le changement de connexion des pôles.

(Communication de M. *J. S. Nicholson*, Institution of Electrical Engineers. Londres, 12 décembre 1912.)

L'inscription des signaux hertziens de l'heure. — Le problème de l'inscripiton des signaux hertziens a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, car la seule réception à l'oreille d'un opérateur des signaux de la télégraphie sans fil n'a aucune précision scientifique. Dès mai 1910, l'inscription photographique des signaux put être faite à 300 kilomètres de Paris (inscriptions obtenues à Poitiers). On obtint ensuite l'inscription par la plume d'un enregistreur Richard, au moyen d'un micro-ampèremètre enregistreur. On dispose en batterie entre l'antenne et la terre cinq ou six pointes électrolytiques; le micro-ampèremètre inséré dans le circuit de ces pointes, préalablement rendu aussi identiques que possible, a permis d'obtenir à Poitiers, en décembre 1911, des inscriptions lisibles à la loupe et très nettes. En utilisant des détecteurs à cristaux, on a pu obtenir en juin 1912 des inscriptions nettement lisibles à l'œil nu; ces résultats paraissent être la limite de ce que peut donner le micro-ampèremètre enregistreur.

Revenant alors à l'inscription photographique avec l'emploi d'un seul détecteur, on a pu inscrire parallèlement les signaux de l'heure et les secondes d'un chronomètre à y comparer, au un cinquième de seconde près.

En employant deux galvanomètres à corde identique et faisant défiler un film cinématographique ou une pellicule photographique à la vitesse de 1 dm à la seconde, on peut situer le top radiotélé-

Digitized by Google

graphique envoyé par exemple par la Tour Eiffel à 23 h 30, dans la seconde du chronomètre à comparer au cours de laquelle il se produit, et cela à un centième de seconde près.

(Communication de M. *A. Turpain*, Société internationale des Electriciens, 2 avril 1913.)

GÉNIE MARITIME

Calcul de la stabilité des navires partiellement envahis. — L'auteur expose dans ce mémoire deux méthodes pour le calcul et le tracé des courbes de détermination de la stabilité transversale et de la stabilité longitudinale d'un navire, dont un ou plusieurs compartiments sont envahis. Cette méthode est basée sur la recherche des moments de redressement modifiés par la réserve de flottabilité qui est réduite et par le déplacement du centre de carène.

(Communication du professeur *W. Wall*, Institution of Naval Architects, mars 1913.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Brest, port transatlantique. — M. Lavezzari attribue la décadence de notre marine actuelle à l'absence de ports où les plus grands navires puissent trouver, en même temps que des cales sèches de dimensions suffisantes pour la visite et la réparation des coques, des quais et un outillage suffisants pour permettre d'effectuer avec rapidité les opérations de chargement et de déchargement.

Puis, s'attachant principalement au mouvement maritime établi entre l'Amérique et l'Europe occidentale, qui est le plus important du monde, il passe en revue la situation des ports européens qui participent à ce mouvement. Mettant de côté les ports d'escale tels que Queenstown, Southampton, La Pallice, Cherbourg et Boulogne, il ne s'occupe que des ports têtes de lignes : Liverpool, en Angleterre, commandé à Queen's Channel par un seuil de 9m,72, Anvers, en Belgique, avec l'écluse Royer ne donnant que 6m,69; Cuxhaven et Bremerhaven, en Allemagne encore, moins bien partagés et que d'ailleurs leur situation géographique empêche d'être têtes de lignes pour traversées rapides; enfin, en France : Le Havre commandé par l'écluse de la Floride avec 8m,81 de fond; Saint-Nazaire, mieux favorisé avec un chenal de 10 m sans écluse, et le Verdon qui remplace Pauillac et ne peut devenir un grand port.

Tous ces ports sont grands ouverts sur la mer, peu profonds et sujets à l'envasement, et cependant les dimensions des navires vont toujours en croissant; on est d'accord pour admettre que vers 1920, les grands navires atteindront une longueur de 300 m avec un creux de plus de 12 m.

Brest est abrité dans une rade merveilleuse, d'une profondeur de 15 à 40 m, sans aucun apport de vase ni de sable et presque indéfiniment extensible. Il possède toutes les qualités qui permettent d'abréger encore la durée de la traversée : il est le plus proche de la côte américaine; l'absence d'écluse évite les pertes de temps à l'arrivée, et la grande profondeur qui permettra d'augmenter le tirant d'eau des navires, permettra d'augmenter dans les meilleures conditions le fret et la puissance des machines et par conséquent la vitesse.

M. Lavezzari expose ensuite que l'Iroise, qui commande l'entrée du port, ne présente de roches dangereuses qu'à ses limites nord et sud qui ne gênent nullement la navigation des navires venant du large; quant aux brumes qui la couvrent quelquefois, elles ne sont pas plus fréquentes qu'en d'autres parages. D'ailleurs, elles ne constituent plus un obstacle insurmontable, grâce aux radiophares Tosi et Bellini dont l'auteur explique le fonctionnement.

Dans la seconde partie de sa communication, M. Lavezzari, après avoir décrit le port actuel de Brest, expose les grandes lignes qui doivent, à son avis, présider à l'établissement du projet du port transatlantique.

Il attire tout d'abord l'attention sur la nécessité de ne procéder aux agrandissements déjà prévus du port actuel qu'après s'être assuré que les premiers travaux exécutés ne seront pas plus tard un obstacle au développement rationnel du port; il faut notamment prévoir la localisation des cales sèches, dont une au moins devra avoir 400 m de longueur, d'un atelier de réparation et d'un quai d'armement, dont l'emplacement lui paraît devoir être justement le premier quai prévu. Il ne faut pas perdre de vue que le port de Brest ne doit pas être une œuvre locale, mais une œuvre nationale.

M. Lavezzari établit son projet en tirant une ligne de la naissance de la digue Est du port actuel vers la pointe du Moulin-Blanc qui constitue la berge du nouveau port; sur cette berge, il élève, suivant le système oblique, des môles d'une longueur de 400 m sur 200 m de largeur et séparés par des darses d'au moins 220 m. Le premier de ces môles sera aménagé sur ses deux faces pour le service des voyageurs avec gare maritime en son milieu. Les autres môles seraient aménagés pour le service des marchandises, avec tous les perfectionnements les plus récents. A mesure du développement des besoins, on étendrait le port vers l'Est, et on créerait des ports spéciaux du côté de la baie de Plougastel; enfin, on pourrait entamer la rive d'en face aux anses de Poulmic et du Fret. La première partie du port serait peut-être protégée par une digue parallèle à la côte, bien que l'utilité en paraisse contestable.

Les travaux seraient d'une grande facilité d'exécution. On aurait l'avantage de n'avoir à draguer que de la vase compacte, tout en trouvant à la profondeur de 15 à 17 m la roche solide pour fonder les murs des quais.

Enfin, dans une troisième partie, M. Lavezzari parle des améliorations considérables apportées ou en voie d'exécution sur la ligne de Brest, et qui permettront dans deux ans au plus de faire le parcours de Brest-Paris en huit heures. Il termine par un exposé sommaire des travaux à faire pour l'amélioration de la navigation fluviale dans toute la région Ouest et en émettant le vœu que le Gouvernement fasse, pour leur exécution, appel à l'initiative privée en procédant par voie de concessions.

(Communication de M. *A. Lavezzari*, Société des Ingénieurs civils, 4 avril 1913.)

Pavage de rues et de voies de tramways au moyen de blocs d'asphalte. — Oskawa, ville industrielle florissante à 60 km est de Toronto et 8 km du lac Ontario, avait grand besoin d'être pavée, car le centre de l'agglomération est dans un creux facilement transformé en marécage. La Compagnie de chemin de fer sur route, concédé depuis dix-sept ans, n'est pas obligée de paver entre les rails ni de supporter les frais d'un tel travail.

La municipalité, autorisée à entreprendre les travaux, a négocié avec la Compagnie, qui accepta de payer 65 °/o de la dépense pour paver entre les rails.

Le choix du mode de pavage fut discuté à plusieurs reprises, des essais furent tentés sur une bande dans les principales rues avec du macadam qui est bon marché; mais la poussière intense en été, la boue continuelle au printemps, firent abandonner ce procédé. Le pavé d'asphalte reposant sur du béton fut finalement choisi.

Les rues à paver étaient les deux artères de la ville, qui se coupent à angle droit. Pendant les travaux, le trafic ne fut pas trop gêné, car on avait divisé les voies en quatre sections et seules les rues adjacentes étaient fermées à la circulation.

Le premier stade de la construction était de faire la jonction des égouts, des canalisations d'eau et de gaz, en prévoyant les raccords par des lots encore vacants. La chaussée était ensuite roulée et arrosée.

Des piquets indiquaient la nouvelle position des rails, en même temps la chaussée était défoncée. Au milieu, une tranchée large de 6 m était creusée à 45 cm en dessous du niveau final.

20 cm de béton étaient déposés sous les traverses et s'étendaient au delà des extrémités sur un largeur de 30 cm. Sur cette base, une épaisseur de 1 cm 25 d'un mélange de sable et de ciment (3/1) forme un coussin sur lequel sont posés les pavés. On passe un rouleau de 4 t.

Les pavés entre les rails sont placés dans le sens longitudinal; il y a dans cette disposition un avantage dû à la facilité de pose et à une diminution du nombre des pavés à couper. Mais un inconvénient grave est qu'ils n'offrent que leur largeur (6 cm) pour supporter la pression des roues de voitures traversant la voie; de plus, en cas de déraillement, l'arrachement est plus facile.

Dans les croisements, la méthode ordinaire ne donne pas de bons résultats, et on remplace le béton par une plaque de fonte boulonnée sur les traverses appelée « frog-piece », sur laquelle les pavés sont mis en place.

La dépense totale par mètre courant pour une rue de 12m,20 est de 1100 fr; de 10m,70, 975 fr; de 9m,15, 835 fr.

La surface totale pavée était de 11 869 m² et le coût final de 1 193 750 fr.

(Communication de M. *Frank Chappell*, St. C.S.C.E., The Canadian Society of Civil Engineers, 6 février 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STASTITIQUES

Statistique de la métallurgie de quelques métaux autres que le fer en 1912.

Aluminium. — La France est le pays d'Europe qui produit toujours le plus d'aluminium : 13 000 t en 1912. Nos exportations ont été de 6 500 t, contre 4 000 seulement en 1911.

Cuivre. — La production du cuivre a doublé depuis dix ans; elle n'était que de 6 500 t en 1900, et a atteint plus de 13 000 t en 1912. On traite, en France, les minerais et mattes. L'usine de Givet produit, à elle seule, 5 000 t de cuivre.

Nickel. — La production universelle du nickel s'accroît sans cesse, par suite de la demande de plus en plus importante des fabricants de blindages et obus des divers pays. Elle a atteint environ 24 000 t en 1912.

La fabrication, décidée en France, de la nouvelle monnaie de nickel, augmentera encore la consommation. Il faudra 2 000 t et une période de dix ans pour fabriquer cette nouvelle monnaie.

L'usine à nickel de Dieppe a été fermée en 1912 et fusionnée avec celle du Havre.

Plomb. — La France a produit, en 1912, 23 000 t de plomb, chiffre qui varie peu depuis quelques années. La Société de Pontgibaud va développer ses installations, et celle de Noyelles termine un four de grande capacité.

La production mondiale a fléchi, en 1912, en Espagne, au Mexique, aux Etats-Unis, comme en Australie.

Zinc. — La production française de zinc, qui n'était que de 36 000 t environ en 1900, s'est élevée à 50 000 t en 1909, et a dû atteindre 60 000 t en 1912. Notre production a doublé depuis quinze ans.

L'électrométallurgie du zinc fait de grands progrès. La Société des fonderies électriques de zinc a repris ses essais avec le four Côte-Pierron, qui permet de traiter des minerais inutilisés jusqu'ici; elle va installer une première usine dans les Alpes, puis une autre dans les Pyrénées.

La Scandinavie, avec le four de Laval, produit déjà 10 000 t de zinc électrique, et d'autres usines sont en construction; aux Etats-Unis, les essais se développent avec le four Johnson pour le traitement des minerais complexes; en Allemagne, le four Imbert modifié est en essai à la Hohenlohehütte, en Silésie; la Vieille-Montagne étudie la question avec un four d'expériences.

Les hauts fourneaux français en 1913(1).

La production des hauts fourneaux français ne cesse de s'accroître depuis plusieurs années.

La production mensuelle qui, pour le mois de janvier 1910, était de 320 000 t, est montée successivement à 364 000 t en janvier 1911, à 380 000 t en janvier 1912 et à 420 000 t en janvier 1913.

Les hauts fourneaux français se répartissaient ainsi au 1er janvier 1913 :

	HAUTS FOURNEAUX		
	existants	à feu	hors feu
Région de l'Est	89	80	9
— du Nord	24	20	4
— du Centre, du Sud et de l'Ouest	46	31	15
Totaux	159	131	28

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 5 (1er mars 1912), p. 208.

La production journalière de ces hauts fourneaux est résumée dans le tableau I :

TABLEAU I. — *Nature de la fonte produite.*

	AFFINAGE ET FONTES SPÉCIALES		MOULAGE		THOMAS	
	Nombre de hauts fourneaux	Production en tonnes par jour	Nombre de hauts fourneaux	Production en tonnes par jour	Nombre de hauts fourneaux	Production en tonnes par jour
Région de l'Est	8	590	21	2 055	50	7 950
— du Nord	8	690	1	60	11	1 510
— du Centre, du Sud et de l'Ouest	17	1 075	8	520	5	400
Totaux	33	2 355	30	2 635	66	9 860

Au total, la production française des hauts fourneaux est actuellement de 14 850 t par jour en moyenne.

Ces hauts fourneaux sont répartis en 50 usines, dont 3 possèdent chacune 8 hauts fourneaux (Société des aciéries de Longwy, Wendel et Cie, Denain et Anzin). Les aciéries de la Marine et d'Homécourt en possèdent 7, la Société des aciéries de Micheville 6, la Société Schneider, la Compagnie d'Alais (Bessèges et Tamaris), la Société de Pont-à-Mousson, la Société métallurgique de Senelle-Maubeuge, la Société française de Saintignon et Cie (Longwy), la Compagnie de Châtillon-Commentry et Fourchambault en ont chacune 5.

Les plus fortes productions journalières de fonte d'affinage et spéciales ont lieu aux hauts fourneaux de Sambre-et-Meuse à Calais (200 t), de la Société de Denain et Anzin (180 t), aux aciéries de la Marine au Boucau (175 t).

La fonte de moulage provient surtout des usines suivantes :

Auboué	500 t
Pont-à-Mousson	340
F. de Saintignon et Cie à Longwy	325
Société du Nord et de l'Est, à Jarville	225
Marc-Raty et Cie	180
Société métallurgique d'Aubrives et Villerupt	180

La fonte Thomas provient notamment des usines ci-après :

Société de Wendel et Cie	1 200 t
Aciéries de la Marine et d'Homécourt	1 200
Société des aciéries de Micheville	1 100
Société des aciéries de Longwy	1 100
Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons	800
Société métallurgique de Senelle-Maubeuge	700
Denain et Anzin	650
Aciéries de Pompey	600
Société des forges de la Providence (Rehon)	500

La production du minerai de fer en France en 1912.

La production du minerai de fer en France, en 1912, a certainement dépassé un total de 18 millions de tonnes. Nous occupons donc maintenant le troisième rang dans le monde à ce point de vue; les Etats-Unis sont au premier rang avec 60 millions de tonnes et l'Allemagne (avec le grand-duché de Luxembourg) vient en second, avec 26 millions de tonnes.

L'Angleterre et l'Espagne viennent après nous, avec une production respective de 16 et de 10 millions de tonnes de minerai de fer.

La production française est passée de 1909 à 1911 de 11 900 000 t à 16 millions de tonnes. C'est le bassin de Briey (Meurthe-et-Moselle), qui accuse l'augmentation la plus rapide : de 6 310 000 t en 1909, sa production a doublé en quatre ans, et est maintenant de 12 500 000 t environ pour 1912, ce qui représente les deux tiers de la production totale française.

Parmi les mines du bassin de Briey, voici celles dont la production en 1912 a dépassé 500 000 t.

Homécourt	1 900 000 t
Auboué	1 791 150
Pienne	1 090 959
Tucquegnieux	1 011 634
Landres	955 972
Amermont	916 129
Moutiers	805 700
Joudreville	721 301
Jœuf	706 280
Sancy	584 363

Les mines de Saint-Pierremont, La Mourière, Murville, Jarny, Anderny et Valleroy ont une production comprise entre 150 000 et 500 000 t. En Meurthe-et-Moselle, les bassins de Nancy et de Longwy ont produit respectivement 2 100 000 et 2 500 000 t. Ce département a produit en tout 17 millions de tonnes de minerai de fer en 1912, contre 15 millions en 1911. Les mines de fer de Normandie, de l'Anjou et des Pyrénées ont une production qui s'accroît faiblement et ne dépasse guère en tout 1 million de tonnes. M. Bailly avait estimé que le bassin de Briey atteindrait sa production maximum normale vers 1970, avec un total de 35 millions de tonnes. On pense maintenant que ce chiffre sera atteint beaucoup plus tôt. En effet, la production de fonte en Meurthe-et-Moselle a augmenté en 1912 de 500 000 t et nos exportations de minerai de fer dépassent de 2 millions de tonnes celles de 1911.

Sur les 44 mines concédées dans le bassin de Briey, 19 seulement sont actuellement exploitées ou en préparation. 25 peuvent être considérées comme constituant des réserves pour l'avenir et ne seront exploitées qu'à mesure de l'accroissement des débouchés offerts au minerai de fer en France et à l'étranger.

P. B.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (1er Semestre). — Tome VI. — N° 11. 1er JUIN 1913

La Technique Moderne

METALLURGIE

DISTRIBUTION DES DÉFORMATIONS DANS LES MÉTAUX SOUMIS A DES EFFORTS

CAS DU PLISSEMENT DES TUYAUX

Dans un grand nombre d'industries, on travaille les métaux par des procédés mécaniques, tels que ceux de l'emboutissage, de l'étirage, du laminage, du forgeage, du tréfilage, de l'estampage, du repoussage, etc.; il y aurait intérêt à étudier soigneusement la technique de ces procédés pour éclairer l'empirisme et établir les lois, encore presque inconnues, qui régissent les déformations permanentes des métaux.

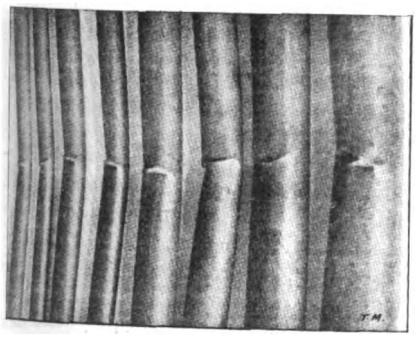


Fig. 1. — Flambement de tuyaux effectué par M. le Professeur E. Lilly.

Ainsi dans le laminage à chaud, le profil des cannelures est laissé à l'appréciation d'ouvriers plus ou moins habiles qui opèrent par tâtonnements; dans le tréfilage, ce sont encore des outilleurs qui déterminent les formes et les dimensions des surfaces intérieures des filières, etc.

En Allemagne, en Amérique, des industriels ont créé des laboratoires de mécanique bien outillés, et surtout habilement dirigés par des ingénieurs compétents, et ils ont obtenu des résultats de la plus grande importance pratique.

En France, nos industriels attendent ces études, bien vainement d'ailleurs, des laboratoires de l'Etat; et c'est là une des

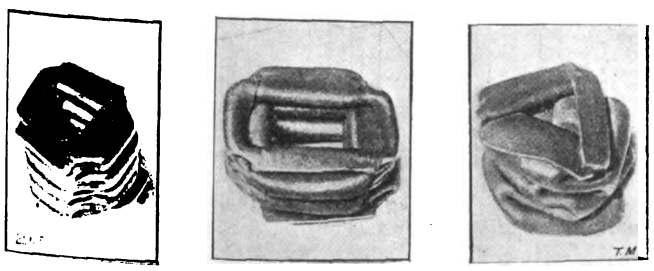


Fig. 2. — Plissement de tuyaux à sections carrée et triangulaire, observé par M. le Professeur E. Lilly.

principales causes de l'infériorité de notre industrie dans la concurrence internationale.

Les quelques études de technique expérimentale qui ont vu le jour en France, sont dues à l'aide financière de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, à des subventions et à des prix accordés par l'Académie des Sciences.

Fig. 3.

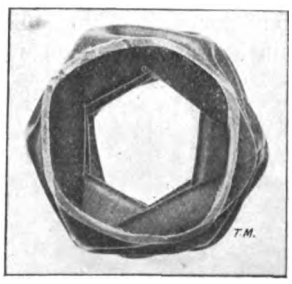


Fig. 4

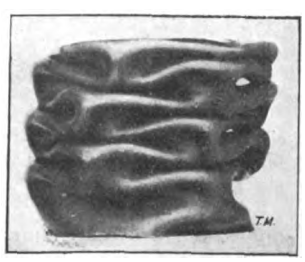


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 3 à 7. — Plissements de tuyaux dans des essais de recette.

Un sujet qui avait paru mériter une de ces études techniques est celui du plissement des tuyaux en métal.

Les formes diverses que prennent les tuyaux comprimés en bout, c'est-à-dire suivant leur axe longitudinal, sont connues depuis longtemps; elles ont été observées par tous les mécaniciens qui, expérimentant sur la résistance des matériaux, ont cherché à établir les lois qui régissent la résistance à la compression en bout des cylindres creux.

Digitized by Google

Ainsi, nous rappellerons les travaux assez récents de M. le professeur E. Lilly (1).

La figure 1 montre des tuyaux métalliques à section circulaire de divers diamètres et d'assez grande longueur, qui, comprimés en bout, ont flambé en produisant d'abord une courbure, puis un pliage local.

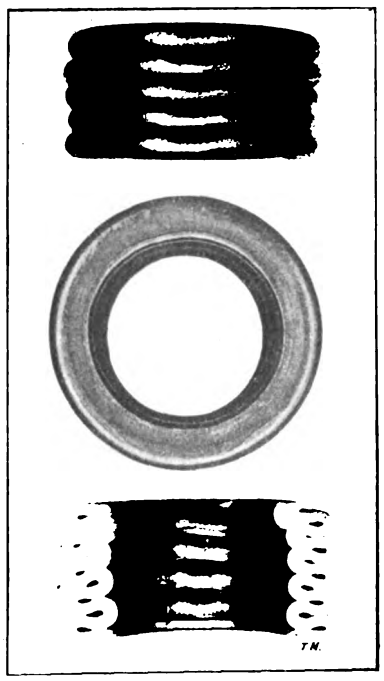


Fig. 8, 9 et 10. — Plissement par bourrelets circulaires successifs d'un tuyau cylindrique comprimé en bout, sans guide ni mandrin.

La figure 2 montre des tuyaux métalliques, à sections triangulaire et carrée, dont la compression en bout a produit des plissements successifs avec contreforts alternés.

Ce second mode de transformation est bien connu des essayeurs de tuyaux métalliques qui, pour se renseigner sur la valeur relative de la ductilité de certains de ces tuyaux, en écrasent un échantillon.

La figure 3 montre, à titre de spécimen, un de ces essais d'écrasement, donné par M. Hannover dans un mémoire présenté au Congrès de Bruxelles en 1906 (2).

On voit, sur cette figure, que les plissements se sont effectués à la base en bourrelets circulaires et, au-dessus, en assises triangulaires alternées.

Parfois, le tuyau, ainsi écrasé, présente un aspect de formes assez symétriques et régulières.

Les figures 4 et 5 montrent la vue en bout et la vue latérale, après un essai d'écrasement, d'un tuyau en cuivre : on voit que le plissement s'est effectué par assises à forme triangulaire, dont les segments sont séparés par des contreforts alternant de deux en deux assises, chacun se trouvant ainsi au milieu des côtés des deux assises correspondantes; de sorte que ces assises triangulaires alternées donnent,

Fig. 11.

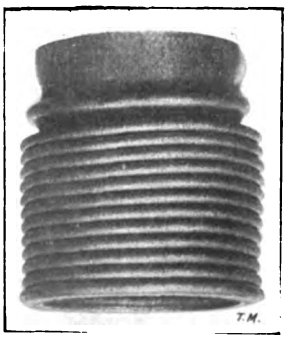


Fig. 12.

Fig. 11 et 12. — Plissement par bourrelets circulaires successifs de tuyaux cylindriques, de très faible épaisseur de métal, comprimés en bout, sans guide ni mandrin.

dans la vue en bout, une forme hexagonale. Il y a des spécimens dont les déformations sont plus régulières, plus symétriques que celles des figures 4 et 5, mais il y en a aussi très souvent de beaucoup plus irrégulières. Ainsi les figures 6 et 7 montrent un morceau de tuyau en fer, conservé dans d'anciennes collections de l'Ecole des Mines comme spécimen d'essayage, et qui présente une très grande irrégularité de forme.

Ces déformations régulières et irrégulières sont connues de tous les spécialistes qui s'occupent de résistance des matériaux et de recette des métaux ouvrés.

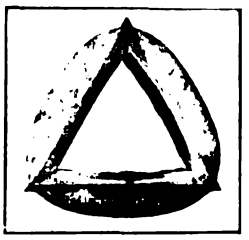


Fig. 13.

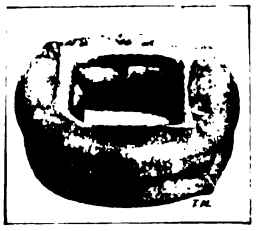


Fig. 14.

Fig. 15.

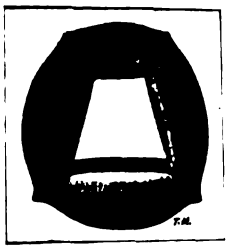


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 13 à 17. — Plissements circulaires successifs de tuyaux à sections triangulaire, quadrangulaire et hexagonale.

Ces temps derniers, M. Hartmann généreusement aidé par l'Académie des Sciences, a effectué une série d'expériences qu'il a fait connaître par une note à l'Académie des Sciences le 26 février 1912 et dans une conférence au Conservatoire des Arts et Métiers.

Ses expériences lui ont permis de constater la production de ces mêmes déformations. Mais aucune des constatations n'a été suivie de l'explication de la cause du phénomène. Cette cause, restée complètement inconnue, était regardée comme quelque peu mystérieuse.

Pour la connaître, j'ai effectué, avec mes propres moyens, des expériences qui m'ont permis de donner une explication rationnelle de ces diverses déformations de plissement des tuyaux; j'ai présenté un résumé succinct de ces expériences dans une note à l'Académie des Sciences, le 22 avril 1912, et je viens aujourd'hui en exposer les détails.

J'ai d'abord opéré sur un échantillon de tuyau en cuivre de 50 mm de diamètre extérieur et d'une épaisseur de métal de $2^{mm}5$. Je l'ai comprimé, *sans aucun guide ni mandrin*, entre les plateaux d'une presse hydraulique et j'ai obtenu l'écrasement par bourrelets circulaires en assises superposées, c'est-à-dire que le tuyau a commencé à se plisser par une de ses extrémités

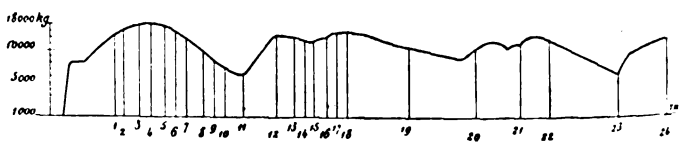


Fig. 18. — Diagramme des écrasements successifs d'un tuyau en acier doux de 50-45 mm de diamètre et de $78^{mm},5$ de long. (En ordonnées : l'effort à raison de 1500 kg par millimètre de hauteur; En abscisses : la course de l'outil amplifiée 1,33 fois.)

et, successivement, des plis nouveaux en forme de bourrelets circulaires se sont produits consécutivement.

Les figures 8, 9 et 10 montrent les résultats de cette première expérience.

La figure 8 est la vue latérale du tuyau écrasé.

La figure 9 est la vue en bout.

La figure 10 est la coupe de ce tuyau plissé.

(1) *Engineering*, 10 janvier 1908, p. 37.

(2) Association internationale pour l'essai des matériaux.

Digitized by Google

On constate la grande régularité dans la forme circulaire des plis en bourrelets et le parallélisme des assises superposées.

J'ai obtenu le même résultat en opérant, toujours de la même façon, c'est-à-dire *sans aucun guide ni mandrin*, sur des tuyaux

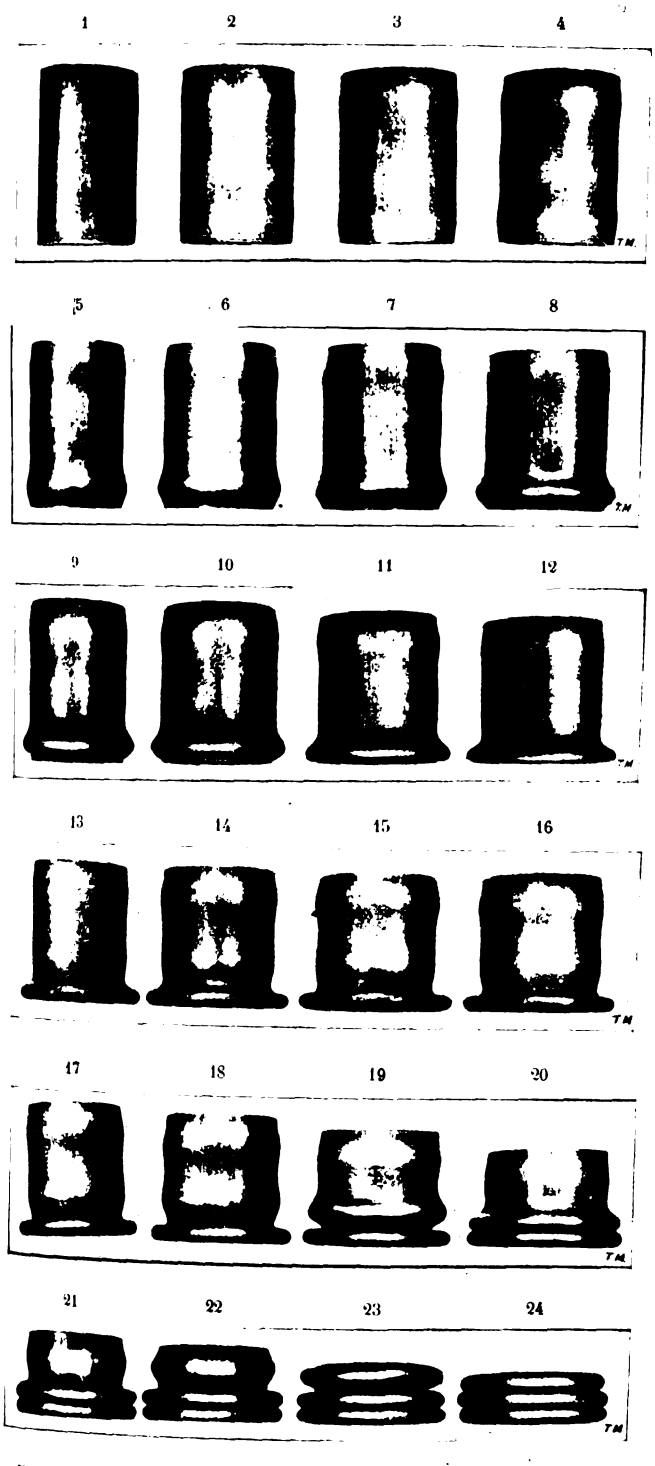


Fig. 19. — Présentation de 24 phases successives du plissement d'un tuyau en acier doux.

d'acier et d'aluminium ayant une faible épaisseur de métal, environ 1 mm seulement.

Les figures 11 et 12 montrent ces derniers essais.

J'ai encore obtenu des résultats semblables en écrasant sous la presse, *toujours sans aucun guide ni mandrin*, des tuyaux dont la section était non plus circulaire, mais de forme polygonale.

Les figures 13 à 17 montrent ces résultats d'écrasement en bout d'échantillons de tuyaux métalliques à sections: triangulaire, carrée, trapézoïdale, hexagonale (1).

On voit que tous ces plissements s'effectuent en bourrelets circulaires, par assises parallèles superposées. La grande régularité de cette déformation implique la généralité de la loi qui régit ce mode de déformation.

Pour rechercher la cause de ce mode de déformation, j'ai pris un tube en acier doux de 50 mm de diamètre extérieur et de $2^{mm},5$ d'épaisseur de métal; je l'ai tronçonné en bouts de 80 mm de longueur.

J'ai d'abord écrasé aussi complètement que possible un de ces morceaux de tuyau, en enregistrant le diagramme du travail de compression (fig. 18); j'ai obtenu pour la déformation trois bourrelets circulaires; puis j'ai écrasé vingt-trois autres bouts de tuyaux semblables au précédent, en arrêtant successivement ces écrasements aux différents points marqués sur le diagramme (fig. 18).

La figure 19 donne la photographie des vingt-quatre bouts de tuyaux ainsi écrasés à des hauteurs successives; on voit dès lors la suite des formes consécutives prises pendant l'écrasement, ce qui permet d'en suivre la genèse.

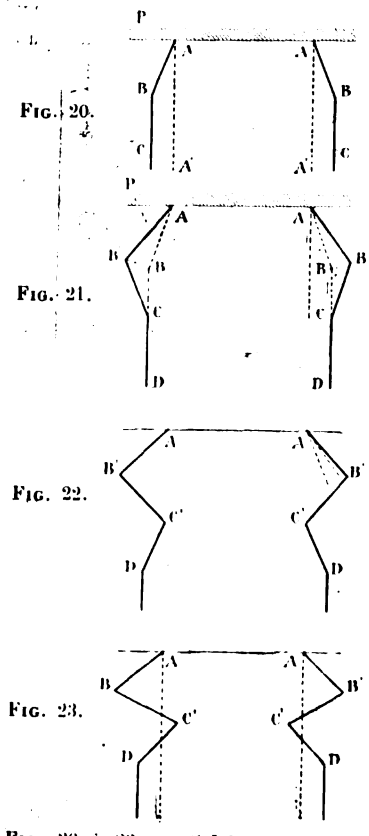


Fig. 20 à 23. — Schémas des premières déformations permanentes d'un tuyau cylindrique.

Il me faut maintenant expliquer la cause de ces modes successifs de déformations.

Sous l'effet de la compression entre les deux plateaux de la presse, le bout de tuyau s'écrase d'abord élastiquement, puis ensuite d'une manière permanente, ses génératrices se raccourcissent et le diamètre tend à augmenter.

Mais comme les deux bases du tuyau sont maintenues par leur frottement contre les surfaces d'appui des plateaux de la presse, l'augmentation du diamètre n'est pas uniforme sur toute la longueur.

Ce frottement, qui gêne l'épanouissement des deux extrémités du tuyau, oblige celles-ci à prendre une forme de tronc de cône.

La figure 20 montre schématiquement, à une des deux extrémités, le début de cette déformation : le tuyau primitivement cylindrique AA',AA', comprimé sous le plateau P, se gonfle, son diamètre augmente à partir d'une certaine distance du plateau, ce diamètre BB est plus grand que le diamètre primitif AA, le bord du

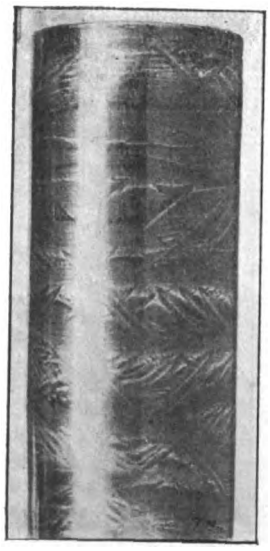


Fig. 24. — Lignes de Lüders marquant le lieu des premières déformations permanentes d'un tuyau en acier doux comprimé en bout.

(1) Tous ces échantillons de tuyaux m'ont été gracieusement donnés par M. Marinier, l'habile tréfileur et tireur au banc.

Digitized by Google

tuyau en contact avec le plateau, retenu par le frottement, ne peut glisser et l'extrémité du tuyau prend la forme du tronc de cône AB, AB.

Pendant l'écrasement, la pression ne s'effectue plus parallèlement à l'axe longitudinal du tuyau; elle prend la direction inclinée

Fig. 25.

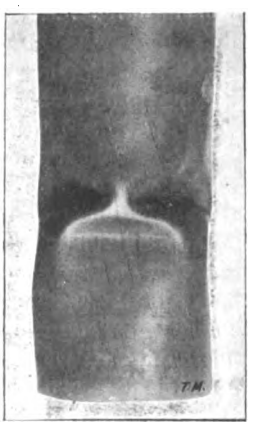


Fig. 26.

Fig. 25 et 26. — Plissement accidentel d'un tuyau en acier doux, comprimé en bout.

AB de la génératrice du tronc de cône. La pression se continuant, la hauteur du tronc de cône diminue, non pas parce que les génératrices se raccourcissent, mais parce qu'elles s'inclinent, la base BB augmente de diamètre et devient B'B' (fig. 21); la pression se transmet alors du plateau au reste du tuyau par ces génératrices dont l'inclinaison va croissant; cette direction *inclinée* de l'effort produit, sur la partie primitivement cylindrique BC, BC, une déformation en tronc de cône B'C, B'C, sous-jacente à la déformation initiale.

L'ensemble des déformations de cette extrémité du tuyau comporte dès lors deux troncs de cône opposés par leur plus grande base. La pression continuant à s'effectuer dans la direction des génératrices, les deux troncs de cône diminuent de hauteur, les grandes bases communes B'B' s'épanouissent et amorcent un bourrelet extérieur. La petite base AA du premier tronc de cône, toujours maintenue par le frottement, ne peut s'épanouir; mais la petite base CC du second tronc de cône, n'étant pas maintenue par un frottement, peut se déformer plus facilement et la pression, s'effectuant selon la génératrice B'C' (fig. 22), tend à entraîner, vers l'*intérieur* du tuyau, la troisième portion C'D qui, de cylindrique, devient ainsi tronconique. Il y a alors *rétreinte* du métal dans la région C'C' et il se forme un second bourrelet, mais cette fois à l'*intérieur* du tuyau.

Fig. 27 à 32. — Plissements accidentels de tuyaux comprimés en bout.

Les schémas (fig. 20 et 21) montrent le gonflement du tuyau dans cette partie; le diamètre primitif AA a graduellement augmenté pour devenir CC; puis il a ensuite graduellement diminué, revenant au diamètre primitif (fig. 22), puis à un diamètre moindre (fig. 23). Ainsi, un tuyau en cuivre d'un diamètre extérieur initial de $50^{mm},5$ s'est rétreint à $46^{mm},5$.

Le mécanisme des déformations élastiques est le même que celui des déformations permanentes que nous venons d'expliquer. La figure 24 montre, sur un cylindre en acier doux de 50 mm de diamètre extérieur, de $2^{mm},5$ d'épaisseur de métal et de 115 mm de hauteur, les lignes de Lüders qui apparaissent au début des déformations permanentes; on voit des anneaux cylindriques déformés, précurseurs des bourrelets, alternant avec des anneaux cylindriques non encore déformés.

Il est à remarquer que, dans cette formation de bourrelets extérieurs et intérieurs, le métal qui, au début, s'était déformé par *compression*, se déforme ensuite par *flexion* : le cylindre initial se transforme en troncs de cônes superposés. Cette déformation par flexion exige moins d'effort que la compression

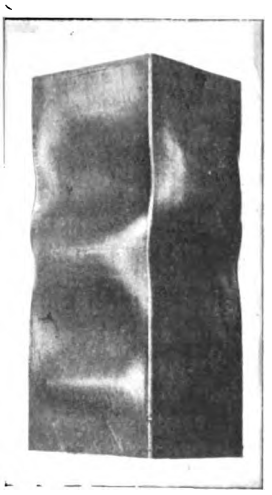


Fig. 33.

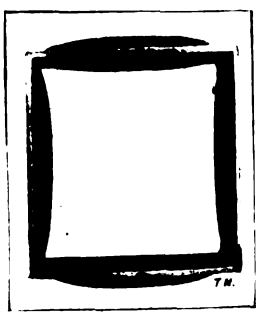


Fig. 34.

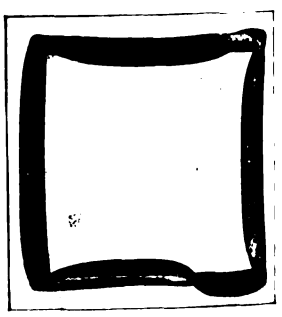


Fig. 35.

Fig. 33 à 35. — Plissements accidentels de tuyaux à section carrée, comprimés en bout.

initiale, ainsi que l'indique le diagramme de l'opération (fig. 18).

C'est cette diminution d'effort qui explique pourquoi le tuyau, après s'être déformé à la fois aux deux extrémités, ne se déforme plus que d'un bout; une très petite différence de résistance a suffi pour faire plisser plus vite cette extrémité, et une fois ce pli plus accentué que le pli du bout opposé, il a continué seul à se déformer, n'ayant plus besoin que d'une pression inférieure à la pression initiale, tandis que l'autre pli s'est arrêté, la pression qui lui était nécessaire pour se former, étant supérieure à la pression initiale.

Si la résistance du tuyau était absolument uniforme dans toutes ses parties, le plissement s'opérerait parallèlement, et d'une manière similaire, sur les deux extrémités; mais comme il y en a toujours une de celles-ci un peu plus faible que l'autre, elle s'affaisse, et comme la suite des déformations se fait alors par flexions avec un effort moindre, l'extrémité qui a résisté au début résistera jusqu'à la fin; les plissements se feront successivement du même côté, ainsi que le montre la figure 19.

Mais cette loi des plissements des tuyaux par bourrelets circulaires, en assises superposées, subit dans la pratique des exceptions; en effet, nous avons vu (fig. 3, 4, 5, 6 et 7) que certains tuyaux ne sont pas déformés suivant cette loi, mais présentent des segments de bourrelets, séparés par des contre-forts.

Digitized by Google

La cause de cette divergence est purement accidentelle : elle est due à un ou à plusieurs défauts.

Ces défauts proviennent de la forme du tuyau, de sa constitution, de la distribution des efforts, etc. Ainsi, le tuyau peut ne pas avoir la forme géométrique et s'en écarter soit dans sa longueur par le manque de rectitude de certaines génératrices, soit dans la section transversale; ce tuyau peut aussi n'être pas d'une constitution absolument homogène ou avoir des parties plus écrouies que leurs voisines; enfin, la pression peut n'être pas transmise suivant l'axe longitudinal, etc.

Ces défauts empêchent le tuyau comprimé de se déformer régulièrement suivant la loi que nous venons de voir, et les écarts sont d'autant plus importants que les défauts sont eux-mêmes plus nombreux et plus importants.

Quand, pour une de ces raisons, il se produit un pli transversal interne il se fait, aux extrémités de ce pli, deux bosses proéminentes (fig. 25 et 26), parce que l'arc est forcément plus long que la corde qui le sous-tend; ce pli et ces deux bosses sont l'origine de déformations consécutives qui peuvent avoir un aspect plus ou moins régulier (fig. 3, 4 et 5) ou se réduire à un écrasement très irrégulier (fig. 6 et 7), suivant la nature, la position et l'importance de l'accident occasionnel. Parfois, cet accident se produit dès le début du plissement (fig. 4 à 7 et 25 et 26); parfois, après un plissement par bourrelets réguliers (fig. 3).

Quand ce pli accidentel se forme sur un tuyau cylindrique, et qu'il produit à ses extrémités deux bosses proéminentes, celles-ci exercent, à leur tour, une traction sur l'arc complémentaire du même anneau, qui produit soit un second pli (fig. 27 à 32), soit deux autres plis (fig. 25 et 26), etc.

Les bosses qui limitent ces plis forment des contreforts qui influencent, à leur tour, le bourrelet suivant qui se fractionne dans un même nombre de segments, mais par alternance, c'est-à-dire qu'à un contrefort du premier bourrelet correspond un pli au second bourrelet; ces déformations symétriques donnent, quand on regarde en bout le tube déformé : un hexagone, si l'anneau s'est déformé en trois plis; un octogone, s'il y a eu quatre plis, etc.

Quand le tuyau a une section polygonale, la formation d'un pli sur une face entraîne la formation de plis de sens contraire sur les deux faces voisines : un pli interne amorce deux plis externes et, inversement, un pli externe amorce deux plis internes (fig. 33 et 34).

La figure 35 montre un tuyau à section carrée, dont deux faces opposées se sont déformées en plis de sens différents, l'un interne et l'autre externe; chacun de ces plis a amorcé, sur les deux autres faces du tuyau, des plis de sens différents, en sorte que les plis des troisième et quatrième faces sont partiellement internes et partiellement externes; c'est bien là une confirmation de la règle qui régit ces déformations accidentelles, au moins dans le cas où celles-ci s'effectuent avec une régularité relative.

En résumé, la déformation d'un tuyau comprimé en bout, *sans guide ni mandrin*, s'effectue par bourrelets circulaires successifs, pour les raisons que j'ai indiquées, et les autres modes de déformation sont purement accidentels. M. Hartmann a bien répété les expériences connues, mais il ne nous a rien appris, car il ne nous en a pas donné l'explication.

CH. FRÉMONT.

TRAVAUX PUBLICS

LA NAVIGATION INTÉRIEURE EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Les moyens de transports constituent l'un des facteurs les plus importants du mouvement économique d'un pays, et les facilités qu'ils offrent au public sont un élément essentiel de prospérité pour une nation. Les voies d'eau, rivières et canaux, sont sans conteste les moyens de communication les plus économiques pour les marchandises, et il semblerait logique de les développer et de les outiller pour qu'elles soient à même de répondre constamment aux besoins du commerce et de l'industrie.

Cette idée ne s'est pas suffisamment imposée, en France tout au moins; aussi le dernier Congrès national de navigation intérieure, organisé par l'Association française de navigation intérieure, a-t-il fait entendre les nombreuses doléances des intéressés, et lancé un appel aux pouvoirs publics en faveur de cette œuvre d'intérêt général.

D'après les rapports présentés à ce Congrès, on voit combien les voies d'eau sont peu favorisées au point de vue budgétaire : environ 18 millions de crédits leur sont alloués, alors que plus de 200 millions sont affectés aux chemins de fer. Cette différence paraîtra d'autant plus anormale, que notre réseau de voies ferrées d'intérêt général peut être considéré comme achevé depuis longtemps, alors que celui des voies navigables est, sinon à créer, du moins à remanier et à compléter dans une large mesure.

Pour mettre en lumière l'abandon dans lequel est laissée cette partie importante de notre outillage national, il suffira de rappeler que la plus grande partie des travaux compris dans les programmes Freycinet (loi de 1879) et Baudin (loi de 1903) ne sont pas encore entrepris, faute d'allocations budgétaires, et bien que leur « première urgence » soit toujours incontestée. Cette impéritie s'explique d'autant moins que, sur les 205 millions de dépenses prévues dans le programme Baudin, un peu plus de la moitié seulement (116 millions) étaient à payer par l'Etat, le reste étant fourni par les contributions des Chambres de commerce ou collectivités intéressées; or, il est bien évident que celles-ci n'offrent des subventions aussi importantes que pour des œuvres viables, c'est-à-dire d'un rapport certain.

Sauf quelques cas très particuliers, la navigation peut se développer sans nuire au trafic des voies ferrées, auxquelles iront toujours certaines catégories de marchandises, notamment les transports rapides. Comme l'écrivait un ministre des Travaux publics en 1908, « l'idée se répand de plus en plus que, dans l'outillage des transports, un réseau de navigation intérieure bien compris est l'instrument indispensable qui peut seul permettre aux ports maritimes, et aux chemins de fer eux-mêmes, d'atteindre au plus haut degré de leur puissance d'expansion et de leur capacité de rendement ».

Un certain nombre de canaux nouveaux sont actuellement en construction : canal de Montbéliard à la Haute-Saône (programme de 1879); canaux du Nord, de Cette au Rhône (fig. 1 et 2), de Marseille au Rhône (programme de 1903). Mais les travaux en sont conduits, par raisons budgétaires, avec une telle lenteur que leur achèvement ne peut guère être escompté, dans l'ensemble, avant une dizaine d'années.

De nouvelles voies d'eau sont réclamées maintenant dans certaines régions dont le développement économique exige des moyens de transport adéquats. Le canal du Nord-Est est réclamé

Digitized by Google

par le bassin de Briey, où l'on commence l'exploitation des gisements de fer lorrains, évalués à 3 milliards de tonnes; le tracé de ce canal (fig. 3) lui permettra de desservir, en même temps que le port de Dunkerque, les houillères du Nord et du Pas-de-Calais, et les centres industriels ou métallurgiques de l'Escaut français, de la Sambre, de la Meuse et de Meurthe-et-Moselle.

La Bretagne demande également la jonction de son réseau navigable, isolé jusqu'ici, au bassin de la Loire par la Mayenne, puis au bassin parisien par un canal *viâ* Le Mans-Chartres (fig. 4). De même, la jonction de la Loire à la Manche, pourrait être facilement réalisée par un canal reliant la Mayenne à l'Orne et qui desservirait le nouveau bassin minier de la Normandie et de l'Anjou.

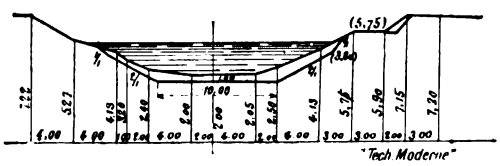


FIG. 1. — Profil-type des canaux français. (Canal du Rhône à Cette.)

Le réseau actuel de voies navigables est en outre dans de très mauvaises conditions d'exploitation, par suite des différences de gabarit existant entre les différentes sections; largeur, tirant d'eau, section libre des ponts, longueur des écluses, varient non seulement d'un canal à l'autre, mais souvent même dans les différentes parties d'un canal. Alors que le programme de 1879 prévoyait 5 360 km de voies fluviales classées, et 1 400 km, à construire, la longueur totale des voies établies au gabarit n'atteignait en 1910 que 4 833 km, dont 2 727 km de canaux.

Il résulte de cette situation une très mauvaise utilisation du réseau existant, sur lequel ne peuvent être employés que des bateaux de faible tonnage, passant dans la plus petite section des canaux à emprunter. La transformation au gabarit se poursuit avec une extrême lenteur, de sorte que les travaux, souvent fort coûteux exécutés sur un canal, ne peuvent avoir d'effet économique que longtemps après, lorsque le dernier passage minimum ayant disparu, l'utilisation de plus grands bateaux est devenue possible, sur tout le parcours. Ainsi le canal du Rhône au Rhin, dont le gabarit normal est de 2 m de profondeur d'eau, avec des écluses de 38m,50 de longueur utile, n'a en certaines sections que 1m,80, 1m,60 et même 1m,20 de profondeur; sur 75 écluses, 37 ont encore leurs dimensions primitives, soit 30m,50 de longueur. Par suite, on ne peut utiliser sur ce canal que des péniches de 100 t, au lieu des bateaux de 300 t du type normal. Il

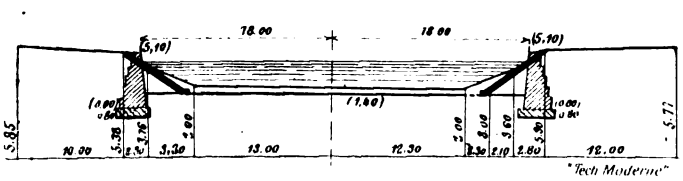


FIG. 2. — Bassin de stationnement. (Canal du Rhône à Cette.)

en résulte un renchérissement excessif du fret, et l'abandon progressif de ce canal.

Sur le canal du Midi, les travaux sont entrepris pour porter à 30m,65 la longueur des 174 écluses existantes. Mais les intéressés estiment cette amélioration tout à fait insuffisante, et demandent le doublement de ces écluses par de nouvelles ayant 120 m de longueur, 6 m de largeur et 2 m à 2m,20 de profondeur; on pourrait alors faire circuler des bateaux de 60 m, transportant 400 t, et donnant un prix de transport bien inférieur. Ces chiffres sont d'ailleurs bien modestes comparativement à ce qui se fait à l'étranger, comme nous le verrons plus loin; il est cependant bien douteux qu'on les réalise en France d'ici longtemps.

De nombreux vœux ont été émis au Congrès de la navigation à Lyon :

— L'achèvement du plan Freycinet, avec un budget de navigation intérieure mieux réparti, et un programme *ne variatur* comportant la durée d'exécution des travaux et les crédits annuels qui leur sont affectés;

— Etude générale des réservoirs d'arrêt, pour la régularisation des fleuves et la lutte contre les inondations;

— Continuation par le Gouvernement des travaux d'amélioration de la Seine, en vue de permettre la circulation de chalands de 2 000 t entre Rouen et Paris;

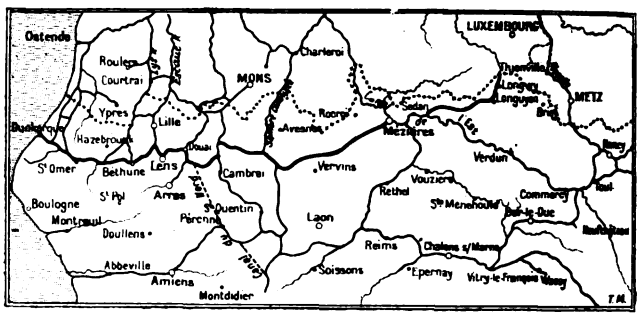


FIG. 3. — Le projet de canal du Nord-Est.

— Mise d'urgence au gabarit des canaux du Rhône au Rhin et du Midi, ainsi que du canal latéral à la Garonne;

— Publication par l'Etat des rapports de ses ingénieurs et des documents officiels intéressant la navigation intérieure.

La réalisation de ce dernier vœu permettrait d'intéresser l'opinion publique à une branche de notre activité nationale actuellement trop délaissée.

Tandis que les voies navigables sont pour ainsi dire laissées à l'abandon en France, une grande activité se manifeste pour leur développement dans les autres pays industriels de l'Europe. Les documents fournis par l'Association internationale permanente des Congrès de navigation, à la suite de l'Exposition de Bruxelles 1910, sont probants à cet égard.

La Belgique et les Pays-Bas possèdent un réseau remarquablement outillé, convergeant vers la grande métropole maritime d'Anvers. En outre des travaux du canal maritime de Bruxelles, en voie d'achèvement (1), on vient de terminer l'agrandissement

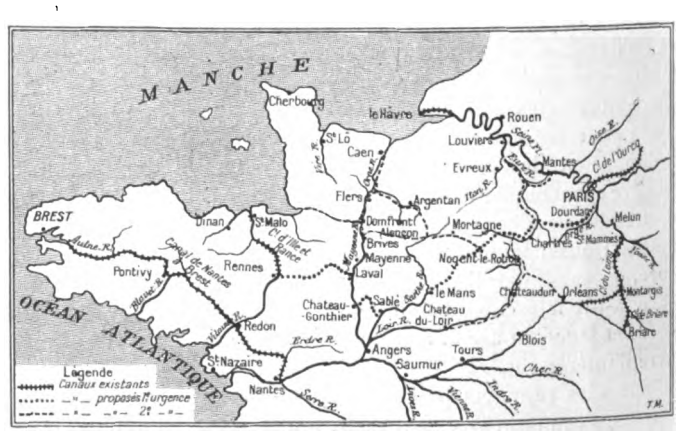


FIG. 4. — Les voies navigables de l'Ouest de la France et les canaux projetés.

du canal de Gand à l'Escaut; cet ouvrage offre une profondeur de 8m,75 pour une largeur à la surface de 97 m en Belgique et de 67 m en Hollande; il constitue donc un vrai canal maritime (fig. 5, 6 et 7). Cet ouvrage est raccordé à Gand avec le canal de Gand à Bruges, lequel vient également d'être agrandi jusqu'à une largeur au plafond de 18 m pour un mouillage de 3m,10; ces travaux ont eu pour but de rendre possible la circulation des bateaux du Rhin.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 12 (décembre 1910), p. 667 et pl. IV.

Digitized by Google

de 100 m de longueur, et 2m,50 d'enfoncement, et leur croisement avec les bateaux wallons de 40 m × 5 m × 2m,10.

Un autre canal belge en construction, dit canal du Centre, établira une nouvelle jonction entre les bassins de la Meuse et de l'Escaut; d'une longueur de 21 km, il rachète une chute totale de 89 m au moyen de quatre ascenseurs hydrauliques et de six écluses. Chaque ascenseur franchit une chute d'environ 17 m.

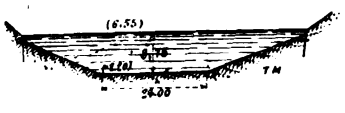


Fig. 5. — Canal de Gand à l'Escaut. (Profil en territoire belge).

Dans les Pays-Bas, les voies de navigation intérieure sont surtout des canaux maritimes, et leur amélioration est constamment poursuivie proportionnellement aux besoins de la navigation. Ainsi, le canal d'Amsterdam à la mer du Nord vient d'être approfondi à 10m,30, avec une largeur au plafond de 50 m; deux ponts-rails existants ont dû pour cela être remplacés par des ponts tournants de 55 m d'ouverture. L'ancienne voie maritime de Rotterdam à la mer est également l'objet de nombreux travaux de dragage et régularisation.

Mais il semble bien que ce soit en Allemagne que se manifeste la plus grande activité pour le développement de la navigation intérieure. Les besoins industriels de ce pays l'ont conduit à rechercher l'utilisation complète des nombreuses voies d'eau dont la nature l'a doté.

Le réseau des voies navigables allemandes atteint un développement d'environ 13 800 km. Cette longueur est restée sensiblement stationnaire depuis 1875, car les 300 km de canaux construits depuis cette époque ont été compensés par l'abandon relatif d'une même longueur de vieux canaux, d'où leurs dimensions insuffisantes ont détourné le trafic. Cette constatation est fort intéressante, puisqu'elle constitue la preuve que tout outillage public qui ne se modernise pas est irrémédiablement condamné à l'abandon. Par contre, la capacité de rendement du réseau des voies d'eau allemandes s'est accrue d'une façon formidable : les transports par eau atteignent plus de 25 % du mouvement total des transports en Allemagne.

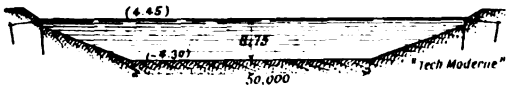


Fig. 6. — Canal de Gand à l'Escaut. (Profil en Hollande.)

Ce développement intense a été favorisé par l'aménagement de canaux à grande section : canaux de Plauen, Friedrich-Wilhelm, Oder-Spree, Main-Francfort, Dortmund-Ems. Le canal de Finow, qui relie Magdebourg, Berlin et Stettin, vient d'être complètement remanié pour permettre l'arrivée à Berlin de chalands de 600 t.

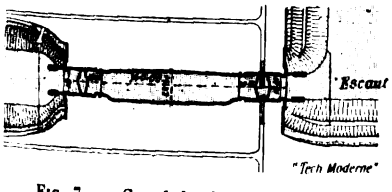


Fig. 7. — Canal de Gand à l'Escaut. (Ecluse terminale de Terneuzen.)

Ce canal, qui fait communiquer Berlin avec la mer Baltique, utilise la Havel et l'Oder; il avait primitivement une largeur de 16 m au plafond et 23 m à la flottaison, pour un mouillage minimum de 1m,60. Les travaux entrepris porteront son tirant d'eau à 3 m, avec une largeur à la flottaison de 33 m. Le nombre des écluses a été ramené de dix-neuf à sept. Le bief de partage, à Niederfinow, présente une chute totale de 35m,70, rachetée par quatre écluses de 8m,93 de hauteur de chute; six bassins d'épargne accolés à ces écluses permettent d'économiser 60 % de l'eau d'éclusage. Tout en favorisant la navigation entre Berlin et le port de Stettin, cette nouvelle voie ne saurait donc être considérée comme un canal maritime, puisqu'elle ne permet que la circulation des chalands de 600 t.

Mais c'est surtout le développement des installations des ports fluviaux qui permet de juger de l'essor pris par la navigation intérieure allemande. Le plus important de ces ports est Duisbourg-Ruhrort, au confluent de la Ruhr et du Rhin, dont le mouvement atteint 20 millions de tonnes. Viennent ensuite Berlin-Charlottenburg, puis Hambourg et Mannheim.

Pour satisfaire à des trafics aussi importants, les ports intérieurs comportent, non seulement des quais de rive comme en France, mais aussi des séries de bassins et de jetées, donnant au plan d'ensemble l'aspect d'un port de mer. Les surfaces d'eau sont complètement entourées, comme à Dusseldorf (fig. 8), d'un réseau de voies ferrées comprenant un grand nombre de voies de garage. Les chemins de fer, au lieu de considérer ces ports comme des concurrents, en font des débouchés pour leur trafic, et favorisent ainsi largement le développement des transports fluviaux.

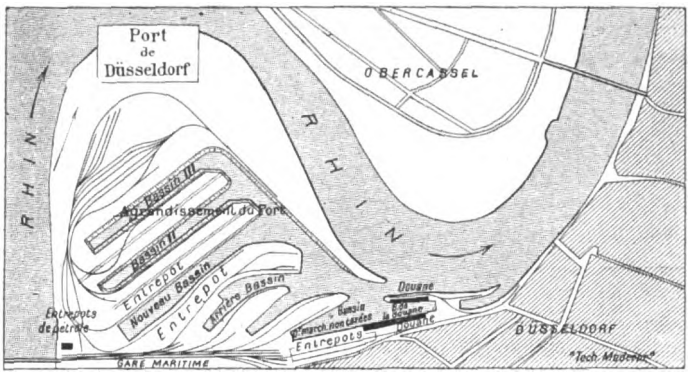


Fig. 8. — Agrandissements du port fluvial de Dusseldorf.

Les grands fleuves européens sont en outre de plus en plus utilisés pour des transports rapides, par bateaux à grande vitesse et départs réguliers. C'est ainsi qu'en Allemagne, des services journaliers sont organisés entre Cologne-Rotterdam et Cologne-Duisbourg sur le Rhin, et Hambourg-Laube (630 km) sur l'Elbe. En Russie, le Volga transporte 16 millions de tonnes, soit la moitié du tonnage fluvial de ce pays; le voyage de Nijni-Novgorod à Astrakan, soit 2 200 km, est effectué en cinq jours par des vapeurs de 1 500 ch transportant 1 400 voyageurs. De grands chalands de 9 000 t viennent d'y être mis en service pour les transports de naphte. Sur le Danube, d'importants services de voyageurs et marchandises assurent un trafic important.

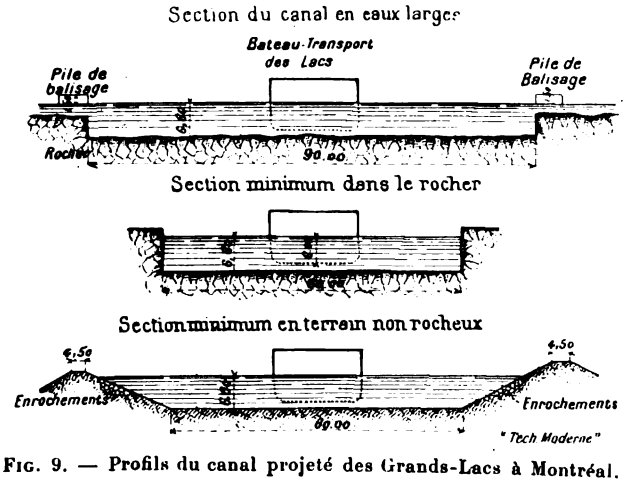


Fig. 9. — Profils du canal projeté des Grands-Lacs à Montréal.

En Amérique, la navigation intérieure est surtout développée dans la région des Grands-Lacs nord-américains dont la série forme frontière entre le Canada et les Etats-Unis. La présence sur les rives de ces lacs, de villes industrielles comme Chicago,

Digitized by Google

Milwaukee, Cleveland, etc., provoque un mouvement énorme de charbons et de minerais, auquel vient s'ajouter le transport des blés circulant des régions productrices de l'Ouest américain et du Canada, vers l'Europe.

Le transport de ces marchandises, se faisant en vrac et par grandes quantités, a amené l'emploi de grands transports de plus de 9 000 t, dont les dimensions atteignent 180 m de longueur, 18 m de largeur et 6 m de tirant d'eau. Il serait, d'ailleurs, impossible d'employer de petits chalands sur les Grands-Lacs, qui subissent de très fortes tempêtes; bien que la durée de la saison navigable soit réduite dans ces régions à environ deux cent vingt jours, par la congélation hivernale des rivières et chenaux, le trafic marinier y a dépassé 75 000 000 de tonnes. Les aménagements des ports ont dû être effectués en conséquence, et la ville de Buffalo a dépensé en 1907 plus de 25 000 000 pour approfondir son port à 6 m.

Bien que ces lacs soient reliés par des rivières, on a dû aménager des canaux d'intercommunication pour racheter les différences de niveau des lacs entre eux et pour permettre le passage des grands vapeurs.

La série des grands lacs est en communication avec l'Atlantique par le fleuve Saint-Laurent qui constitue la grande route commerciale vers les ports d'exportation de Montréal et de Québec. Il présente de nombreux rapides, franchis au moyen d'une série de 6 canaux comportant 22 écluses, dont l'une à Farran's Point a une longueur de 240 m, les autres ayant, en moyenne, seulement 80 m.

D'autre part, le gouvernement canadien a étudié et poursuit la réalisation entre le lac Huron et Montréal, d'un canal maritime qui ouvrirait une communication directe entre les grands lacs et l'Océan, en ramenant le trafic en territoire canadien. Les dimensions de ce canal, dit de la Baie Géorgienne, sont établies afin qu'il puisse livrer passage aux plus grands navires des lacs (180 m × 18 m × 6 m de calaison), et dans ce but la profondeur d'eau minimum sera de $6^{m},60$ (fig. 9, p. 407). Les travaux prévus consistent dans l'aménagement, sur une longueur de 708 km, des rivières Saint-Laurent, Ottawa, Mattawa, des Français et du lac Nipissing. Cette voie navigable aurait une largeur variant de 90 m dans les terrains rocheux à excaver, jusqu'à 300 m, dans les chenaux libres des rivières et lacs; 27 écluses sont prévues pour une dénivellation au bief de partage de 197 m de hauteur.

Une des caractéristiques du projet est la mise en valeur de la force hydraulique des réservoirs à créer pour les besoins du canal, force évaluée à un million de chevaux-vapeur.

Comme on le voit par ces données, l'Amérique du Nord sait utiliser de la façon la plus large les magnifiques voies d'eau dont elle est dotée, et qui jouent un rôle important dans son formidable développement économique. Aussi, le Congrès des Associations permanentes de navigation, qui s'est tenu en mai 1912 à Philadelphie, présentait-il un intérêt particulier, par suite de la proximité de ces grands centres de navigation maritime et fluviale qui n'ont pas manqué d'être visités par les congressistes de l'ancien continent.

Les questions intéressant la navigation intérieure ont fait l'objet des travaux de la première section de ce Congrès. Une série de conclusions, que nous allons résumer succinctement, ont été votés comme suite aux rapports et discussions auxquels ont donné lieu les questions examinées :

1° Amélioration de rivières, de préférence à leur canalisation. Les cas où l'amélioration des rivières par régularisation, dragages ou réservoirs, doit être préférée à la canalisation ou à l'établissement de canaux latéraux, ne peuvent être déterminés par des règles fixes. Un grand nombre de considérations spéciales et locales sont en effet à apprécier dans cette comparaison; aussi le Congrès s'est-il borné à demander que des études, reliées par une organisation scientifique et des laboratoires hydrotechniques, soient entreprises dans les divers pays, afin de déterminer la classification des rivières au point de vue régime et navigation, sur la base d'un formulaire clair et court.

2° Dimensions à donner aux canaux et principes de leur exploitation. Les conclusions se résument facilement :

1) Adopter des dimensions-types pour éviter les transbordements;

2) Créer des ports bien aménagés, faciliter les transbordements et organiser une circulation rapide;

3) Améliorer progressivement la voie navigable et son matériel;

4) Recourir à des bateaux remorqués ou à des bateaux automoteurs;

5) Opérer mécaniquement la manœuvre des écluses, pour un trafic important.

3° Dispositions des ports intermédiaires et des ports terminus. Cette question très importante a donné lieu aux vœux suivants :

1) Créer un système unifié des transports par voies ferrées et voies d'eau dans chaque pays, en assurant, par une réglementation administrative, la coordination des services des chemins de fer et des voies navigables.

2) Les wharfs, docks, entrepôts et autres aménagements doivent toujours être affectés à l'usage du public, et non pas constituer des propriétés exclusivement privées.

3) Les mesures législatives ou administratives pour coordonner les voies ferrées et fluviales, ainsi que les installations des ports, doivent varier suivant les divers pays.

4) L'aménagement et les installations mécaniques des ports doivent être adaptés aux conditions et exigences locales.

Tous ces vœux paraissent extrêmement logiques, et leur réalisation en France serait des plus profitables pour le développement des transports économiques que réclament toutes nos régions industrielles. L. D. F.

CHEMINS DE FER

LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE SYSTÈME WESTINGHOUSE DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU MIDI

La locomotive fournie par la Société Westinghouse a également répondu en tous points au programme imposé par la Compagnie des chemins de fer du Midi (1).

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

Longueur de la locomotive hors tampons. .	11,370 m
Longueur de la caisse	10,655 m
Hauteur de la caisse au-dessus du rail. . .	3,855 m
Diamètre des roues motrices	1,200 m
Empattement total	8,800 m
Empattement rigide	4,000 m

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er Janvier 1913), p. 9; n° 8 (15 Avril 1913), p. 295.

Digitized by Google

Poids total de la locomotive.	81 t
Charge par essieu	18 t
Poids de la partie mécanique, environ . . .	38 t
Poids de l'équipement électrique, environ. .	43 t
Puissance.	1 200 ch
Vitesse maximum	75 km/h

DISPOSITIF MÉCANIQUE. — Cette locomotive est équipée avec deux moteurs à engrenages accouplés avec des bielles et possède trois essieux moteurs et, à chaque extrémité, un essieu porteur ou bissel.

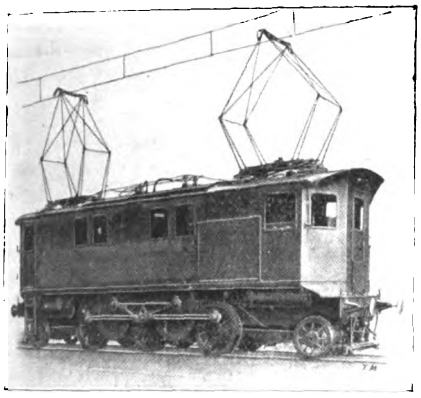


FIG. 1. — Locomotive électrique système Westinghouse.

Chaque moteur attaque par engrenages un faux essieu et des manivelles, calées sur chacun des deux faux essieux, commandant des bielles latérales qui rendent solidaires les trois roues motrices. Les deux manivelles d'un même faux essieu sont calées à 90°.

La figure 1 représente la vue d'ensemble de cette locomotive, la figure 2 donne les détails de construction et plan du châssis.

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE. — Afin d'obtenir un fonctionnement sûr, quelles que soient les avaries survenant à l'un des appareils, on a installé en double les prises de courant à 12000 volts, les transformateurs réducteurs de tension, les compresseurs d'air et les ventilateurs.

Le poids de l'équipement électrique a été par suite augmenté, mais les avantages qui en résultent pour l'exploitation compensent largement cet inconvénient.

Les deux moteurs sont du type à enroulement série compensé avec ventilation forcée. Chacun d'eux peut développer sur son arbre, normalement et d'une façon continue, une puissance de 600 ch, l'élévation de température ne dépassant pas 75°.

Les caractéristiques de ces moteurs sont données par les courbes de la figure 3. Ils sont alimentés à la tension de 420 volts et à la fréquence de 16 2/3 périodes par seconde.

Le poids des deux moteurs avec pignons et couronnes dentées pour les engrenages est au total de 26 800 kg.

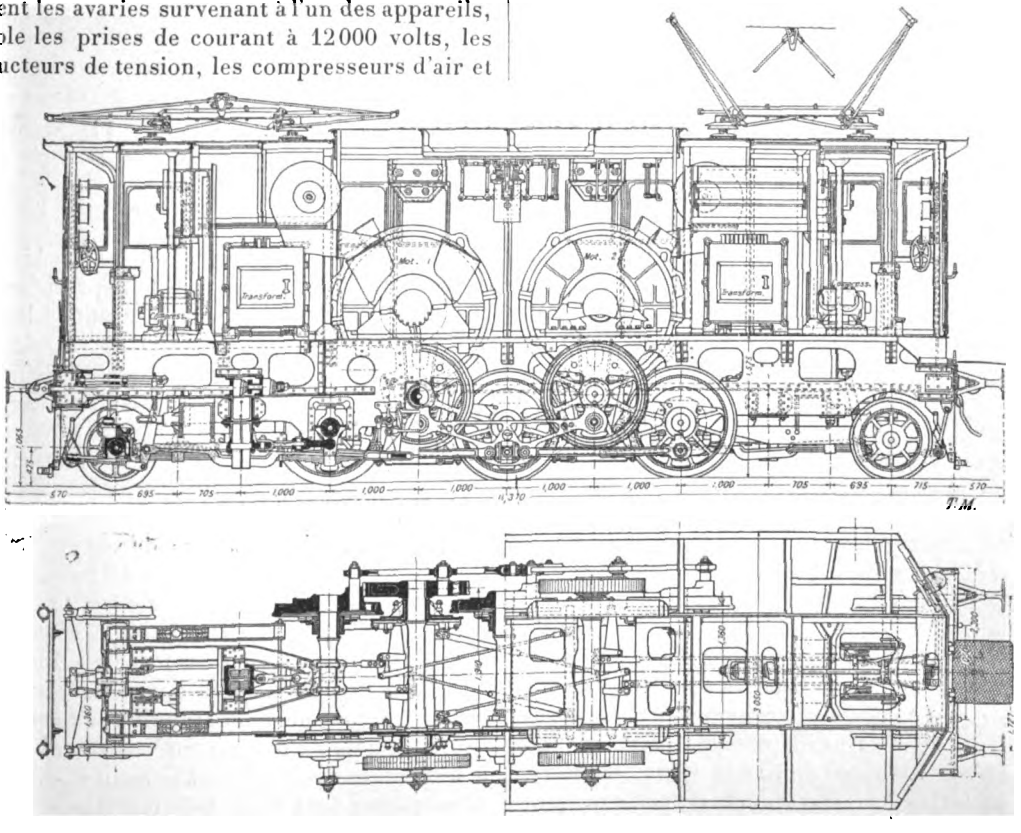


FIG. 2. — Élévation et plan de la locomotive électrique système Westinghouse.

Les deux transformateurs sont du type à air soufflé. Les enroulements secondaires à basse tension de ces transformateurs sont divisés en sections permettant d'obtenir des tensions différentes pour l'alimentation des moteurs. Des bobines, dites préventives, servent à éviter toute avarie qui pourrait résulter de la mise en court-circuit d'une section du secondaire du transformateur.

Les deux transformateurs, avec leurs bobines préventives, pèsent ensemble 9 650 kg.

La prise de courant est obtenue par deux pantographes.

La commande à unités multiples est effectuée par l'intermédiaire de contacteurs du système électropneumatique Westinghouse.

Les contacteurs sont fermés par l'air comprimé et ouverts par de puissants ressorts. Les valves électromagnétiques sont alimentées par une prise de courant à 65 volts sur les secondaires des transformateurs.

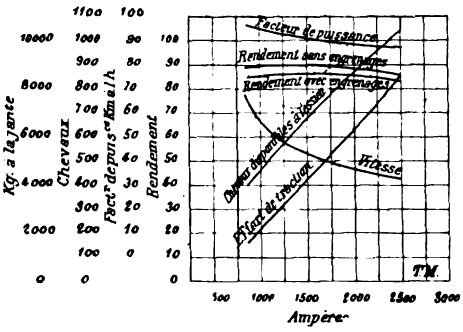


FIG. 3. — Caractéristique du moteur système Westinghouse.

La figure 4 (p. 410) donne un schéma simplifié des connexions du circuit principal de la locomotive.

L'installation a été prévue avec un système de connexions des moteurs et des transformateurs tel que l'énergie électrique puisse être récupérée en descendant les rampes. Ce résultat est obtenu en excitant séparément l'un des moteurs par le transformateur et en utilisant le courant de l'induit de ce moteur pour exciter le second moteur. Le champ de ce second moteur est ainsi décalé d'environ 180° et son induit peut être relié directement au transformateur au moyen d'un interrupteur. On peut ainsi récupérer sur la ligne l'énergie produite.

Ce système, nécessitant un nombre supplémentaire de contacteurs pour correspondre à différentes vitesses et à différents régimes de récupération, a été remplacé par un freinage rhéostatique qui consiste à exciter les moteurs par une dérivation des transformateurs et à les faire débiter sur des résistances. On obtient ainsi une grande facilité de manœuvre et une souplesse de freinage beaucoup plus grande qu'avec la récupération.

Lors d'essais récents, on a pu freiner un train de 100 t sur une

Digitized by Google

pente de 17 mm en réglant la vitesse à volonté entre 62 et 10 km à l'heure. Avec un train de 280 t, sur la même pente, on a réglé facilement la vitesse de 42 à 14 km à l'heure.

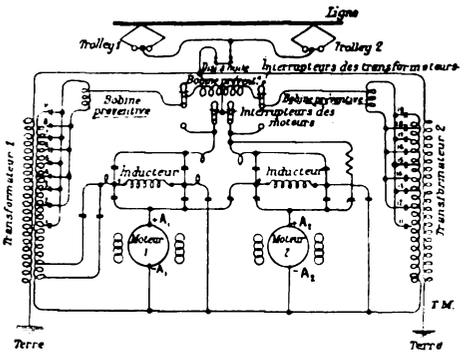


FIG. 4. — Schéma des connexions du circuit principal de la locomotion Westinghouse.

La récupération complique beaucoup l'installation et exige un plus grand nombre de contacteurs, sans compter la grande attention que doit apporter le mécanicien.

La locomotive est munie de deux compresseurs d'air pour alimenter les freins et le système électropneumatique de commande des contacteurs.

Deux ventilateurs distribuent par des conduites appropriées l'air nécessaire à la ventilation des moteurs et des transformateurs.

* * *

Les conditions de démarrage et de traction des trains d'essai de 100, 280 et 400 t sur une rampe de 17 mm ont été très facilement remplies.

L'effort de traction aux roues de la locomotive, fixé à 12 500 kg au maximum, a pu atteindre et même dépasser 15 000 kg. Il est possible d'atteindre la limite de l'adhérence. On peut ainsi éviter en exploitation des avaries aux moteurs si on leur impose une trop forte surcharge.

Au cours des essais, on a obtenu les résultats suivants :

Traction d'un train de 280 t ;

Vitesse	42 km/h
Puissance développée aux crochets	950 ch
Tension sur la ligne	11 000 volts
Intensité	100 amp.
Kilovolts-ampères	1 100
Kilowatts	970
Cos. φ	0,88
Rendement	72,4 °/₀
Effort approximatif au crochet	6 100 kg

Traction d'un train de 100 t :

Vitesse	62 km/h
Puissance développée au crochet	505 ch
Tension sur la ligne	11 700 volts
Intensité	73 amp.
Kilovolts-ampères	855
Kilowatts	790
Cos. φ	0,92
Rendement	47,4
Effort approximatif au crochet	2 200 kg

J.-A. MONTPELLIER.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

LES MACHINES-OUTILS MODERNES POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX [1]

MACHINES A FRAISER SPÉCIALES.

Ces fraiseuses, construites ou agencées pour l'exécution de divers travaux déterminés, comprennent une grande variété de machines, principalement les machines à tailler les fraises, les forets hélicoïdaux, les têtes de boulons, les écrous; les machines à fraiser les rainures et les mortaises; à graver; à tailler les engrenages, les roues et vis sans fin; à arrondir les dents d'engrenages des trains balladeurs; à fileter à la fraise.

MACHINES A TAILLER LES FRAISES. — Les fraiseuses universelles peuvent, à l'aide de montages accessoires, tailler les fraises cylindriques et coniques à denture droite ou hélicoïdale; pour la taille des fraises de forme où l'affûtage se fait sur le dos de la dent, il faut, en plus, un mouvement de reproduction pour y faire suivre à la fraise taillante la génératrice de la surface à tailler.

Sur ces machines qui ne permettent, d'ailleurs, que la taille des dents droites, la fraise à tailler est montée sur une poupée avec plateau à toc, contre-pointe et diviseur à trous ou à crans qu'on manœuvre à la main. Les deux mouvements nécessaires pour la reproduction se font à la main (progrès industriel) ou bien l'un automatiquement et l'autre à la main (Huré, Prétot); dans le premier cas, un levier permet d'appliquer, par pression, la touche sur le reproducteur, en même temps qu'un second levier produit le déplacement de la fraise; dans le deuxième cas, le déplacement rectiligne est automatique et un levier à main permet de faire suivre à la touche et, par suite, à la fraise, les sinuosités du reproducteur.

Il y a lieu de remarquer que les machines à tailler les fraises n'ont pas à produire un travail de précision, puisque le creux de la dent n'est qu'un dégagement destiné à loger, aussitôt la coupe, les copeaux détachés; on peut donc, sans inconvénient, établir le profil du reproducteur par un tracé théorique de la fraise en suivant une pièce bien faite; mais, comme il faut que les creux du reproducteur soient de profondeur proportionnelle au diamètre de la fraise, en chaque point, le profil du gabarit devra être tracé en conséquence.

Sur le secteur de tête de la fraiseuse universelle Prétot est fixé un long bras articulé, à l'une de ses extrémités, et qui supporte, vers le milieu de sa longueur, la fraise taillante et, à son autre extrémité le galet qu'on appuie sur le reproducteur, lequel est fixé, comme la pièce à tailler, sur le chariot supérieur de la machine.

L'arbre porte-fraise de la machine Huré est monté sur un chariot à double déplacement horizontal et vertical et qui, de plus, est articulé par un joint sphérique au levier qui porte le galet du reproducteur. Le mouvement horizontal de ce chariot sert pour la manœuvre entièrement à la main et est bloqué pour la marche automatique de la table de la machine.

Il est regrettable que les constructeurs semblent renoncer à établir des machines à tailler les fraises entièrement automatiques, comme il s'en est construit il y a une vingtaine d'années. Ces machines, qui sont très employées dans les manufactures d'armes de l'Etat, seraient avantageuses pour les ateliers où il faut journellement retailler un grand nombre de fraises, car elles permettent à un seul ouvrier de conduire trois ou quatre fraiseuses, ce

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 11 (1er juin 1912), p. 409; t. V, n° 2 (15 juillet 1912), p. 61; n° 4 (15 août 1912), p. 124; n° 7 (1er octobre 1912), p. 228; t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 16.

Digitized by Google

qui réduit de beaucoup les frais d'entretien de l'outillage. L'étude de ces machines ne demande pourtant que quelques précautions pour éviter les rampes trop raides dans les contours du reproducteur et, par suite, supprimer d'aider avec la main au déplacement du levier porte-galet le long de ces rampes.

Machines a fraiser les forets hélicoïdaux. — Les fraiseuses universelles donnent bien la taille en hélice des forets, mais ne peuvent la faire que pour une seule des deux rainures torses qui s'enroulent sur ces forets. Les machines Reinecker peuvent fraiser ces deux rainures en même temps par l'emploi de deux fraises taillantes dont les arbres, situés dans deux plans verticaux différents, font entre eux un angle mesurant le double de l'inclinaison de chaque rainure sur l'axe du foret, qui est maintenu horizontal et passe entre les fraises qui le creusent en avançant et tournant sur lui-même. Les fraises sont inclinées dans le sens des rainures et montées chacune sur la tête inclinable d'un chariot mobile transversalement. Si la profondeur des rainures ne doit pas varier, on immobilise ces chariots; si, au contraire, on veut que l'épaisseur du foret augmente progressivement de la pointe à la queue cylindrique qui s'emmanche dans le porte-outil, les chariots sont déplacés lentement au moyen d'un mouvement par came.

La machine du Progrès Industriel peut façonner un foret à pas croissant avec l'épaisseur de plus en plus forte de la pointe à la queue, ce qui donne l'avantage d'une section sensiblement constante aux rainures pour le dégagement des copeaux, et évite ainsi leur bourrage qui cause tant de ruptures des forets à âme mince. Le foret à tailler tourne fixé dans le mandrin d'un arbre horizontal, et les deux fraises placées l'une au-dessous de l'autre, de chaque côté du foret, sont portées chacune sur un chariot qui, par le mouvement d'une roue excentrée, donne le pas croissant du foret; son épaisseur variable est assurée par un plan incliné, qui fait monter l'un des chariots porte-fraise pendant que l'autre descend, les deux fraises s'écartant ainsi progressivement au fur et à mesure de l'avancement du fraisage.

Machines a fraiser les têtes de boulons et les écrous. — Dans la fraiseuse Prétot, les six faces d'un même hexagone sont taillées simultanément par six fraises à deux dents, disposées pour que ces dents s'enchevêtrent sans inconvénient. La tête ou les écrous à travailler sont fixés horizontalement sur les six faces d'un barillet à axe vertical, qui se déplace automatiquement d'un sixième de tour pour présenter une nouvelle pièce à travailler. La pose des pièces prises dans un mandrin expansible se fait pendant le travail et cette alimentation continue permet un bon rendement. Sur une autre machine du même constructeur, la production est encore plus grande, le travail se faisant sur trois pièces à la fois et un ouvrier pouvant conduire en même temps deux machines qui opèrent simultanément douze fraisages.

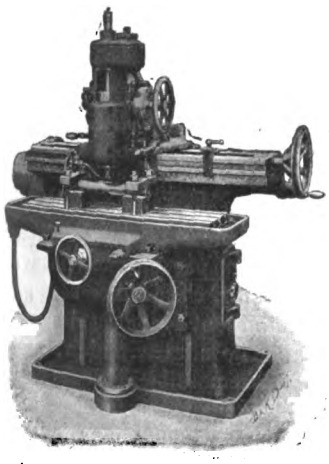


Fig. 1. — Fraiseuse verticale automatique pour rainures de clavettes (système De Fries).

La fraiseuse Huré peut tailler rapidement les faces des écrous ayant de deux à douze pans avec un diamètre entre 5 et 120 mm, en taillant un seul pan et successivement tous les autres, ou deux pans à la fois, selon que l'on équipe la machine avec une ou deux fraises. La pièce à fraiser est montée sur un double chariot à mouvements croisés pour bien la présenter à la fraise en la fixant sur un mandrin à mordaches; mais, comme très fréquemment cette pièce est un écrou forgé déjà taraudé, il est plus commode de la visser sur une tige verticale filetée comme on le verra sur la figure 41 de notre dernier article sur les machines-outils modernes pour le travail des métaux (1). On manœuvre les chariots à la main, de façon à fraiser un ou deux pans et on dégage ensuite la pièce par le retour des chariots en arrière. On fait alors tourner rapidement la pièce d'un quart ou d'un sixième de tour à l'aide d'un diviseur à butées. Il est à remarquer que si l'on travaille avec la fraise en bout, on taille un pan à l'aller et le pan suivant au retour : il suffit donc de trois passes aller et retour pour le finissage d'un écrou à 6 pans.

Machines a fraiser les rainures et les mortaises. — Le fraisage se prête très bien à l'exécution des rainures et mortaises dans les arbres, et certaines machines portatives permettent ces fraisages sur place, en les fixant sur l'arbre par des lunettes à boulons de serrage. Une manivelle actionnant un train d'engrenages multiplicateurs de force donne le mouvement rotatif à la fraise. Un mouvement d'avance suivant une génératrice de l'arbre, et une vis qui descend la fraise à la profondeur voulue complètent la machine.

Pour rainurer des arbres démontés, on peut utiliser les fraiseuses horizontales, et si la longueur de la rainure est plus longue que la course totale de la table, le montage employé permet de déplacer les arbres dans le sens longitudinal et de les bloquer en position sans changer leur assise qui se transporte, par glissement, sans crainte d'un déplacement latéral nuisant à la rectitude du fraisage.

Les machines spécialement disposées à cet effet peuvent être construites d'après ce principe de fonctionnement, mais elles sont le plus souvent avec un porte-fraise vertical, comme le montre la figure 1, ce qui permet de terminer les rainures par un demi-cercle creusé à la profondeur normale de la rainure, et de faire les mortaises d'une façon semblable en perforant l'arbre de part en part.

Machines a graver. — Les fraises peuvent être également employées pour ébaucher et creuser les gravures et faire tous travaux analogues, en relief ou en creux, sur les métaux, le marbre, le bois, l'ivoire, etc., soit qu'on reproduise un contour déterminé, soit qu'on amplifie ou réduise un modèle donné. On a montré (2) une machine de ce genre disposée pour faire la gravure par reproduction.

Les machines à graver sont basées sur un principe analogue à celui des fraiseuses à reproduire : une touche qui suit les reliefs du modèle à l'aide d'un levier, conduit la fraise taillante avec des dispositifs spéciaux permettant sur la pièce à travailler d'augmenter ou de réduire les reliefs, de faire un contour semblable au modèle ou un contour symétriquement disposé par rapport à l'une quelconque de ses faces.

Le rapport de réduction ou d'agrandissement est donné par le déplacement de la fraise le long du levier porte-touche, et les profils symétriques sont formés par le renversement du mouvement de la fraise sur le levier par rapport à la touche.

Machines a fraiser les dentures d'engrenages divers.

L'énorme développement pris par l'emploi des engrenages tournant à grande vitesse dans les automobiles, tramways électriques, machines-outils, etc., a imposé la recherche des moyens rapides et précis pour la construction de ces organes.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 17, fig. 41.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 18, fig. 43.

Digitized by Google

La forme des dents à développante, qui avait été délaissée pour les profils épicycloïdaux, revient en faveur et a même été choisie pour établir de nouveaux procédés de taillage.

En France et en Belgique, on a l'habitude, dans l'établissement des engrenages à axes parallèles, de considérer comme nécessaire un certain jeu dans la denture, jeu qui se produit dans la suite par l'usure, et si on ne peut admettre aucun écart dans le contact des dents, on adopte les engrenages hélicoïdaux; tandis qu'en Amérique, en Angleterre et en Allemagne, on emploie l'engrenage droit taillé sans jeu, qui offre tous les avantages des engrenages hélicoïdaux sans leurs inconvénients, principalement les frottements et les poussées qui en résultent.

Une autre conséquence de l'importance acquise par la construction des engrenages, et employée d'abord par les Anglais et les Américains pour réduire notablement les frais d'outillage qu'entraînait le manque d'unité dans le pas et la proportion des dents, fut l'emploi du pas diamétral substitué à l'usage du pas circonférentiel. Ces deux genres de notation étant dans le rapport de 1 à π, on pouvait très facilement passer de l'une à l'autre; et l'uniformité dans le tracé des dents a fourni les très simples règles suivantes pour déterminer la construction des engrenages :

1° Le diamètre primitif de la roue est donné par le produit du nombre des dents par le pas diamétral;

2° La distance de centre en centre de deux roues engrenées est égale à la demi-somme des nombres de dents multipliée par le pas diamétral;

3° Le diamètre extérieur d'un engrenage s'obtient en multipliant le nombre de ses dents, plus deux, par le pas diamétral;

4° La hauteur d'une dent au-dessus du cercle primitif est égale au pas diamétral.

Ce qui donne l'important avantage d'avoir, en pratique, presque toujours des diamètres primitifs, des diamètres extérieurs pour le tournage des roues, et une distance des centres exprimés par un nombre entier de millimètres, ou tout au moins de demi-millimètres. L'emploi universel de cette méthode permet d'établir une série de pas diamétraux métriques, espacés de 0,5 mm, et qui répond à tous les besoins de l'industrie.

Taille des engrenages cylindriques. — Ce fraisage repose en principe sur deux procédés : le taillage à la fraise de forme et le taillage par engrènement, selon qu'on emploie, dans le premier cas, une fraise qui entame le métal comme s'il s'agissait d'une crémaillère, moyen examiné précédemment en décrivant les appareils accessoires des fraiseuses horizontales et verticales; ou en employant, dans le second cas, une crémaillère, une vis sans fin ou un engrenage dont les dents sont disposées pour couper des roues qui engrèneront avec ces outils taillants, et qui engrèneront également toutes entre elles si la forme de leur denture a été convenablement déterminée.

1° *Taillage à la fraise de forme.* — S'il s'agit de dents droites, la fraise doit avoir un profil s'ajustant exactement au creux entre deux dents, et l'axe de ce profil doit passer par le centre de la roue à tailler; s'il s'agit de dents hélicoïdales, le profil de la fraise est pris dans la section normale d'un cylindre oblique, ayant ses génératrices parallèles à la tangente à l'hélice qui passe par la circonférence primitive d'un tracé fait comme pour les dents droites. Dans les deux cas, on établira ces fraises à profil « constant », c'est-à-dire que leur affûtage, fait sur le devant de la dent, conservera la forme invariable de leur profil.

Sur toute fraiseuse munie d'un appareil diviseur, on peut tailler des roues à dents droites; lorsqu'on vient de fraiser les creux entre deux dents, on ramène la fraise en arrière, on donne par le diviseur la fraction de tour nécessaire à la roue à tailler et on fraise le creux suivant. Plusieurs types de fraiseuses font ces opérations automatiquement (Brown et Sharpe, Huré, Schultz).

Le fraisage hélicoïdal demande en plus que la roue pivote sur elle-même pendant que se déplace la fraise, et ces machines (Ernault, Bouhey, Progrès Industriel) n'ont pas l'automaticité dans la succession du fraisage des creux.

Mais ces deux genres de fraiseuses pour roues droites ou hélicoïdales peuvent effectuer la rectification des roues à vis sans fin au moyen d'une vis-mère, en rendant le mouvement de rotation de la roue à tailler, nécessaire pour la division ou la taille en hélice, solidaire du mouvement de rotation de la fraise (Bouhey, Huré, Progrès Industriel).

Sur les machines entièrement automatiques pour tailler les engrenages cylindriques (Biernatzki, Brown et Sharpe, Holroyd, Pfauter, Reinecker), la roue à tailler est montée sur un axe horizontal que porte un chariot à déplacement vertical, et elle est reliée à l'appareil diviseur par une roue de vis sans fin. La fraise, portée par un mandrin horizontal sur un chariot à mouvement automatique avec renversement de marche à chaque fin de course et retour rapide à chaque passe, entame la roue par

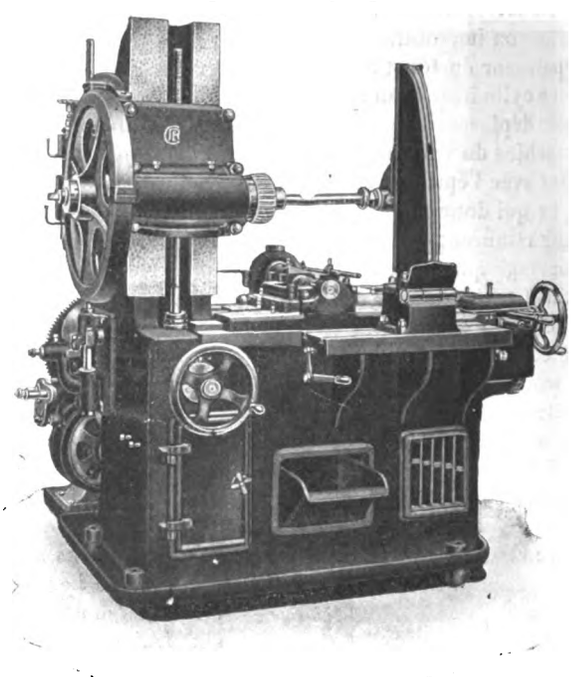


Fig. 2. — Fraiseuse automatique à tailler les engrenages cylindriques (système Reinecker).

dessous. Les avances de cette fraise sont variables suivant une progression géométrique et sont obtenues à l'aide d'engrenages de rechange; elles sont commandées par un mouvement à vis sans fin et par un embrayage positif, c'est-à-dire sans glissement. Le retour rapide et la division sont actionnés indépendamment de l'avance et de la commande de la fraise, afin qu'ils s'effectuent toujours à la plus grande vitesse possible. Tous les réglages sont munis de verniers micrométriques avec ramenage à zéro, et on peut adopter sur ces machines un dispositif spécialement agencé pour fraiser les roues à denture intérieure.

Ces machines donnent un exemple des avances considérables qui peuvent être obtenues par une bonne disposition des mécanismes. Il a été constaté, en pratique, sur une fraiseuse Brown et Sharpe, qu'on peut obtenir une avance de 150 à 200 mm par minute avec une fraise à treize dents développant environ 18 m à la minute comme vitesse circonférentielle et taillant d'une seule passe, en pleine fonte, le creux d'une dent du pas de 20 mm.

On a construit des machines de ce genre où l'arbre porte-fraise horizontal reçoit une ou deux fraises à dégrossir et une fraise finisseuse; toutes ces fraises travaillent simultanément dans le plan de la roue à tailler, les premières en avant du finissage, et la

Digitized by Google

dernière dans le plan diamétral de la roue, de façon à terminer toutes les dents rigoureusement dans la même position de la verticale qui passe par le centre de la roue.

L'appareil de division qui agit automatiquement après le finissage de chaque dent, à la suite du retour rapide des fraises, amène successivement chaque emplacement des dents vis-à-vis ces fraises dont la position ne change pas par rapport au centre de la roue à tailler. Les fraises dégrossisseuses ont, bien entendu, une forme autre que la fraise finisseuse et doivent être tracées en tenant compte de l'inclinaison des dents à tailler.

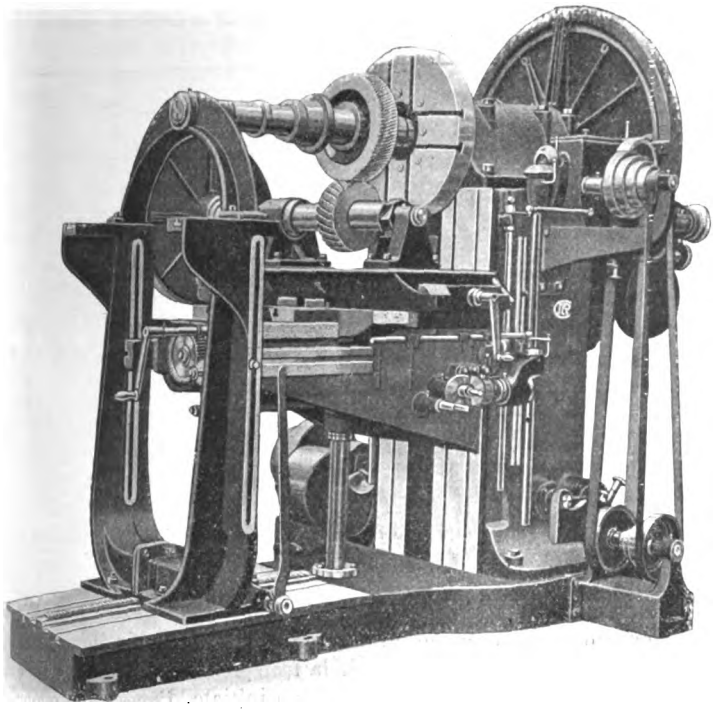


Fig. 3. — Machine automatique à tailler les engrenages droits, hélicoïdaux, à vis tangente et à vis globique (système Reinecker).

Sur les fraiseuses qui peuvent tailler les roues droites et hélicoïdales (Ernault, Progrès Industriel), la fraise peut se placer sur un arbre vertical pour la taille des premières, mais peut aussi s'incliner à l'angle convenable pour tailler les secondes. La roue, sur un axe horizontal, présente les mêmes dispositions que les machines précédentes en ce qui concerne les mouvements automatiques des avances et la division. Sur la fraiseuse Ernault, le retour de la fraise et la conduite de la division se font toujours à la main, mais sur celle du Progrès Industriel, cette disposition n'est appliquée que pour la taille hélicoïdale, et le retour, comme la division, sont automatiques pour la taille des dentures droites.

2° *Taillage par engrènement.* — Depuis une vingtaine d'années, on a employé pour le taillage des dentures sur les roues cylindriques et coniques, un nouveau procédé qui consiste à tailler les dents au moyen du pignon avec lequel elles doivent engrener; mais ce procédé ne serait pas économique si l'on devait construire un pignon spécial pour chaque roue à tailler; aussi, pour le rendre pratique, on y a appliqué le principe fondamental des engrenages à développante, qui peut se résumer ainsi : deux roues de même pas et à denture à développante engrèneront toujours entre elles quel que soit le nombre de leurs dents, c'est-à-dire que l'on peut faire engrener n'importe quel pignon à développante, aussi bien avec une crémaillère qui représente une roue de diamètre infini, qu'avec une roue du plus petit diamètre possible; il suffira donc de tailler leurs dents avec une fraise de profil convenable, qui conviendra également pour toutes les dentures de même pas quel que soit le diamètre des roues.

La fraise employée peut être une fraise unique ou une série de fraises juxtaposées, à profil constant, du pas correspondant au module à tailler, et dont la section du filet correspond au profil d'une crémaillère de même module.

Pour tailler les dentures droites, les fraiseuses Biernatzki emploient une fraise en forme de vis sans fin, dont le pas est parallèle au creux des dents à tailler, la fraise étant placée obliquement de façon que l'inclinaison du pas soit parallèle aux dents et à l'axe de la roue. Et pour la taille des dentures hélicoïdales ou pour les roues à vis sans fin, la fraise est inclinée sur la roue à tailler, de façon qu'au point de contact cette inclinaison coïncide avec celle des dents. Dans ces deux cas, la fraise s'avance pour entamer la roue et y creuser les dents, mais, en même temps, cette fraise et la roue à tailler ont un mouvement de rotation tel que, pour un tour de la fraise, la roue tourne d'une quantité égale au pas. Avec ces dispositions, une seule fraise suffit donc pour tailler toutes les dentures droites et hélicoïdales sur des roues de même pas, quel que soit le nombre des dents de ces roues.

La figure 3 représente une machine de ce type, système Reinecker sur laquelle la taille se fait au moyen d'une semblable fraise en forme de vis sans fin. Le mouvement de rotation de la roue à tailler est commandé par une roue diviseur avec tête de cheval et engrenages de rechange. La fraise est portée par une console réglable en hauteur au moyen d'un vernier, afin de donner le contact de son diamètre primitif avec celui de la roue à tailler. Une division graduée indique en plus l'angle d'inclinaison de la fraise au travail, angle qu'on lit gravé sur le moyeu de cette fraise. Le chariot porte-fraise est muni d'un mouvement de recul rapide automatique. Pour tailler les engrenages hélicoïdaux droits, un dispositif différentiel assure la liaison du mouvement transversal rectiligne de la fraise au mouvement de rotation de la roue et permet cette taille oblique.

Pour tailler les engrenages à vis tangente, dont les dents inclinées sont courbées en forme de gorge sur l'extérieur de la roue, et qui sont très employées pour les réducteurs de vitesse, on emploie une fraise conique qui, fixée au début de la taille à la distance d'axes exacte, attaque la roue par le petit côté du cône et est poussée peu à peu sous la roue jusqu'à ce que la taille soit achevée. On peut aussi tailler des roues de ce genre dont l'axe de la vis est à un angle autre que 90° avec l'axe de la roue.

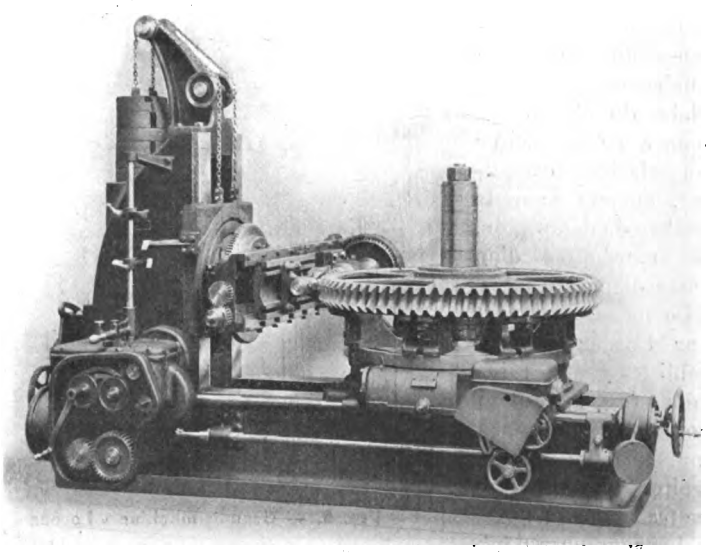


Fig. 4. — Machine automatique à tailler les engrenages « Rhenania »

Pour la taille des engrenages à vis globique, on ajoute u

Digitized by Google

appareil spécial. Ainsi cette machine est donc universelle pour le fraisage des engrenages cylindriques à denture rectiligne normale ou oblique et à creux plans ou courbes. Les figures 4 et 5 représentent l'ensemble et les détails de la fraise taillante d'une machine Rhénania de ce genre, qui permet la taille par la

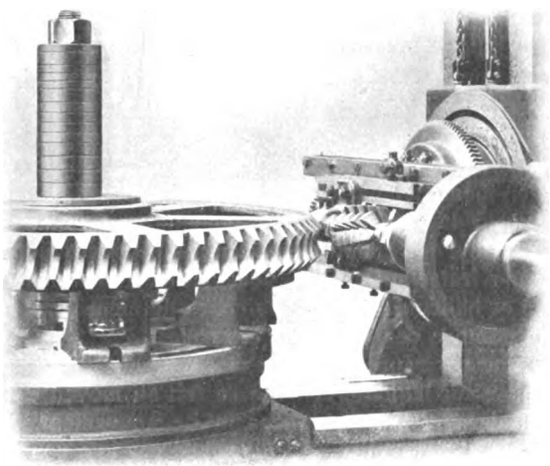


FIG. 5. — Vue de la fraise taillante de la machine automatique à tailler les engrenages « Rhenania ».

vis sans fin ou par une fraise ordinaire quand il s'agit de petites quantité d'engrenages droits de pas anormal. Dans ce cas, la division se fait à la main au moyen d'un cliquet et de roues de rechange, mais l'avance de la fraise est automatique et plus rapide qu'avec la fraise à vis sans fin, à cause de la réduction en un nombre moindre des points d'attaque du métal, qui permet de plus fortes passes.

On construit sur ce type de fortes machines pour grands engrenages (fig. 6), dans lesquelles on peut ébaucher rapidement les dents par deux montants porte-fraises. Ces machines permettent le fraisage des roues à nombre de dents impair au moyen du pivotement du montant de gauche sur la base circulaire du chariot, de façon à ne pas avoir deux fraises travaillant, comme pour le nombre de dents pair, aux extrémités d'un même diamètre.

Le même constructeur Lorenz a aussi établi les grandes machines (fig. 7), à deux montants porte-fraises, dont l'un taille les roues droites tandis que l'autre fraise des dentures à chevrons ou à dents chevauchantes, c'est-à-dire décalées d'un demi-pas les unes par rapport aux autres dans les deux moitiés transversales de la roue. Une machine de construction différente peut aussi faire ces mêmes dentures sur les pignons de diamètre réduit des laminoirs.

Dans ces deux modèles, l'outil employé est une fraise profilée, c'est-à-dire ayant la forme du creux de la dent, en acier rapide, et qui travaille en bout. Cette fraise peut fouiller à huit vitesses différentes; elle avance d'abord dans la roue à tailler jusqu'à la profondeur désirée pour la dent, et reçoit alors son mouvement automatique d'avance qui l'éloigne de sa position primitive, mais en même temps, la roue reçoit un mouvement circulaire automatique, par engrenages d'un rapport convenable, qui agit sur le diviseur pour donner à la dent l'inclinaison demandée; et comme à mi-largeur de la roue un changement de marche à commande

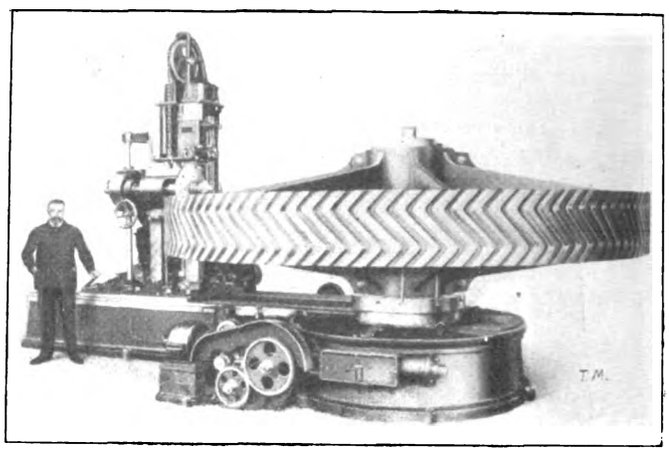


FIG. 7. — Grande machine automatique « Lorenz » pour le fraisage des roues droites et à chevrons.

positive renverse le sens de l'avance de cette roue, cela produit le creux du chevron en une seule opération; puis, lorsque ce creux est entièrement terminé, la fraise en est vivement retirée et ramenée rapidement à sa position initiale. Pendant ce retour rapide, la roue est avancée angulairement d'une longueur égale au pas, de sorte que la fraise peut commencer à fouiller un nouveau creux en continuant toutes les opérations précédentes, jusqu'à ce que le pourtour de la roue soit complètement denté. Il n'y a donc qu'à faire le réglage initial, puis toutes les opérations se continuent automatiquement. Les avances dans le sens de la profondeur des dents et de leur longueur sont réglables entre des limites très éloignées, au moyen d'une série d'engrenages de rechange. Le retrait rapide de la fraise du creux fouillé et le retour du chariot porte-fraise à sa position initiale ont lieu à vitesse constante, indépendante des avances indiquées ci-dessus.

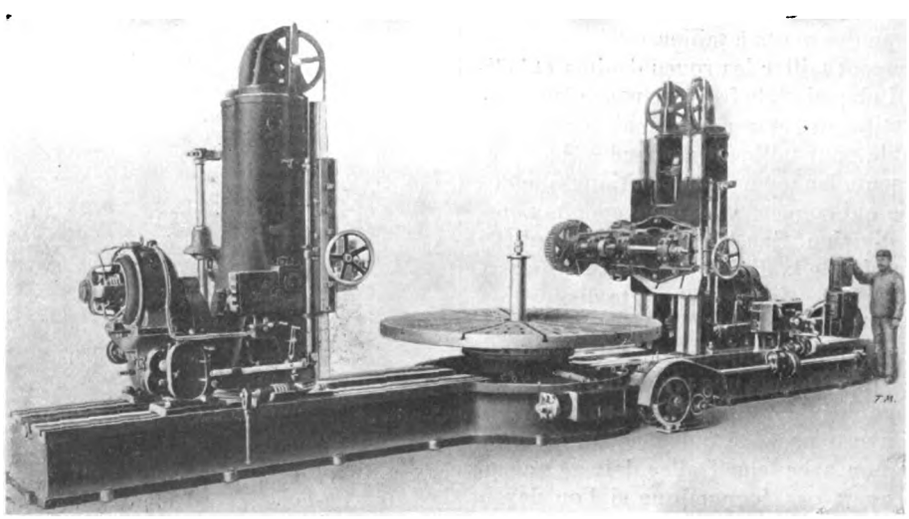


FIG. 6. — Grande machine « Lorenz » pour la taille automatique des engrenages.

La roue diviseur est en acier avec sa vis en bronze et est du type globoïde de Lorenz, toujours en prise par un grand nombre de dents, ce qui assure une division des plus précises, même après un long temps de marche.

Cette puissante machine, qui pèse 55 t, peut tailler des roues jusqu'à 6 m de diamètre avec une largeur de denture de 1200 mm.

La taille des engrenages peut aussi se faire sur des machines où l'outil est un burin à mouvement alternatif, comme dans un étau-limeur système Fellow, dans lequel cet outil est un pignon taillé à développante et qui tranche verticalement comme le ferait une mortaiseuse, pendant qu'il est animé, en même temps, comme la roue à tailler, d'un lent mouvement de rotation

Digitized by Google

afin de produire la taille par engrènement. Mais ces machines, qui diffèrent notablement des fraiseuses par leur mode d'action de l'outil, seront décrites dans un chapitre spécial.

Taille des engrenages coniques. — Sur quelques machines, on emploie pour cette taille la fraise à profil constant, bien qu'elle ne se prête qu'imparfaitement au profilage d'une dent, dont la section doit diminuer lorsqu'elle s'approche du sommet du cône générateur; cette fraise ne peut donc convenir que pour la construction des engrenages dans lesquels la variation du profil de la dent peut être négligée sans trop d'inconvénients. La fraise qui peut être établie, au contraire, pour ne couper que par une de ses arêtes et qui, en même temps, est dirigée par un mouvement de façonnage au reproducteur, est capable de reproduire correctement la forme de son gabarit. Une des premières machines de ce genre fut construite par M. Rice pour la fabrication des petits pignons des bicyclettes sans chaîne.

Taillage à la fraise de profil constant. — Pour faire ce fraisage, on donne à la fraise le profil de la dent en un point déterminé de la hauteur du pignon, et on lui fait tailler successivement chacune des faces des dents, tout en la conduisant vers le sommet du cône générateur en suivant une de ses génératrices. On remplace donc ainsi, pour la forme de chaque dent, les deux surfaces coniques dont les génératrices convergent au sommet du cône, par deux surfaces cylindriques dont les génératrices viennent également converger à ce sommet. L'épaisseur des dents ainsi obtenues est correcte sur le cône primitif de l'engrenage, mais la courbure des dents étant uniforme dans toute la hauteur du pignon, le profil n'est pas absolument théorique.

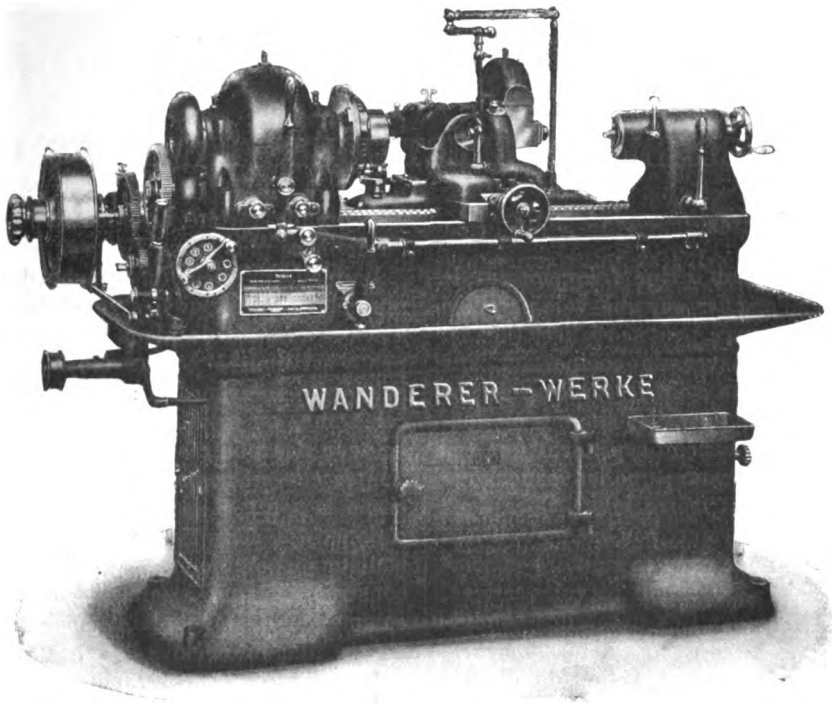


Fig. 8. — Machine automatique à fileter à la fraise (système Wanderer).

Ce procédé de fabrication est rapide; il peut être acceptable pour des engrenages de faible hauteur et ayant un grand nombre de dents pour lesquelles une différence dans la courbure est peu sensible, mais il ne peut être admis pour des engrenages de précision devant tourner sans bruit à de grande vitesses. On a construit sur ce principe des machines qui peuvent tailler quatre engrenages à la fois.

Sur les fraiseuses Brown et Sharpe et Reinecker, à tailler automatiquement les roues cylindriques, du type de la figure 2 (p. 412), qui emploient la fraise à profil constant, on peut aussi tailler les engrenages coniques, en utilisant un chariot porte-fraise modifié en conséquence et qui peut s'incliner à l'angle convenable pour les divers cônes à entamer.

On peut aussi faire ce travail en agençant une fraiseuse horizontale de type ordinaire, sur laquelle le pignon à tailler est porté par un support à orientation réglable, fixé sur le chariot de la fraiseuse, avec son mouvement de rotation relié automatiquement à celui de la fraise par des engrenages de série.

Taille à la fraise avec reproducteur. — A part la machine Rice dont il a été parlé plus haut, ce genre de fraiseuse ne s'est guère répandu ; il utilise la fraise munie d'un dispositif pour façonner en reproduisant et réduisant une pièce type que l'on peut construire, étant donné ses plus grandes dimensions, avec beaucoup de précision. La fraise, d'assez grand diamètre, a, en guise de dents, une série de couteaux qui engendrent les dents par l'enveloppe des plans tangents.

La roue à tailler et celle plus grande qui forme gabarit sont montées sur un même axe horizontal autour duquel elles peuvent tourner tout en restant solidaires l'une de l'autre. De même, l'outil et la touche, dont les formes sont semblables, sont invariablement reliés entre eux, et leurs faces travaillantes sont placées pour fraiser chaque flanc des dents dans le même plan qui contient le sommet commun au cône à tailler et au gabarit, de façon à permettre à la fraise de reproduire exactement, en les réduisant sur la pièee à tailler, les génératrices de la surface de gabarit. Des mécanismes automatiques donnent la division et le profilage successif d'une face de toutes les dents, puis la machine s'arrête automatiquement quand toutes les faces d'un même côté des dents ont été ainsi taillées.

Il n'y a plus alors qu'à déplacer la fraise, la touche et les organes de commande des mouvements automatiques, pour tailler, de la même façon, les autres faces symétriques des dents. Avec cette machine, on a pu tailler ainsi, en dix heures, de cent à cent vingt pignons de quinze dents, ayant 45 mm de diamètre et 8 mm de hauteur.

Mais, comme pour les engrenages cylindriques, on construit de préférence des machines à tailler les dentures coniques au moyen d'outils à mouvements alternatifs, qui, comme il a été dit précédemment, feront l'objet d'un chapitre spécial.

Machines à fraiser les roues et les vis sans fin. — Le procédé pour fraiser correctement les roues à vis sans fin consiste à se servir, comme fraise, d'une vis sans fin de même forme que celle qui doit conduire la roue à tailler, et sur laquelle on a creusé longitudinalement un certain nombre de rainures formant des angles taillants qui en feront une sorte de taraud ou vis-mère. Cet outil, monté sur la broche de la fraiseuse, est animé d'un lent mouvement de rotation et produit lui-même, en entamant le métal, l'entraînement de la roue, et lorsqu'il a pénétré à la profondeur voulue, il engrène complètement avec la roue qu'il a taillée et la fait tourner comme si c'était la vis conductrice qui y sera accouplée dans la suite.

Les dents de cette fraise sont dépouillées, comme pour les fraises à profil constant, et s'affûtent en conservant ce profil; on leur donne un diamètre extérieur un peu plus grand que celui de la vis conductrice de la roue, afin que les dents de cette dernière ne viennent pas talonner dans le fond des creux de la roue, et pour permettre plusieurs affûtages sans que le diamètre extérieur devienne plus petit que celui de la vis conductrice.

Les figures 3 et 4 représentent le type des machines qui emploient ce genre de fraise.

Digitized by Google

Machine à arrondir les dents d'engrenages des trains balladeurs. — Ces machines sont spécialement disposées pour arrondir les entrées des dents d'engrenages sur les trains balladeurs pour changements de vitesses des automobiles. Les roues à travailler sont montées sur un mandrin horizontal qu'un diviseur fait pivoter (Chouanard, système Reinecker) pour passer successivement et automatiquement chacune des dents sous la fraise d'une broche verticale réglable en position horizontale et verticale; un changement de marche permet, sans démontage de la roue, d'arrondir ses deux faces.

Machines à fileter à la fraise.— Ces fraiseuses (fig. 8, p. 415) exécutent rapidement et économiquement les vis à un ou plusieurs filets et à pas triangulaire, trapézoïdal, rond ou carré à l'intérieur et à l'extérieur des pièces, à l'aide de mouvements automatiques, par une fraise dont le déplacement est combiné avec la rotation de la pièce pour obtenir le pas désiré. La pièce est tenue dans un mandrin qui l'entraîne et la fraise est portée sur un chariot mobile le long d'une glissière horizontale, avec retour rapide pour la ramener à sa position initiale. Les fraises employées ont leur denture dégagée aussi bien sur la périphérie que sur leurs deux faces planes, pour donner une issue facile aux copeaux détachés par ces trois taillants.

On a construit également des fraiseuses pour fileter les pièces coniques, comme les machines automatiques Baker à fileter les tire-fonds.

Autres genres de fraiseuses. — Enfin, on trouve dans les ateliers de constructions des fraiseuses spécialement disposées pour opérer, avec un ou plusieurs porte-outils, avec ou sans mouvements automatiques, certains usinages, tels que le fraisage des bielles, lames pour collecteurs de dynamos, pièces d'automobiles, cycles, armes, machines à coudre, compteurs, instruments de précision, robinetterie, etc., etc. E. GAY.

ELECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES CHARIOTS-TRANSBORDEURS ÉLECTRIQUES DANS LES CHEMINS DE FER

I. — Généralités.

La manutention du matériel roulant exige fréquemment le déplacement d'un véhicule pour l'amener sur une voie parallèle à celle où il se trouve. Cette manœuvre peut se réaliser (fig. 1), soit par le moyen d'une voie transversale comportant une plaque tournante dans l'axe de chaque voie desservie, soit par des séries de jonctions à aiguillages (bretelles simples ou doubles) reliant les voies parallèles. On conçoit cependant que ces dispositifs soient, en général, encombrants; que les manœuvres soient longues, et qu'elles deviennent même impossibles dans certains cas. Pour la formation des trains, par exemple, il faut opérer dans le minimum de temps, et avec le moindre encombrement des voies actives.

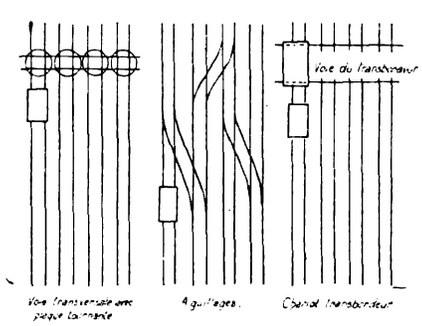


FIG. 1. — Manutention d'un véhicule.

Ces nécessités conduisent tout naturellement à la conception d'un appareil prenant le véhicule sur une quelconque des voies et le *transbordant* normalement à l'axe des voies pour l'amener et le déposer, finalement, sur une autre quelconque des voies. C'est le *chariot-transbordeur*.

Deux solutions s'offrent dans l'établissement de ces appareils : dans l'une, les voies desservies sont coupées par une fosse peu profonde dans laquelle est placée la voie du chariot. Le transbordeur est dit *à fosse*; ce genre d'appareils ne peut être admis que pour des dépôts ou ateliers de matériel roulant, car les voies desservies présentent une solution de continuité qui rend impossible le passage des véhicules sans l'aide du transbordeur.

Le chariot transbordeur *à niveau*, au contraire, circule sur une transversale placée au niveau des voies, assemblée avec elles et permettant, sur les voies desservies, la circulation normale du matériel et même de trains à grande vitesse. Les coupures nécessaires sont faites dans les rails pour le passage des boudins des roues.

L'étude et la construction de ces appareils ont donné lieu à une grande variété dans les dispositions adoptées, ainsi qu'on l'examinera plus loin.

Le plan supérieur du transbordeur à niveau étant forcément plus élevé que celui des voies desservies, cet appareil est muni à ses extrémités de plans inclinés, dits *aiguilles d'accès*, dont la pente est limitée par les moyens dont on dispose pour haler le matériel à transborder : treuil de halage placé sur le chariot, cabestans, ou même traction animale. On voit de suite que la hauteur des poutres de la charpente du transbordeur est très limitée elle-même par suite des limites à observer en ce qui concerne la pente et la longueur des aiguilles. D'autres considérations, qui seront examinées, tendent encore à restreindre la hauteur disponible et à faire du chariot à niveau un appareil de construction tout à fait spéciale, tant comme charpente que comme mécanisme moteur, pour permettre l'utilisation du faible espace disponible sous le gabarit.

Les chariots transbordeurs actuels, à fosse ou à niveau, sont en général automoteurs; on voit maintenant très peu de ces appareils mus à bras d'homme ou par traction animale. Les Compagnies de chemins de fer ont utilisé très longtemps des chariots transbordeurs à vapeur qui ont rendu, à l'époque, de très grands services : ceux des gares à marchandises de Paris (Batignolles, Ivry, La Villette) en étaient des types bien connus. Mais, on ne construit plus actuellement de ces appareils, et on a remplacé ou électrifié ceux qui existaient. D'autre part, on citera pour mémoire les chariots transbordeurs de la gare Saint-Lazare, actionnés, comme tous les engins de manutention de cette installation, par l'eau sous pression. Le dispositif consistait en cylindres hydrauliques placés à poste fixe aux extrémités de la fosse, et tirant le transbordeur par l'intermédiaire d'un palan inverse avec mouflage à six brins et multiplicateur de vitesse.

Toutes ces complications ont disparu avec l'emploi de l'énergie électrique, dont disposent à l'heure actuelle les gares, dépôts et ateliers utilisant les transbordeurs. On n'étudiera donc, dans ce qui va suivre, que les chariots transbordeurs mus électriquement.

II. — Transbordeurs à fosse.

CONSTRUCTION.— Ces appareils réunissent les conditions nécessaires pour une construction normale, au double point de vue du châssis en charpente et de l'équipement électromécanique.

Digitized by Google

Pour la charpente, en effet, la fosse — dont la profondeur est généralement 0m,40 à 0m,50 — permet de donner aux longerons sous rails une hauteur telle qu'il est possible d'utiliser dans leur constitution les éléments de poutres normales, c'est-à-dire des fers I, ou des composés de cornières, âmes et plates-bandes. Cette construction normale reste possible, sans sortir des limites imposées par la fatigue moléculaire et par la flèche sous charge, quand le rapport de la hauteur de la poutre à la longueur de la portée entre appuis ne dépasse pas 1/15, ce qui conduit à adopter des écartements de 4 à 6 m environ entre appuis, c'est-à-dire entre files de rails.

Le transbordeur à fosse est donc constitué (fig. 2) par deux ou plusieurs poutres transversales supportées par les galets de roulement, et assemblées avec les poutres sous rails, soit au même niveau, soit au-dessous d'elles. Cette charpente est composée d'éléments laminés en acier doux du commerce, pouvant donner une résistance à la rupture de 42 kg par millimètre carré avec un allongement de 22 %. Il est toujours possible, en observant les justes proportions entre les portées, les moments d'inertie et les modules de section $\frac{I}{n}$, de rester dans les limites de 7 à 8 kgs par millimètre carré pour le travail moléculaire, et de 1/800 environ pour le rapport entre la flèche sous charge et la portée entre appuis.

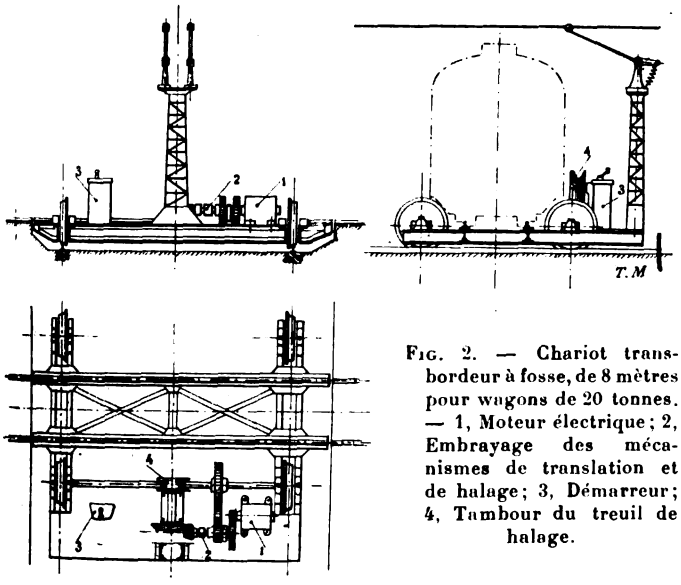


Fig. 2. — Chariot transbordeur à fosse, de 8 mètres pour wagons de 20 tonnes. — 1, Moteur électrique; 2, Embrayage des mécanismes de translation et de halage; 3, Démarreur; 4, Tambour du treuil de halage.

Il y a lieu, enfin, d'assurer la rigidité de cet ensemble dans le plan horizontal, afin d'obtenir un cheminement rectiligne sans déhanchement, ni coinçage des galets, et d'éviter la flexion horizontale des plates-bandes lors des démarrages et arrêts brusques. Cette rigidité est facile à obtenir par des croisillons relativement légers reliant les poutres sous rails entre elles au droit des assemblages, qui sont formés de larges goussets. Il est d'un usage assez fréquent de remplacer ou de compléter ces croisillons par un platelage en tôle striée formant plancher de service.

Le châssis métallique ainsi constitué roule sur quatre galets (ou plus), généralement en acier moulé dur ou en fonte trempée (roues Griffin); on voit assez couramment des chariots de dépôts ou d'ateliers de matériel roulant munis de roues de wagons avec bandage rapporté. Les galets sont calés à la presse sur des axes en acier tournant dans des paliers du genre des boîtes à graisse de chemins de fer, avec coquille en bronze à la partie supérieure.

Avec un ensemble de roulements bien conçu et monté convenablement, le coefficient de roulement peut avoir une valeur relativement faible. En employant des roues d'assez grand diamètre, tel qu'on puisse observer un rapport $\frac{r}{R} \geq \frac{1}{10}$, r étant le rayon des fusées et R le rayon des galets, en assurant un bon graissage aux paliers et, enfin, avec une voie en bon état et de niveau, on peut obtenir normalement un coefficient de roulement égal à 0,015. Par contre, ce chiffre peut augmenter jusqu'au double de cette valeur avec un montage ou un entretien défectueux.

Quoi qu'il en soit, il résulte de ce qui précède qu'on peut toujours se contenter de rendre moteurs les galets d'un seul côté du transbordeur. Dans ces conditions, en effet, le poids adhérent est égal à la moitié du poids total remorqué.

Soit P le poids total, le poids adhérent sera égal à 0,5 P, l'effort de traction le plus défavorable étant de 0,030 P, le rapport de ces deux valeurs ou coefficient d'adhérence serait égal à 1/16 environ, alors qu'en réalité le coefficient d'adhérence n'est jamais inférieur à 1/10 sur rail humide et gras.

Les galets correspondant à un même côté sont rendus solidaires par un arbre, et de ce même côté sont placés, sur une plate-forme *ad hoc*, le poste de manœuvre et le mécanisme moteur.

Mécanisme moteur. — Le mécanisme comporte, en général, un mouvement de translation propre du chariot et un treuil de halage pour l'amenée des véhicules. La solution à deux moteurs complètement indépendants est employée parfois; mais on admet généralement la solution (fig. 2), moins coûteuse, d'un seul moteur pouvant commander l'un ou l'autre des mouvements par l'intermédiaire d'un embrayage double. Le chariot transbordeur est, en effet, un des appareils dans lesquels cette solution est indiquée, puisque l'on n'a jamais à obtenir simultanément le déplacement du transbordeur et le halage du véhicule à transborder.

Les vitesses de translation et de halage sont, en général, assez modérées dans les transbordeurs à fosse. On conçoit que ces appareils, à cause même de la sujétion de la fosse, ne peuvent convenir que pour des dépôts ou ateliers dans lesquels le mouvement est bien moins intense que dans les gares, docks ou triages. Les vitesses admises pour chacun des mouvements sont de 0m,50 à 0m,75 par seconde, et atteignent rarement 1 m par seconde.

Les moteurs électriques sont choisis à vitesse relativement peu élevée, 600 à 900 tours par minute, et la réduction de vitesse se fait exclusivement par engrenages. Dans le cas du courant continu, il est tout indiqué d'employer un moteur excité en série pour le mouvement de translation qui est, en somme, un service de traction. Cependant, si le même moteur doit également actionner le treuil de halage des véhicules, il sera bon de faire usage de l'excitation compound, de façon à éviter les emballements dangereux quand le moteur, enroulant le câble à vide, sera presque complètement déchargé.

Dans le cas d'un courant alternatif polyphasé, la commande est faite par moteur asynchrone, disposé pour démarrer en charge par insertion de résistances dans le circuit du rotor.

La détermination de la puissance nécessaire sur l'arbre du moteur résulte des facteurs vitesse et coefficient de roulement définis ci-dessus.

Soient : P le poids total en charge, k le coefficient de roulement et v la vitesse en mètres, par seconde, la puissance requise sera égale à $\frac{kPv}{0{,}70 \times 75}$ (en chevaux vapeur), 0,70 étant le rendement du mécanisme intermédiaire de réduction de vitesse.

Cette puissance doit s'entendre comme étant celle que peut fournir le moteur pendant une heure, sans qu'il en résulte d'échauffement dangereux (températures admises par le Congrès de Milan pour moteurs à marche intermittente). Cependant, cette condition suppose déjà une certaine surcharge par rapport à la puissance continue ou *permanente* du moteur, et il y a lieu de vérifier que le moteur possède encore une certaine marge en couple au-dessus du couple moteur correspondant à la puissance ci-dessus, pour assurer le démarrage dans des conditions satisfaisantes.

**

Digitized by Google

En effet, le chariot-transbordeur en charge représente une masse assez importante à mettre en vitesse dans un temps relativement court, et le moteur doit fournir, pendant quelques secondes, un couple affecté au travail supplémentaire d'accélération $\frac{Mv^2}{2}$, couple d'autant plus important que le temps de démarrage sera plus court.

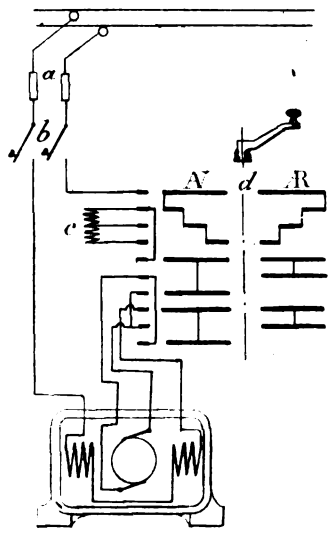


Fig. 3. — Schéma d'équipement de transbordeur à courant continu. *a*, coupe-circuit; *b*, interrupteur; *c*, résistances; *d*, démarreur à tambour doublé et manette.

Dans le cas du courant continu, et surtout avec l'emploi du moteur excité en série, le moteur est toujours capable de soutenir un couple égal au double ou au triple du couple normal, pendant un temps très court, sans qu'il en résulte d'autre inconvénient qu'un fort appel de courant, limité d'ailleurs par un coupe-circuit fusible ou un disjoncteur automatique à maxima. Mais, si l'on doit utiliser l'énergie sous forme de courant alternatif, il ne faut pas perdre de vue que le moteur asynchrone ne peut fournir en général qu'un couple maximum n'excédant pas le double de celui correspondant à la puissance normale, sous peine de décrochage. Il y a donc lieu, dans ce cas, de prévoir un moteur très large.

Le mécanisme du chariot transbordeur comportera toujours un dispositif de freinage sur la commande de la translation; on se servira soit d'un frein mécanique à bande d'acier ou à sabots, serré par pédale ou levier, soit du freinage électrique obtenu par fonctionnement du moteur en génératrice débitant sur des résistances.

Le courant est, en général, capté par un trolley du type tramway roulant sur une ligne aérienne; on emploie aussi des prises de courant par frotteurs glissant sur un rail isolé, posé dans le fond de la fosse. Il passe ensuite (fig. 3 et 4) par un interrupteur précédé d'un coupe-circuit fusible, ou mieux, d'un disjoncteur automatique à maxima protégeant l'ensemble de l'installation intérieure contre un court-circuit ou une intensité excessive.

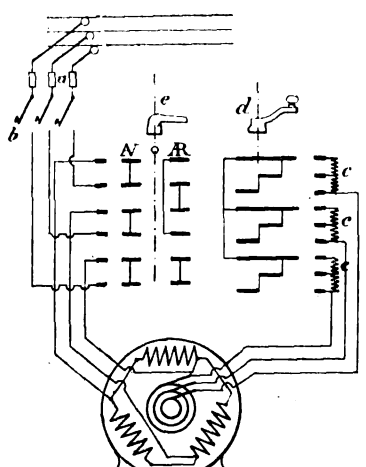


Fig. 4. — Schéma d'équipement de transbordeur à courant triphasé. — *a*, coupe-circuit; *b*, interrupteur; *c*, résistance de démarrage; *d*, manette de démarrage (rotor); *e*, manette d'inversion (stator).

La manœuvre est commandée par un démarreur avec résistances métalliques assez développées; ce démarreur est, soit du type à une seule manette avec tambour double pour les deux sens de marche (fig. 3), soit de préférence à deux manettes dont une de commande et une d'inversion (type des controlers de tramway) (fig. 4), de façon à marquer un temps d'arrêt bien net entre la marche avant et la marche arrière, évitant ainsi une cause fréquente de détérioration du moteur.

On observe, pour les canalisations, les précautions admises pour les appareils de levage et de manutention : isolement fort, protection mécanique contre les chocs et contacts par une gaine de cuir, ou du tube isolant sous métal.

Enfin, pour les chariots transbordeurs devant fonctionner toujours à l'extérieur, il est bon de protéger le poste de manœuvre par une cabine close et vitrée.

Fosse. — *Cas particuliers.* — La fosse des chariots-transbordeurs a généralement une profondeur de $0^m,40$ à $0^m,50$, les parois en sont maçonnées par une petite murette en briques laissant passer le chariot avec un jeu de 20 à 25 mm. Les files de rails de roulement peuvent reposer sur des traverses ou longrines, ou des dés en pierre à l'écartement convenable. Cependant, il vaut mieux les faire reposer sur toute leur longueur sur de la maçonnerie, et, dans ce cas, on améliore grandement le coefficient de traction par suite de l'absence de flexion des rails.

Les chariots-transbordeurs de type normal, que nous venons de décrire, s'emploient couramment à 2 files de rails pour voitures courtes à 2 essieux, dont l'entre-axe atteint $4^m,50$. Pour les locomotives, voitures longues ou matériel lourd, on les monte sur 3, 4 files de rails, ou plus.

Certains cas particuliers peuvent se présenter, dans lesquels il est intéressant de loger un long transbordeur, sans cependant avoir à faire une fosse très profonde, ou de nombreuses files de rails. L'examen d'avant-projet peut conduire à réduire les frais de premier établissement relatifs à la fosse, en augmentant au besoin ceux afférents au transbordeur lui-même, si par exemple, la course de l'appareil est très longue (donc le cube de déblais important), le terrain dur ou rocailleux, la pose des voies onéreuse, etc. Dans cette hypothèse, un autre mode de construction s'impose; il consiste (fig. 5) à reporter les poutres principales hors du gabarit, de façon à leur donner une hauteur et un moment d'inertie compatibles avec une portée égale à la largeur de la fosse, qui pourra atteindre de 10 à 20 m; ces poutres seront seulement supportées à leurs extrémités par des galets isolés ou couplés en boggies, suivant l'importance des réactions à leur faire transmettre.

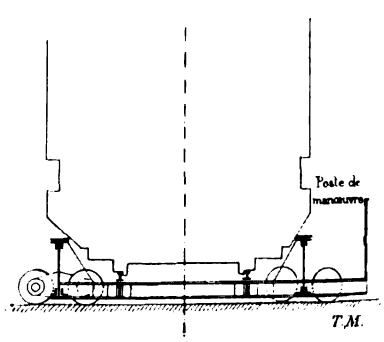


Fig. 5. — Chariot transbordeur à poutres extérieures.

La voie posée sur le transbordeur est supportée (comme dans les ponts fixes) par des longerons sous rails de hauteur moindre, reportant les charges sur les poutres principales par de nombreuses entretoises. Ce mode de construction présente quelques inconvénients causés par la hauteur des poutres extérieures qui constituent un obstacle pour le service en général, et notamment pour le halage des véhicules.

Prix. — Un chariot transbordeur, tel que celui représenté par la figure 2, établi pour voitures de 15 à 20 t et offrant une longueur utile de 8 m, pèse environ 9000 kg et peut coûter tout équipé, mais sans la voie de roulement ni la ligne électrique, environ 12000 fr.

Un appareil plus important, pouvant recevoir 30 à 35 t, et ayant une longueur de 15 m répartie sur 3 ou 4 files de rails, pèse environ 14000 kg et reviendrait, dans les mêmes conditions, à 16000 fr.

Enfin, de grands transbordeurs à fosse, tels qu'en ont établi ces derniers temps les compagnies de chemins de fer pour leurs dépôts de locomotives, sont capables de supporter des charges de 150 t et plus. Leur longueur atteint 20 m, leur poids 30000 kg, et leur prix environ 30 000 fr.

Ces données ne s'appliquent, bien entendu, qu'à des appareils

Digitized by Google

de construction tout à fait normale, établis sans difficultés spéciales et pour des vitesses de translation et de halage relativement modérées.

III. — Transbordeurs à niveau.

Conditions d'établissement. — Les chariots transbordeurs à niveau comportent essentiellement (fig. 6) : 1° une *table de roulement* sur charpente appropriée et formant châssis de l'appareil; 2° deux *aiguilles d'accès* placées aux extrémités et permettant l'amenée du matériel à transborder sur la table de roulement.

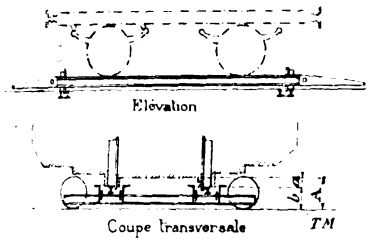


Fig. 6. — Schéma d'un chariot à niveau.

La charpente formant le corps de l'ouvrage doit être comprise dans l'espace limité par le gabarit inférieur du véhicule transbordé et le plan supérieur des voies desservies. Cet espace A comprend deux parties : la première *a* comprise entre le gabarit inférieur du véhicule et le plan des rails fixés sur le chariot; la seconde *b* comprise entre le plan des rails du chariot et celui des rails des voies desservies. Or, et de cette condition découlent les difficultés rencontrées dans l'établissement de ces appareils, chacune de ces hauteurs partielles se trouve enfermée dans des limites bien définies et très restreintes que nous allons examiner :

1° La charpente doit, à sa partie supérieure, épouser le gabarit inférieur des véhicules avec un jeu de quelques millimètres (il n'est pas imposé dans la construction des transbordeurs de respecter le gabarit des ouvrages d'art). Ce gabarit inférieur tend à descendre, pour toutes les catégories de véhicules, par suite des perfectionnements mêmes apportés dans leur construction : emploi de bogies, timoneries, cylindres et réservoirs d'air des freins à air comprimé. La limite de 130 mm entre le dessous du gabarit et le plan des rails doit être considérée comme tout à fait normale (Prescriptions techniques de la Convention de Berne). Certains cas particuliers mènent plus loin encore, par exemple dans les transbordeurs pour tramways et automotrices électriques. Dans les grandes automotrices électriques construites récemment par les chemins de fer de l'Etat pour les voies de banlieue, le jeu minimum inférieur se trouve ramené à 50 mm.

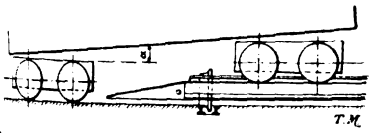


Fig. 7. — Manutention d'un véhicule à bogies.

De ce côté, la hauteur disponible est donc bien définie par des raisons géométriques.

2° D'autre part, la cote *b*, qui représente la différence de niveau à faire franchir par le véhicule, doit être telle qu'on n'ait pas à produire un effort excessif pour cette ascension. En effet, la longueur des aiguilles étant limitée par raison de construction, il convient que leur hauteur soit limitée aussi pour conserver une rampe convenable. La rampe de 10 °/₀ est généralement employée; elle conduit, suivant la loi du sinus, à un effort de halage égal à 100 kg par tonne remorquée, en plus de la résistance due au roulement. On voit qu'il n'est pas possible d'aller plus loin sans donner au dispositif de halage des véhicules et à son moteur une importance considérable.

En outre, dans les transbordeurs destinés au service des voitures à bogies, cette cote *b* se trouve limitée en valeur absolue par une autre considération. Si l'on observe (fig. 7) une voiture à bogies en cours d'ascension, le premier bogie étant engagé sur la table de roulement du chariot, alors que le second est encore sur la voie, on remarque que la caisse du véhicule fait un angle α avec l'horizontale, c'est-à-dire avec le dessus des bogies. Cette déformation de l'ensemble n'est permise que dans la limite des *jeux* disponibles dans le système articulé. Si on dépasse cette limite, on s'expose à fausser les chevilles ouvrières des bogies. « Les expériences faites aux ateliers des chemins de fer à Turin, avec le concours du Bureau des Etudes et Projets des chemins de fer de l'Etat italien ont montré que la différence de niveau entre le plan général des voies et le plan des rails de la plateforme devait être très inférieure à celle adoptée généralement pour les voitures courtes à deux essieux elle ne doit pas dépasser 120 mm, étant tenu compte du jeu nécessaire entre les poutres portantes longitudinales du chariot et les voies, pour permettre leur libre flexion sous charge (1). »

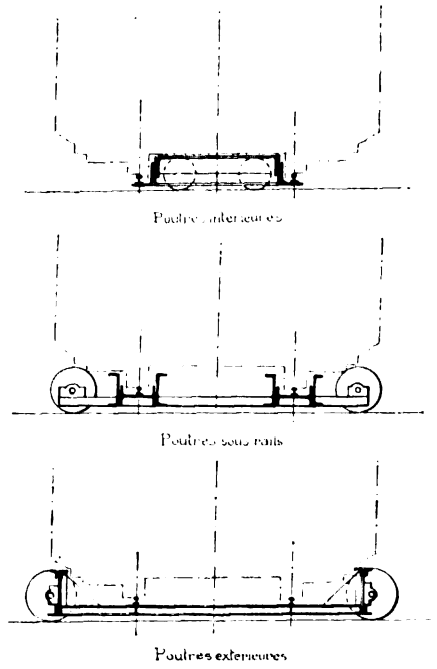


Fig. 8. — Constructions possibles du chariot à niveau sous un gabarit donné.

Il résulte de ces diverses observations que la cote A (fig. 6), disponible pour loger l'appareil, se tient généralement aux environs de 250 mm et descend assez souvent au-dessous de cette valeur; d'autre part, il y a lieu de retrancher de cette hauteur un jeu notable entre le dessous de la charpente et le plan général des voies desservies. Ce jeu doit être assez important, par suite des flexions considérables qu'on est forcé d'admettre dans l'ensemble, comme nous le verrons plus loin.

Dans l'étude d'avant-projet d'un transbordeur devant manutentionner des véhicules d'un gabarit donné, trois modes de construction sont à envisager suivant les cas (fig. 8) : 1° avec poutres intérieures; 2° avec poutres sous-rails; 3° avec poutres extérieures. On examinera de près le mode de construction de chacun de ces types de transbordeurs, de façon à pouvoir ensuite faire ressortir nettement les difficultés rencontrées pour leur équipement électro-mécanique, difficultés qu'un examen superficiel a fait entrevoir.

(*A suivre.*)

A. Frémeaux,
Ingénieur.

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, 1er semestre 1908, n° 4.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Nouvelle classification des locomotives.

Au moment du rachat des chemins de fer de l'Ouest, l'administration du réseau de l'Etat s'est trouvée dans l'obligation de remanier le numérotage des machines et tenders des deux anciens réseaux réunis, pour éviter des confusions possibles par le fait que des locomotives et tenders des deux réseaux portent les mêmes numéros, et elle a choisi une classification qui marque un progrès, très sensible, dans la question de la classification des locomotives. Grâce à cette classification, on peut reconnaître au premier aspect à quel type de locomotive ou de tender le numéro se rapporte, et on peut même savoir approximativement quelle est la puissance de la machine considérée.

Les locomotives sont partagées en deux grandes catégories : locomotives à tender séparé et locomotives-tenders. Les premières reçoivent un numéro de six chiffres, séparés en deux tranches de trois chiffres. Les trois premiers chiffres définissent le type de la machine, car ils sont respectivement égaux : aux nombres d'essieux porteurs placés à l'avant, d'essieux moteurs et accouplés, et d'essieux porteurs placés à l'arrière. Les trois derniers chiffres constituent un numéro d'ordre : dans chaque série, les locomotives ont été rangées par ordre de surface de grille croissante. La puissance étant assez souvent en rapport avec cette caractéristique, l'ordre occupé par la machine dans la série peut indiquer approximativement la puissance. Mais l'emploi des tubes Serve, de la surchauffe, etc., enlève à cette classification la rigueur qu'elle semblerait devoir posséder d'après la convention faite. Une machine « Pacific », par exemple, sera classée, d'après les règles énoncées, dans la série 231-...

Pour les locomotives-tenders, les règles ne sont pas tout à fait les mêmes, car le numéro n'a que cinq chiffres, partagés en une tranche de deux chiffres et une de trois chiffres. Les deux premiers chiffres sont égaux respectivement au nombre d'essieux moteurs ou accouplés et au nombre total d'essieux porteurs. Les trois derniers chiffres sont assujettis aux mêmes règles que pour les locomotives à tender séparé. Mais, la répartition des essieux porteurs n'étant pas indiquée par le numéro, on a convenu de partager les séries, dans lesquelles il existe des machines de types différant par la disposition des roues, en deux groupes de 500 numéros chacun : chaque groupe correspond à un type différent. Prenons comme exemple la série 32-..., dans laquelle on trouve des machines 4-6-0 et 2-6-2, provenant toutes du réseau de l'Ouest. Les premières sont rangées dans la série 32-001, etc. (anciennement 0701-0745), les secondes dans la série 32-501, etc. (anciennement 0801-0870). Les règles relatives au classement dans ces groupes, d'après la surface de grille, sont les mêmes que dans les autres séries.

Quant aux tenders, ils reçoivent un numéro tel que le ou les chiffres des mille indiquent approximativement la capacité des caisses à eau en mètres cubes.

La nouvelle classification des Chemins de fer de l'Etat est plus pratique que toutes celles qui sont actuellement en usage. Mais elle n'est pas entièrement rationnelle, car il faudrait tenir compte de très nombreux éléments pour l'établir, ce qui pratiquement est difficilement réalisable. Lucien PAHIN.

L'électrification des chemins de fer de Melbourne.

La question de l'électrification des lignes suburbaines de Melbourne fut d'abord traitée par M. Ch. Merz, en 1908. La Commission de 1912, se basant sur la progression régulière du trafic, compte que le nombre de voyageurs doit passer de 90 millions en 1912, à 150 millions en 1917. Le nombre des trains devra donc être augmenté, et la vitesse devra être de 34 km à l'heure.

MM. Merz et Mac Lellan ont exécuté deux projets, l'un avec courant continu, l'autre avec courant alternatif. Les prix de revient pour les 240 km de voies suburbaines seraient, d'après les soumissions les plus avantageuses, de 59 millions de francs pour le courant continu, et de 77 millions de francs pour le courant alternatif. Ces chiffres s'entendent pour le prix des constructions des stations d'énergie et des ateliers de réparation, ces prix n'étant pas influencés par le choix du courant. Les frais d'exploitation sont de 2,5 millions plus élevés avec le courant monophasé qu'avec le courant continu.

Au point de vue de l'électrification de la ligne interurbaine de 160 km, Melbourne-Woodand-Bendigoline, le prix de l'installation est de 340 000 fr plus élevé avec le courant alternatif, et les frais d'exploitation de 42 000 fr plus élevés. Ces faibles différences s'accroissent avec l'augmentation du trafic. Ces faits semblent prouver que le courant continu convient également pour les longues voies interurbaines.

Au point de vue des résultats financiers (1) que l'on peut atteindre, la Commission estime que les frais d'exploitation seraient, en 1915, de 9,4 millions de francs si l'on maintient les machines à vapeur; avec l'électrification, ces frais seraient de 6,3 millions de francs. L'économie serait donc d'environ 3 millions de francs, en supposant les mêmes conditions, c'est-à-dire sans tenir compte de l'augmentation de trafic due à l'exploitation électrique; cette augmentation peut être estimée à 25 %. Le gain annuel, en tenant compte du taux et de l'amortissement, peut être évalué à environ 7,3 millions de francs.

La station centrale génératrice d'électricité se trouverait à Yarraville; elle fournirait du courant triphasé à 25 périodes sous 20 000 volts. Douze sous-stations transformeraient ce courant en courant continu à 1 500 volts ou en courant alternatif à 11 000 volts. La transmission du courant se ferait par un conducteur aérien. L. P.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Séparation quantitative du fer et du manganèse.

Campbell décrit (2) le procédé suivant qui permet de séparer quantitativement le fer et le manganèse :

La méthode repose sur ce fait que le fer d'une solution ferrique est immédiatement et complètement précipité par addition d'iodure et d'iodate de potassium, tandis que, à froid et dans ces mêmes conditions, le manganèse reste en solution.

Voici comment il convient d'opérer pour exécuter cette séparation : on neutralise la solution froide des sels de fer et de manganèse (si possible des sulfates) avec de l'ammoniaque; on ajoute un mélange à volumes égaux d'une solution d'iodure de potassium à 25 % et d'une solution saturée d'iodate de potas-

(1) *The Electrician*, 22 novembre 1912.
(2) *Journal of the Society of Chemical Industry* (15 janvier 1913).

Digitized by Google

sium; on laisse d'abord le précipité formé se déposer, puis on élimine l'iode par addition d'une solution d'hyposulfite de soude à 20 °/₀, et on laisse de nouveau déposer. On décante alors et on fait passer le précipité sur filtre, on le lave avec de l'eau de plus en plus chaude, et on termine par un lavage à l'eau bouillante.

Les différentes eaux de lavage sont réunies au filtrat. La solution ainsi obtenue est acidifiée avec de l'acide chlorhydrique, additionnée d'environ 5 cm³ d'une solution saturée de phosphate d'ammonium et de 20 gr de chlorure d'ammonium solide, puis rendue faiblement alcaline par une addition d'ammoniaque, faite par petites quantités. Il se forme ainsi un précipité qui devient peu à peu cristallin lorsqu'on le maintient longtemps au sein de la liqueur-mère à une température de 80°. Ce résultat obtenu, le précipité est recueilli dans un creuset de Gooch, et on le pèse à l'état de pyrophosphate de manganèse.

Si l'on se trouve en présence de calcium et de magnésium, on précipite d'abord le manganèse à l'état de sulfure qu'on isole puis redissout, et la nouvelle solution est traitée comme précédemment.

Le nickel, le cobalt et le zinc ne gênent pas, car leurs phosphates sont solubles dans l'ammoniaque.

M. B.

A propos de la charge des soies : un dosage titrimétrique de l'étain.

La détermination de la teneur en étain des solutions de chlorure stannique a une grande importance dans les teintureries pour soie. H. Zschokke, chimiste aux teintureries vorm. Jos. Schetty Söhne A. G. de Bâle, a étudié dans ce but un procédé de dosage titrimétrique (1).

En voici le principe : Le chlorure stanneux, en présence d'un excès d'acide chlorhydrique, réduit les bromates à l'état de bromures d'après l'équation :

$$3SnCl^2 + 6HCl + BrO^3H = 3SnCl^4 + HBr + 3H^2O.$$

Quand tout le sel stanneux a été transformé en sel stannique, et si la solution contient encore suffisamment d'acide libre, l'acide bromique réagit sur l'acide bromhydrique, en mettant en liberté du brome dont la couleur jaune indique d'une façon très nette la fin de la réaction :

$$BrO^3H + 5HBr = 3Br^2 + 3H^2O.$$

On voit donc que, dans ce procédé, il convient de réduire préalablement les combinaisons stanniques à l'état de combinaisons stanneuses : Zschokke a démontré que c'était l'aluminium qui convenait le mieux comme réducteur. Il importe également d'empêcher la réoxydation par l'oxygène de l'air des sels d'étain au minimum. Enfin, on doit s'attacher à toujours opérer en présence d'une certaine quantité (supérieure à un certain minimum déterminé) d'acide fort libre.

Voici maintenant comment doit se faire le dosage : 20 cm³ d'une solution stanneuse et stannique faiblement acide et contenant à peu près 6 gr d'étain par litre, sont additionnés dans un ballon à fond rond de 0 gr 15 de fil d'aluminium découpé en petits morceaux. Après un certain temps, l'étain est précipité et l'aluminium passe en solution. On ajoute alors un mélange de 30 cm³ d'acide chlorhydrique concentré et de 20 cm³ d'eau, on bouche le ballon avec une bonne soupape de Bunsen et on chauffe doucement jusqu'à l'ébullition : l'étain se redissout sous forme de chlorure stanneux. On ferme alors la soupape, on refroidit et on titre, aussi vite que possible, la solution froide avec une solution de bromate de potassium jusqu'à ce qu'apparaise une coloration jaune. Si l'on opère rapidement, il n'y a pas besoin d'opérer dans une atmosphère de gaz carbonique. La solution de bromate doit être soixantième normale.

(1) *Chemiker-Zeitung*, 13 mars 1913.

Le procédé s'applique encore en présence d'acide phosphorique. Par suite, il convient pour le dosage de la teneur en étain des bains de phosphate de soude et des pâtes d'oxyde d'étain des teintureries en soie qui contiennent toujours des phosphates.

M. B.

Un succédané industriel de l'acétone.

Les usines de produits chimiques Buckau, de Magdebourg, viennent de mettre dans le commerce un succédané de l'acétone au prix de 1 fr 25 le kilogramme, et pour de grandes quantités de 0ᴷ,90 (1 fr 10) le kilogramme. Comme le prix de ce nouveau corps est environ la moitié de celui de l'acétone, il importe aux industriels, qui emploient l'acétone, de connaître les propriétés de ce nouveau solvant.

Le nouveau produit est un liquide clair, incolore et neutre, dont le poids spécifique est de 0,915 à 15° C.

Voici les résultats que l'on obtient en en soumettant 100 cm³ à à la distillation :

de 51° à 53° C	on recueille de	18 à 22	cm³ de liquide.
53° à 54° C	—	34 à 36	—
54° à 55° C	—	30 à 25	—
55° à 60° C	—	10 à 11	—
60° à 75° C	—	5 à 4	—
au-dessus de 75° C	—	3 à 2	—

Les fractions passant au-dessus de 75° sont faiblement acides, les autres sont neutres.

Ce solvant dissout complètement la nitro-cellulose à 13 °/₀ d'azote, ainsi que la nitro-cellulose pour collodion. La solution ainsi obtenue donne, par évaporation du solvant, une pellicule blanche. Si l'on a fait la dissolution de la nitro-cellulose dans un mélange d'alcool et de ce succédané de l'acétone, on obtient une pellicule transparente.

L'acétylcellulose se dissout facilement et complètement dans ce nouveau liquide à la température ordinaire : Après évaporation du solvant, il reste une pellicule blanche; tandis que l'acétycellulose, dissoute dans un mélange du produit en question et de tétrachlorure de carbone, se dépose après évaporation sous forme d'une pellicule solide et transparente.

Ce nouveau solvant est miscible à l'alcool, à l'éther, à l'alcool méthylique, à l'acide acétique cristallisable; par contre, il n'est miscible ni à l'eau, ni aux huiles minérales. Il dissout la colophane, le camphre, l'hydrate de chloral, la diphénylamine, le trinitrobenzène, l'acide picrique, le trinitrocrésol, le di- et le trinitrotoluène. Quant à l'hexanitrodiphénylamine, elle s'y dissout difficilement. Il ne dissout ni le copal, ni la paraffine, ni la dinitronaphtaline.

Quand ce liquide est maintenu à l'ébullition durant une demi-heure, en présence d'une solution alcoolique demi-normale de potasse, puis titré en retour avec de l'acide chlorhydrique normal, on constate que 1 gr du produit a absorbé 11 cm³5 de lessive de potasse normale.

Quand 5 gr de ce liquide sont distillés dans un courant de vapeur avec 20 cm³ d'acide sulfurique concentré et 200 cm³ d'eau, on constate que, pour la neutralisation du distillat, il faut employer 11 cm³ de lessive normale de potasse par gramme de ce succédané de l'acétone.

D'après ce qui vient d'être dit, on voit que le nouveau solvant peut être employé dans la préparation des nitro-celluloses et dans celle des hydrocarbures nitrés. La nitro-cellulose pour collodion se dissout dans une dissolution de camphre faite dans ce liquide, ainsi que dans une dissolution de camphre faite dans un mélange d'alcool et de ce solvant. Ce nouveau produit semble donc être également propre à la préparation du celluloïd. La préparation de celluloïd difficilement combustible à partir de l'acétylcellulose et l'emploi de solutions d'acétylcellulose présentaient

Digitized by Google

jusqu'à présent de grandes difficultés, parce qu'on ne disposait pas d'un solvant assez bon marché. Voici ce vide comblé.

Le nouveau solvant semble être constitué par un mélange d'éthers. M. B.

Sur le dosage des matières colloïdales dans les eaux résiduaires.

On sait quel intérêt, chaque jour croissant, on attache à la purification des eaux résiduaires des fabriques. Pour mettre sur pied un procédé d'épuration, il faut, avant tout, connaître la constitution chimique des eaux à traiter. Tout au moins, il devrait toujours en être ainsi mais, en fait, la plus grande obscurité règne encore dans ce domaine (nous n'en citerons pour preuve que le cas des eaux résiduaires des fabriques de cellulose de bois) et l'on travaille un peu au petit bonheur.

Ordinairement, lorsqu'on a à analyser une eau résiduaire, on fait les déterminations suivantes : résidu total, perte à la calcination (substance organique), matières organiques oxydables, sucre, azote. On ne s'occupe pas des matières colloïdales que l'eau tient en solution. Et pourtant, ces dernières ont une grande importance; qui plus est, ce sont elles qui exercent les actions les plus nuisibles; c'est grâce à leur présence, en effet, que se fait le développement des bactéries.

Ceci étant rappelé, il nous a paru intéressant de mentionner le procédé d'analyse suivant qu'a publié M. Rohland (1). Il repose sur ce fait que les matières colorantes, surtout celles dont la composition est complexe, adsorbent les colloïdes en s'insolubilisant.

Voici le mode opératoire qu'indique l'auteur : 50 à 100 cm³ d'eau résiduaire sont débarrassés des substances qu'ils tiennent en suspension et additionnés de 1 cm³ d'une solution à 1 % de bleu d'aniline. On concentre ensuite au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse. On reprend avec de l'eau bouillante et on recueille sur un filtre taré le précipité formé. On le lave à l'eau chaude, on sèche et on pèse.

On détermine ensuite colorimétriquement la quantité de bleu d'aniline non adsorbé qui est contenue dans le liquide filtré.

Si c est le poids du précipité; a, la concentration de la solution de bleu d'aniline employée; b, la partie non combinée de matière colorante, l'expression :

$$c - (a - b)$$

donne la quantité de colloïde contenue dans la prise d'essai. M. B.

Fabrication des briquettes de charbon avec addition de naphtaline.

L'agglomérant généralement employé pour la fabrication des briquettes, est le brai, dont le prix élevé est un facteur très important. Une addition au charbon de 7 % de brai à 50 fr la tonne grève de 3 fr 50 le prix de revient de la tonne de briquettes. Aussi, était-il naturel de chercher à remplacer, dans une certaine mesure, le brai par des agglomérants moins chers. La question est surtout intéressante pour les charbonnages maigres qui ne peuvent retirer le brai de leurs usines de récupération (2).

Le procédé allemand *Büsz Fohr* consistait à mélanger de la naphtaline au charbon et à injecter de la vapeur surchauffée.

Théoriquement, la naphtaline devait se vaporiser complètement et se répartir à l'état de vapeur dans toute la masse du charbon. En pratique, la naphtaline restait liquide dans le malaxeur où la température ne dépassait pas 220°; en chauffant davantage, on portait le moule de la presse à des températures excessives.

Ce procédé n'a pas reçu d'applications pratiques.

Un autre procédé allemand, celui de *Schüring*, consiste à fondre et à vaporiser la naphtaline en dehors du mélange et à l'injecter sous forme de vapeur dans le malaxeur.

Dans un premier récipient, la naphtaline est fondue par l'emploi de vapeur à 100°. Un robinet doseur la fait couler en quantité déterminée dans un surchauffeur porté à 250-300° par de la vapeur vive, qui se rend ensuite dans un injecteur où arrive également la vapeur de naphtaline. Une tuyauterie permet d'amener le tout dans le malaxeur à une profondeur telle que la vapeur de naphtaline traverse tout le mélange de charbon et de brai, sans toutefois s'échapper par la partie supérieure.

Le procédé est appliqué aux usines du Norddeutcher Lloyd, à Bremenhaven et au charbonnage Blankenburg, du district de Dortmund.

Dans cette dernière installation, la quantité de brai nécessaire est tombée de 6,25-6,50 % à 4,5-5 % après addition de 0,3 % de naphtaline.

En se basant sur des prix de 47 fr 50 à la tonne pour le brai et de 58 fr 75 pour la naphtaline, le bénéfice brut est de 0 fr 60 par tonne de briquettes.

Le procédé est naturellement d'autant plus économique que les quantités de brai à ajouter au charbon sont plus considérables.

Il faut noter, également, que l'installation est simple et ne demande que peu de vapeur, celle qui a servi dans le surchauffeur et dans l'injecteur étant encore utilisée dans le malaxeur.

Les essais faits à Blankenburg ont montré qu'il n'y avait pas lieu d'ajouter plus de 0,3 % de naphtaline ; avec des proportions plus fortes, la briquette colle à la presse et après démoulage n'a plus la dureté nécessaire. H. S.

(1) *Zeitschift für Chemie und Industrie der Kolloïde* (janvier 1913).
(2) *Glückauf*, n° 38, 21 septembre 1912.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Les nouveaux instruments électrodynamiques, système J. Carpentier (1).

Ces instruments, à lecture directe, comportent un équipage mobile constitué par un cadre monté sur pivots et qui est rappelé au zéro par deux ressorts antagonistes qui y amènent le courant.

Dans le voisinage immédiat de ce cadre est disposée une bobine fixe, parcourue par un courant de même forme que celui qui passe dans l'équipage mobile, et qui sert à produire le champ magnétique dont l'action produit la déviation du cadre mobile.

Comme instruments de contrôle, les électrodynamomètres sont aussi précis que ceux qui comportent un cadre mobile et un aimant permanent utilisés pour la mesure des courants continus. Ils présentent, en outre, le grand avantage de se prêter aussi bien à la mesure des courants alternatifs de fréquence ordinaire qu'au continu. Enfin, en ce qui concerne la constance de leur étalonnage, l'emploi d'une bobine de champ dont les ampères-tours ne peuvent varier, est préférable à celui d'un aimant permanent toujours sujet à des désaimantations spontanées ou accidentelles.

Les électrodynamomètres usuels ont une étendue de mesures limitée. Si, en ce qui concerne les mesures de tension, on peut obtenir sur le même instrument les diverses sensibilités normales au moyen de résistances mises en série avec le cadre mobile, il n'en est pas de même pour la mesure d'intensités très différentes.

La solution de la multiplicité des sensibilités pour la mesure des intensités, utilisée dans les nouveaux instruments, consiste à employer une bobine de champ très petite, formée de quelques tours de lame et disposée à l'intérieur du cadre mobile.

(1) D'après des appareils ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Digitized by Google

Le wattmètre électrodynamique à shunts, dont la figure 1 donne le schéma des connexions, a une bobine de champ pouvant supporter 5 ampères au maximum et qui, par suite, peut être utilisé avec les transformateurs d'intensité usuels. Grâce à la surcharge, d'ailleurs acceptable, du circuit de tension et à l'adoption d'un couple directeur suffisamment faible, la bobine de champ a été réduite au point de présenter une self négligeable, d'environ $0{,}5.10^{-6}$ Henry, et de ne nécessiter que 0,02 volt. En mettant en série avec cette bobine une résistance en manganin de 0,016 ohm, on constitue un circuit pratiquement non inductif aux fréquences ordinaires, dont la consommation pour 5 ampères ne dépasse pas 100 millivolts aux bornes. En complétant l'instrument par une série de shunts ordinaires non inductifs, on a un wattmètre à sensibilités multiples. Le couple directeur est, il est vrai, relativement faible si l'on ne veut dépasser 100 millivolts et sa consommation est assez élevée dans le circuit de tension, au maximum 50 milliampères, mais on a la faculté de mesurer toutes intensités supérieures à 1 ampère, en utilisant une série de shunts, aussi bien en courant continu qu'en courants alternatifs de fréquences usuelles.

Cette solution du problème a amené la solution plus complète, qui est l'amovibilité de la bobine de champ. Tous les instruments électrodynamiques, comportant des bobines de champ amovibles, ne sont pourvus que d'un cadre mobile muni d'un amortisseur à air et d'un index disposé au-dessus d'un cadran gradué avec miroir de parallaxe. Sur le côté vertical de la boîte renfermant l'instrument, et à l'opposé de l'index et de son cadran, est ménagé un logement rectangulaire au fond duquel fait saillie le couvercle étanche qui protège l'équipage mobile. C'est dans ce logement que l'on introduit les différentes bobines de champ que l'on veut utiliser, et dont les circuits rectangulaires, portés par des blocs cubiques creux, viennent se placer de façon que les axes verticaux du cadre mobile et de la bobine coïncident. Des glissières métalliques guident les bobines de champ au moment où on les introduit dans l'instrument, et un ressort permet de rattraper le jeu possible en appuyant constamment un des côtés du bloc sur la face latérale correspondante du logement. A fin de course, le bloc rencontre deux butées sur lesquelles viennent l'appuyer deux manettes à ressort visibles de chaque côté du logement des bobines de champ. Dans ces conditions, la position des bobines de champ est rigoureusement fixée, sans jeu possible. Les erreurs de mesure possibles n'atteignent pas pratiquement le millième, grâce à la coïncidence des axes verticaux des deux circuits rectangulaires, fixe et mobile, ce qui produit le maximum d'action électrodynamique.

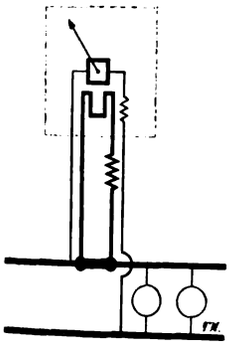


Fig. 1. — Schéma du wattmètre à shunts.

Les différents instruments de contrôle, comportant des bobines de champ amovibles, qui sont actuellement réalisés sont des volt-wattmètres, des ampèremètres à sensibilités multiples et des électrodynamomètres universels.

Volt-wattmètres (fig. 2). — Ces wattmètres à sensibilité multiple comprennent une résistance additionnelle sectionnée pour les diverses tensions depuis 75 volts et une série de bobines de champ pour les diverses intensités depuis 1 jusqu'à 300 ampères.

Les lectures se font sur une même échelle, dont les divisions sont d'ailleurs très sensiblement proportionnelles, grâce à la forme, rectangulaire et allongée dans le sens vertical, adoptée pour les circuits de champ. Il suffit de multiplier la lecture sur l'échelle par le produit des coefficients marqués sur la bobine de champ et sur la résistance additionnelle.

On peut utiliser le même instrument pour mesurer des puissances avec des intensités supérieures à 300 ampères, à la condition d'admettre, pour chaque bobine correspondante, une nouvelle échelle disposée sur le cadran.

En munissant l'instrument d'une bobine de champ à fil fin, adjointe à la série de bobines ampèremétriques, on peut l'utiliser comme voltmètre électrodynamique. Parmi les blocs qui complètent l'instrument, l'un d'eux ne présente pas les trous coniques destinés à recevoir les câbles de connexion; les deux plots sur lesquels appuient les manettes à ressorts servent en même temps de prises de courant, et la connexion de la bobine en série avec le cadre est établie en même temps que sa position est assurée. Une seconde échelle tracée sur le cadran permet de lire directement la valeur de la tension, ou de l'obtenir en multipliant la lecture par le coefficient correspondant à la résistance additionnelle employée.

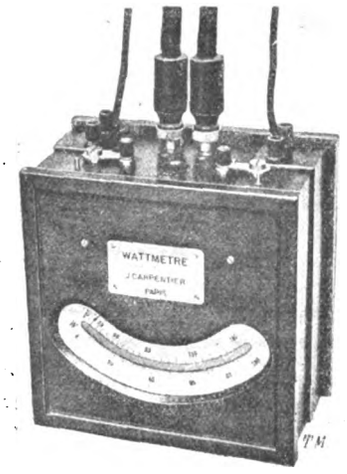


Fig. 2. — Volt-wattmètre à bobines de champ amovibles.

L'ensemble de l'instrument avec ses accessoires : bobines de champ, résistance sectionnée pour 600 volts, câbles de connexion, sont enfermés dans une boîte unique et les appareils peuvent rester en place lors d'une mesure.

Ampèremètres a sensibilités multiples. — Généralement, les ampèremètres électrodynamiques sont constitués comme l'indique le schéma (fig. 3). En série avec la bobine de champ, est disposé un shunt non inductif en manganin. Le cadre mobile, complété par une résistance en manganin mise en série, est monté en dérivation sur le shunt. Ce montage permet d'obtenir de bons résultats au point de vue du coefficient de température et de l'indépendance de la fréquence, à la condition, toutefois, que la résistance en manganin montée en série avec le cadre soit prépondérante, ce qui exige que la tension aux bornes du shunt soit considérable. Pratiquement, il est difficile de descendre au-dessous de 0,5 volt aux bornes de ce shunt, et il serait préférable d'admettre près de 1 volt, si ce n'était l'inconvénient de la consommation.

Un ampèremètre ainsi constitué présente le grand avantage d'être précis, aussi bien avec du courant continu qu'avec du courant alternatif. Il peut être à sensibilités multiples avec échelle unique en utilisant des bobines de champ interchangeables avec les shunts correspondants. Cet instrument est un bon étalon pour courant continu et alternatif, dont le seul inconvénient est de consommer d'autant plus d'énergie qu'on exige une plus grande exactitude.

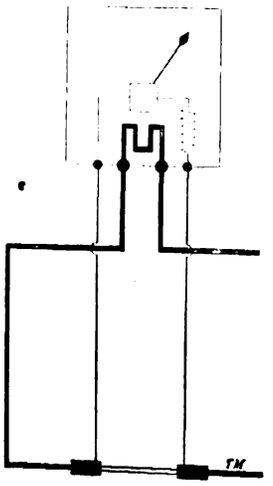


Fig. 3. — Schéma de l'ampèremètre électrodynamique.

Le dispositif réalisé dans les nouveaux ampèremètres électrodynamiques diffère un peu de celui qui vient d'être décrit. Il n'est applicable qu'au courant alternatif seul, et il peut constituer un électrodynamomètre universel, car il utilise un cadre à fil fin comme celui que nécessitent les mesures de puissance et de tension.

Dans ce dispositif (fig. 4), on monte en série avec la bobine de champ un shunt non inductif établi pour une faible différence de potentiel (100 millivolts au maximum, comme dans la plupart des autres instruments comportant un shunt). Au lieu d'agir directe-

Digitized by Google

ment sur le cadre mobile en prenant la différence de potentiel aux bornes du shunt, on intercale un petit transformateur élévateur de tension entre le shunt et le circuit du cadre.

En utilisant un transformateur dont le circuit magnétique est constitué par un anneau sans joint avec un circuit primaire de très faible résistance et un circuit secondaire ayant un grand nombre de tours et, d'autre part, en déterminant les diverses constantes de l'instrument de façon à pouvoir monter en série avec le cadre mobile, dans le circuit secondaire, une résistance non inductive prépondérante, l'intensité du courant dans le cadre mobile sera proportionnelle à la tension aux bornes du shunt, c'est-à-dire au courant principal qui alimente la bobine de champ. Ces deux courants étant en concordance de phase, les indications de l'instrument seront uniquement fonction de l'intensité et non de la fréquence.

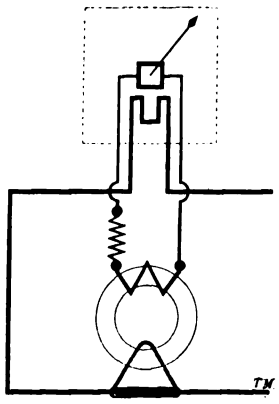


Fig. 4. — Schéma de l'ampèremètre électrodynamique à transformateur.

Les différentes bobines de champ produisant une distribution de flux identique, elles utilisent la même échelle à la condition d'être combinées avec un shunt convenablement réglé.

En ce qui concerne le coefficient de température, c'est celui du circuit secondaire et il peut être rendu négligeable si l'on emploie une résistance non inductive en manganin pour compléter ce circuit.

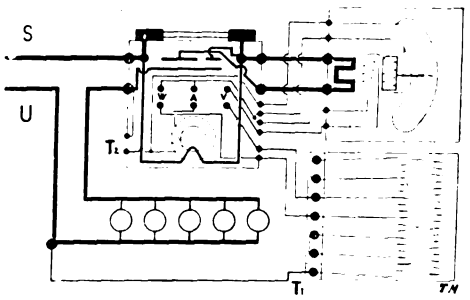


Fig. 5. — Schéma de l'électrodynamomètre universel à bobines de champ amovibles.

Électrodynamomètres universels (fig. 5 et 6). — Dans l'électrodynamomètre à bobines de champ amovibles, la mesure de la puissance est obtenue en alimentant la bobine de champ par le courant principal et le cadre mobile par le courant de tension.

Pour la mesure des tensions, on supprime le courant principal dans la bobine de champ au moyen d'un commutateur, afin d'annuler son action sur le cadre mobile et l'on remplace cette action par celle que produit le passage du courant dans une petite bobine auxiliaire, dite bobine voltmétrique, placée à l'intérieur du cadre et mise en série avec ce dernier par la même manœuvre du commutateur.

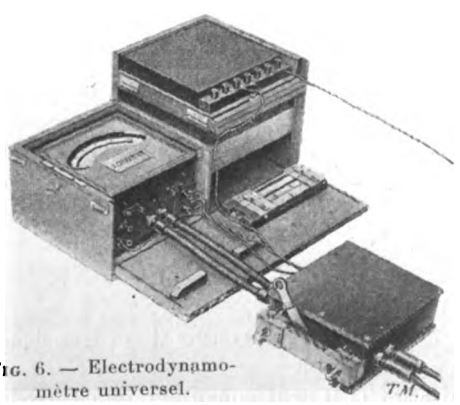


Fig. 6. — Electrodynamomètre universel.

Quant à la mesure des intensités, on rétablit le courant dans la bobine de champ tout en le supprimant dans la bobine voltmétrique et en intercalant le cadre mobile dans le circuit secondaire du transformateur. Il y a lieu de faire remarquer qu'avec le courant continu, l'index de la graduation reste alors au zéro, mais on peut déterminer la valeur de l'intensité par le rapport des watts aux volts préalablement mesurés.

La manœuvre de l'instrument pour effectuer les différentes mesures est des plus simples, puisqu'il n'y a qu'à imprimer un seul mouvement au commutateur, et cela malgré la complication apparente des connexions. Le levier du combinateur, qui contient le transformateur et le commutateur, présente trois positions d'arrêt marquées V, A et W. Il suffit de déplacer ce levier de l'une à l'autre de ces trois positions pour obtenir successivement les trois mesures cherchées, sans qu'il soit nécessaire de toucher aux connexions préalablement établies.

L'ensemble de l'instrument et de ses accessoires se place dans une boîte relativement peu encombrante de $20 \times 20 \times 40$ cm, pesant environ 17 kg, et constitue, sous forme réduite, un matériel complet pour mesures électrodynamiques à sensibilités et à fonctions multiples.

Un cas qui se présente fréquemment est celui des mesures avec des courants alternatifs à haute tension. Lorsque l'on a déjà à sa disposition les appareils de contrôle nécessaires et, en particulier, une collection de transformateurs de tension et d'intensité, l'électrodynamomètre universel peut être réduit à sa plus simple expression.

L'instrument ne comporte alors qu'une seule sensibilité pour les mesures d'intensité (5 ou 10 ampères) et une seule sensibilité pour les mesures de tension (100 volts). Le commutateur et la résistance additionnelle, qui étaient indépendants dans l'électrodynamomètre universel (fig. 5 et 6), peuvent être enfermés dans la boîte qui contient l'instrument de mesure. Le commutateur à trois positions est disposé sur le côté de la boîte et le cadran comporte trois graduations. Sous cette nouvelle forme, l'électrodynamomètre universel est portatif et d'un volume très réduit.

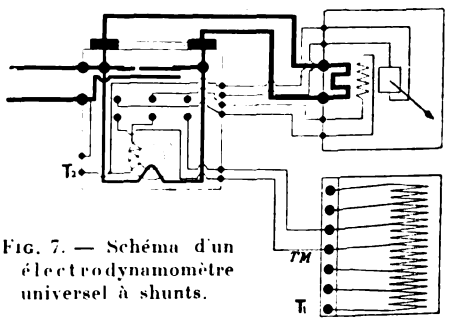


Fig. 7. — Schéma d'un électrodynamomètre universel à shunts.

D'une manière générale, on peut réaliser un dispositif d'électrodynamomètre universel avec tout wattmètre muni de deux bobines de champ ampèremétrique et voltmétrique.

En particulier, le wattmètre à shunts (fig. 1), utilisant le même schéma et complété par une bobine voltmétrique, peut permettre de réaliser, en même temps que la fonction triple, la multiplicité des sensibilités d'intensité tout comme l'instrument à bobines de champ amovibles. On a de plus l'avantage, dans ce cas, de pouvoir utiliser le shunt pour la mesure des ampères et des watts, en branchant en dérivation sur ce shunt, d'une part, la bobine de champ et, d'autre part, le primaire du transformateur. Dans ces conditions, l'électrodynamomètre universel se réduit à un simple wattmètre et au commutateur, et le schéma des connexions est celui que montre la figure 7.

Ce dernier dispositif très simple exige encore la solution de quelques difficultés pratiques, à cause de la consommation d'énergie dans le cadre mobile. J. M.

Appareils de réception de télégraphie sans fil, système Ancel (1).

Parmi les nombreux dispositifs de réception des signaux horaires de la Tour Eiffel, il y a lieu de citer ceux que construit la maison Ancel.

(1) D'après des appareils ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Digitized by Google

L'un de ces appareils permet de recevoir les signaux horaires au moyen d'une sonnerie, ou même de les enregistrer sur un appareil Morse. Cet appareil porte, sur un tableau de marbre que l'on fixe sur un mur, les organes suivants :

1° En haut, les deux bornes *antenne* et *terre* ;

2° Au-dessous, le dispositif d'accord constitué par une bobine de self d'antenne munie d'un curseur ;

3° Plus bas, un potentiomètre servant à régler la tension aux bornes du détecteur électrolytique ;

4° Un détecteur électrolytique du modèle spécial de M. Ancel ;

5° Un relais Claude très sensible et une sonnerie ;

6° Deux interrupteurs, dont l'un permet de couper le courant alimentant le potentiomètre et l'autre le courant traversant le courant du relais ;

7° Un inverseur permettant, soit la réception au son dans un casque téléphonique comportant deux écouteurs ayant une résistance de 4 000 ohms, soit l'enregistrement au Morse par l'intermédiaire du relais ;

8° Un second inverseur permet d'obtenir, soit l'appel par sonnerie, soit l'enregistrement des signaux.

Cet appareil fonctionne très bien avec une grande antenne, à une distance de 100 à 150 km de Paris et peut aussi servir pour enregistrer au Morse le bulletin météorologique transmis par la Tour Eiffel.

Les éléments de pile ou d'accumulateur nécessaires se placent sur une planchette disposée à cet effet sur la face arrière du tableau.

Un autre modèle de récepteur, dit de précision, permet d'enregistrer simultanément, sur un même diagramme, les signaux horaires radiotélégraphiques, la marche de la pendule à contrôler et les vibrations d'un électro-diapason.

Le tableau mural de l'appareil décrit ci-dessus, est relié à un enregistreur de précision, à trois styles inscripteurs, au lieu d'être mis en relation avec un récepteur Morse.

L'enregistreur est constitué par un tambour recouvert d'une feuille de papier noirci au noir de fumée et actionné par un mouvement d'horlogerie à vitesse réglable. Devant ce tambour se déplace un chariot actionné par une vis solidaire d'un mouvement d'horlogerie également à vitesse réglable.

Ce chariot comporte une tige horizontale parallèle à l'axe du tambour et sur laquelle sont fixés trois électro-aimants inscripteurs, disposés les uns à côté des autres. L'un des électro-aimants est mis en communication avec le tableau, à la place du Morse, le deuxième est relié à une pendule à contact électrique et le troisième à un électro-diapason donnant le centième de seconde (100 vibrations doubles par seconde).

En faisant tourner le tambour pendant l'émission des signaux horaires, le premier électro inscrit les signaux préparatoires et les tops de la Tour Eiffel ; le deuxième, les contacts de la pendule électrique et le troisième, les vibrations de l'électro-diapason. On a ainsi sur le tambour trois courbes parallèles, dont l'examen permet de contrôler, avec la précision de l'ordre du centième de seconde, la marche d'une pendule d'observatoire à contacts électriques, à l'aide des émissions horaires de la Tour Eiffel ou, au contraire, les émissions d'un centre horaire radiotélégraphique à l'aide de la pendule à contacts électriques d'un observatoire. On peut aussi contrôler le retard à l'émission entre la pendule de commande et les organes d'émission du poste radiotélégraphique. Ce modèle d'appareil est surtout destiné aux observatoires.

Le modèle de poste récepteur mural pour municipalités et administrations, réduit à sa plus simple expression, se compose, groupés sur un panneau en marbre, des organes suivants : une bobine de self à curseur, un détecteur électrolytique modèle Ancel, un interrupteur et un casque téléphonique à deux écouteurs de 4 000 ohms de résistance.

Le modèle de poste horaire simplifié, permettant de recevoir les signaux dans un rayon de 150 à 200 km de Paris, ne nécessite qu'une antenne assez réduite. Il comporte, groupés sur une planchette, un détecteur électrolytique, un téléphone de 120 ou de 2 000 ohms de résistance, suivant que le poste est installé à Paris ou dans les environs, deux éléments de pile à liquide immobilisé et un crochet interrupteur automatique pour le téléphone.

Enfin, le modèle portatif de poste horaire de grande sensibilité avec dispositif d'accord permet la réception des signaux horaires aux grandes distances. Le détecteur réglable à cristaux est muni d'une pastille détectrice à cristaux artificiels, dont tous les points sont sensibles. Un récepteur téléphonique d'un modèle spécial avec serre-tête et une bobine d'accord à curseur complètent ce poste. J. M.

Décaleur de phases (1).

Cet appareil, construit par la Compagnie pour la fabrication des compteurs, est utilisé lorsqu'on veut disposer de courants triphasés équilibrés pour les mesures ou les étalonnages. Il permet d'éviter l'emploi de trois selfs et de trois résistances variables dont le réglage est délicat.

Alimenté par trois tensions triphasées, cet appareil en fournit trois autres que l'on décale à volonté par rapport aux premières.

Il est constitué par un anneau Gramme, auquel on amène trois tensions en trois points à 120° l'un de l'autre. Un commutateur à trois branches isolées et à 120° recueille les trois courants. Il se déplace sur des parties dénudées de l'enroulement. Lorsque le commutateur à trois branches se trouve dans la position où il coïncide avec les trois points d'entrée du courant, le décalage produit par l'appareil est nul. Il augmente dans un sens ou dans l'autre avec le sens et la grandeur de l'écart de ces points et des branches du commutateur. J. M.

Appareils téléphoniques automatiques dans les colonnes-affiches à Genève.

On vient d'installer à Genève, dans les colonnes-affiches, voisines des principaux points d'arrêt des tramways, des appareils téléphoniques automatiques. Ces appareils sont à la disposition des passants pour effectuer leurs communications, ainsi que pour demander des voitures ou des automobiles.

La municipalité génevoise se propose d'installer des appareils semblables dans tous les bureaux d'attente des tramways, ainsi que dans les kiosques de vente des journaux. J. M.

MÉTALLURGIE

Application de l'huile à démouler dans le moulage, en sable vert des pièces en acier et en fonte.

Les exigences des constructeurs sont devenues telles aujourd'hui, qu'il est difficile de couler en sable vert les principales pièces des machines. On veut, avec raison, des pièces à angles vifs, des lignes pures, des surfaces nettes ne pouvant s'obtenir autrement qu'avec l'emploi du système de moulage dit étuvé. Dans ces conditions, tout moule qui n'est pas étuvé doit être grillé, c'est-à-dire au moins séché superficiellement.

Malheureusement, l'étuvage augmente considérablement le prix de la main-d'œuvre, tant en combustible qu'en manutention des moules ; c'est pourquoi il ne faut pas manquer l'occasion de pratiquer le moulage en sable vert, qui est sans contredit le plus usité aujourd'hui dans les fonderies, où on a songé, depuis fort longtemps, à remplacer le moulage à la main — opération essen-

(1) D'après un appareil ayant figuré à l'Exposition de la Société française de Physique.

Digitized by Google

tiellement lente et irrégulière — par le moulage mécanique. Il importe donc d'éviter le séchage à l'étuve et d'avoir recours à des procédés et à des soins particuliers qui garantissent le travail — soit à la main ou à la machine — contre tous accidents pouvant résulter de l'insuffisance du grillage, ou, autrement dit, d'une dessiccation superficielle.

En s'appuyant sur ces idées, les fondeurs, voulant perfectionner les procédés de séchage, ont cherché à les supprimer pour les remplacer par d'autres moins coûteux.

Il serait superflu de rechercher et de décrire tout ce qui s'est fait; nous nous bornerons à résumer l'application la plus saillante, qui est celle de l'emploi de l'huile à démouler.

Pour obtenir un bon moulage en sable vert, les conditions essentielles à remplir, sont les suivantes : Il faut, d'abord, employer des sables de bonne qualité, travaillés avec soin et mouillés à un degré d'humidité convenable.

Les sables, employés pour le moulage en sable vert, doivent être à la fois un peu argileux et un peu siliceux. On est moins difficile pour le choix des sables destinés à l'étuve que pour le choix de ceux qui doivent servir au moulage à vert. Il faut certainement user de plus de précautions dans le choix des sables qui ne doivent pas être séchés. Ces sables ne demandent pas à être aussi gras que les sables d'étuve ; il leur suffit d'avoir assez de cohésion pour qu'ils ne s'éboulent pas lorsqu'on retire les modèles, ou lorsqu'ils reçoivent la matière en fusion.

Il est difficile de donner des renseignements complets sur le moulage de toutes les pièces pouvant se présenter dans les fonderies et nous reconnaissons qu'il faudrait un trop grand nombre d'exemples pour faire comprendre le travail du moulage. On emploie, dans la pratique, des huiles en assez grand nombre; celles-ci, mélangées au sable, facilitent le décapage des pièces. En nous basant sur cet avantage, nous avons préconisé l'emploi de l'huile à démouler — dans la fabrication des pièces de machines destinées aux Compagnies de chemins de fer de nos réseaux français — par un moyen bien simple, lequel a donné des résultats surprenants à la coulée de ces pièces. La méthode est la suivante :

Lorsqu'on moule en sable vert, il est nécessaire de lisser les moules après les avoir, au préalable, saupoudrés de plombagine ou graphite ; ceci fait, on souffle de l'huile à démouler sur toutes les parties du moule; cette opération doit se faire un peu avant la coulée.

Couler chaud, verser lentement d'abord, puis accélérer la coulée pour la ralentir de nouveau au moment où le moule achève de s'emplir; faire dégager les évents jusqu'à ce qu'ils ne trahissent aucun bouillonnement perceptible à la surface. En opérant de cette façon, on obtiendra des pièces exemptes de soufflures, dartres, gales ou tacons, etc. (accidents auxquels sont sujettes toutes les pièces coulées), un décapage facile et des surfaces lisses.

J. Duponchelle.

Extraction du goudron de gaz de fours à coke.

Les facteurs (1) qui interviennent dans la séparation du goudron sont :

1° Le point de rosée du gaz pour les divers constituants du goudron;

2° Le brouillard de goudron ;

3° La vapeur d'eau contenue dans le gaz ;

4° Les températures successives du gaz ;

5° Les actions mécaniques.

1° *Point de rosée du gaz pour les divers constituants.* — Tous les éléments qui composent le goudron sortent des fours sous forme de vapeur. Lors du refroidissement, se produit une sorte de condensation fractionnée au cours de laquelle les divers constituants se précipitent, plus ou moins mélangés les uns aux autres. Cette précipitation dépend de la position du point de rosée du gaz pour chacun des constituants, de leur point d'ébullition et de leur abondance dans le gaz. Le gaz, en se refroidissant à une température inférieure à celle du point de rosée correspondant à un constituant, abandonne de cet élément la quantité qui dépasse sa capacité de saturation à la température considérée. Le gaz reste toujours saturé d'un constituant déterminé pour toute température inférieure à celle du point de rosée.

On ne peut rien dire de général sur les points de rosée, qui dépendent du charbon enfourné et de la marche de la carbonisation. Il est intéressant de faire dans chaque cas une étude expérimentale qui permet de savoir si, à une température déterminée, il est possible d'avoir condensation complète des constituants du goudron.

2° *Brouillard de goudron.* — Le gaz entraîne toujours une quantité de goudron supérieure à celle qu'indiquent la température et le point de rosée. Cet entraînement est dû à la condensation du goudron sous forme de brouillard. Pour obtenir une bonne épuration, il faut que les molécules de goudron puissent s'agglomérer en une goutte suffisamment grosse pour se précipiter sous forme liquide. L'expérience a montré que le refroidissement jusqu'aux températures compatibles avec l'emploi des procédés directs de sulfatation est insuffisant et qu'il y a lieu de le combiner avec les actions mécaniques.

3° *Action de la vapeur d'eau.* — Certains constituants, tels que les huiles légères et la naphtaline, se laissent entraîner par la vapeur d'eau à une température inférieure à leur point d'ébullition. Cet entraînement est utilisé dans la distillation du goudron. Nous le retrouvons dans l'épuration du gaz, où certains constituants restent volatils à basse température. C'est à l'action de la vapeur d'eau que sont dus les entraînements d'huiles jusque dans les brûleurs des fours.

4° *Températures successives du gaz.* — Il est intéressant de considérer le rapport qui existe entre l'abaissement de la température et la durée du refroidissement. Un refroidissement lent favorise la formation d'un brouillard de goudron, tandis que, dans un refroidissement brusque, les gouttes sont plus grosses et tombent plus facilement. Mais un refroissement trop brusque serait mauvais et amènerait une sorte de sursaturation dans laquelle certains constituants resteraient à l'état de vapeur, bien que leur point de rosée fût dépassé. La pratique seule pourra indiquer la meilleure relation à établir entre l'importance du refroidissement et sa durée.

La diminution de volume du gaz intervient également. Plus est petit le volume de gaz renfermant une quantité déterminée de vapeur de goudron, plus les points de rosée des constituants sont élevés et plus rapidement se fait la séparation.

En outre, il est avantageux que les produits déjà condensés, en particulier les huiles lourdes, puissent agir sur les vapeurs des huiles légères et de la naphtaline. On peut ainsi séparer de ces constituants des quantités plus importantes que celles qui seraient indiquées par les températures et les points de rosée.

5° *Actions mécaniques.* — Ces actions ont une grande influence sur la précipitation du goudron. Elles se produisent déjà dans les tuyauteries d'aspiration du gaz aux emplacements des coudes et des chicanes.

Les appareils d'épuration mécanique agissent soit uniquement par action physique, soit en combinaison avec une action chimique.

Il existe de très nombreux modèles, dont plusieurs manquent leur but parce qu'on n'a pas tenu un compte suffisant du brouillard de goudron. Les appareils purement mécaniques ne peuvent généralement pas arrêter le brouillard, à moins d'opérer à de très basses températures, incompatibles avec les procédés de sulfatation directe. On obtient de meilleurs résultats en combinant des actions différentes, comme dans le procédé du Dr Otto, à

(1) Voir *Glückauf*, n° 33, 17 août 1912.

Digitized by Google

Dahlhausen, où l'on utilise une injection de goudron pulvérisé. Ces appareils agissent, non seulement sur le brouillard de goudron, mais encore sur les points de rosée, ce qui permet d'obtenir des résultats satisfaisants, même à température élevée.

H. S.

MINES

Quelques effets de pressions de terrains dans les exploitations houillères.

Le mémoire publié par M. L. Morin, dans *le Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, conduit aux conclusions suivantes :

L'étude des effets des pressions de terrains, le plus souvent délaissée, apparaît très importante :

1° Si on envisage le point de vue économique, elle peut se résumer par les deux règles suivantes :

Au point de vue abatage, il faut éviter les vides à l'aplomb des tailles. Une préparation judicieuse des travaux doit distancer suffisamment les fronts d'exploitation de veines voisines, pour permettre, par un tassement satisfaisant des remblais, l'effet du poids des terrains sur la deuxième couche exploitée. La diminution de rendement due à des fronts superposés, se fait sentir en dessus et en dessous de la première couche exploitée, dans un rayon qui peut atteindre 100 m de hauteur.

Au point de vue entretien, il faut éviter les parties inexploitées, de surface limitée, à l'aplomb des galeries à conserver.

De même, si une ou plusieurs veines présentent dans une région un toit éboulueux diminuant le rendement normal d'abatage, on devra se rendre compte si ce fait ne provient pas d'une surcharge des terrains, et, dans ce cas, exploiter d'abord une autre veine latérale à bon toit, moins sensible aux fortes pressions.

On tendra à éviter les îlots inexploités où les pressions s'exagèrent; on devra ainsi déhouiller les étreintes et failles jusqu'à la limite extrême de leur exploitabilité. En cas de parties nettement inexploitables, on évitera de conserver les galeries à leur aplomb.

Enfin, au delà d'une certaine profondeur (250 m environ), le maintien des stots de protection des puits, devra être discuté; ils seront le plus souvent à supprimer méthodiquement et deviendront d'autant plus nuisibles que les étages d'exploitation seront plus profonds.

En dehors des cas exceptionnels, il sera souvent économique de laisser une certaine souplesse au soutènement des voies dans les exploitations normales.

2° Si on envisage la sécurité contre le grisou, les pressions de terrains modifient profondément le degré de perméabilité des couches, et, par l'infinité des canaux qu'elles créent, en font varier le dégagement. Elles amènent la houille, d'un état compact à pression et teneur primitivement élevées, à dégagement lent, en un état de cohésion moindre allant partiellement jusqu'à la pulvérisation, à pressions variables jusqu'à être faibles, à dégagement rapide. Elles affectent les terrains également et rendent ainsi le dégagement de l'ensemble sensible aux dépressions barométriques. Elles créent, en particulier, certains dégagements intempestifs qui peuvent, dans une certaine mesure, être prévus :

1° Soufflards importants aux limites d'exploitation, suivant la ligne de rupture des terrains, dont ils peuvent ainsi permettre de suivre la loi d'affaissement;

2° Dégagements anormaux par écrasement de massifs.

En prévoyant ces dégagements, l'ingénieur pourra s'armer contre eux, mais il devra le plus souvent les subir. Aussi, le choix et le bon entretien des lampes, la réduction du minage, la valeur des boutefeux, restent-ils le facteur essentiel de la sécurité.

Les divers effets de pressions montrent l'intérêt très grand que présente le remblayage hydraulique; les avantages qu'il peut donner font espérer qu'ils contrebalanceront, dans certains cas, ses difficultés d'application aux grandes profondeurs.

On peut aussi conclure des expériences signalées et des remarques faites, que le dégagement de grisou d'une veine est en fonction inverse de sa dureté et qu'il devient possible d'étudier avec une certaine approximation :

1° Le degré grisoumétrique comparatif des différents charbons; 2° la répartition du grisou dans un gisement, par la mesure du volume du grisou dégagé par broyage en vase clos, du charbon des régions vierges, choisi très dur.

T.

La dessiccation des minerais de fer aux mines du Mesabi.

Les minerais des mines du Mesabi, dans le Minnesota, contiennent de 16 à 18 % d'humidité. Pour diminuer les frais qu'occasionne leur transport, on a monté une installation capable de traiter chaque jour 3000 t de minerai, et de ramener leur teneur en eau au taux de 3 %. Cette installation se compose de quatre tambours dessiccateurs, travaillant simultanément, que le minerai parcourt dans toute leur longueur, et dans lesquels on injecte de l'air chaud par des ouvertures ménagées dans leurs parois : ces ouvertures sont pourvues naturellement d'un dispositif spécial qui empêche le minerai de s'échapper hors des cylindres. L'air dessiccateur est chauffé par un foyer extérieur et lancé par un ventilateur dans une enveloppe en tôle, à l'intérieur de laquelle se trouve le tambour proprement dit. A l'endroit où le minerai entre dans le tambour, l'air est à 100° C; à l'autre extrémité, il n'est plus qu'à 50° C. Les frais de cette opération sont couverts largement par les économies qu'on réalise dans le transport ultérieur du minerai.

M. B.

TEXTILE (INDUSTRE)

Sur le mercerisage.

Le mercerisage est le traitement que l'on fait subir au coton pour lui communiquer la propriété d'être transparent et brillant et ainsi d'avoir l'aspect de la soie. Il doit son nom au chimiste anglais Mercer, de Manchester, célèbre à propos de nombreux perfectionnements dans l'impression et la teinture. D'après les termes du brevet qu'il prit en 1851, on soumet les fibres séchées à l'action de la potasse ou de la soude caustique à 70° de l'hydromètre Twalde (1) à la température de 15° C. On élimine de l'alcali employé par le passage dans une série de citernes chargées d'eau pure, on les lave de nouveau, on les passe dans l'acide sulfurique étendue d'eau, puis on les lave encore.

Après ce traitement : 1° le tissu s'est rétréci dans sa largeur et réduit dans sa longueur, mais il est devenu plus épais et plus serré (effet analogue à ceux produits sur les lainages par le foulonnage); 2° il a pris plus de force et de dureté, chaque fibre végétale est devenue capable de résister à une plus grande charge de rupture; 3° il est devenu plus pesant, plus transparent et, si c'est un tissu de contexture fine, il paraîtra à la main comme de la peau mouillée ou de la vessie. Il a acquis au plus haut degré la propriété de recevoir toutes les couleurs par l'impression ou par la teinture.

Si les tissus sont mélangés de laine, de soie ou d'autres fibres animales qui ne se rétrécissent pas, on obtient des effets de crêpage et de bosselage.

L'inventeur indique aussi, dans un certificat d'addition, l'action de l'acide sulfurique étendu et du chlorure de zinc.

Mercer ne cherchait pas alors le brillant de la soie, mais une plus grande résistance de la fibre et une affinité plus grande à la teinture.

En 1889-1890, Arthur Lowe fait disparaître le rétrécissement

(1) 70° de l'hydromètre correspondent à 38° Baumé.

Digitized by Google

en maintenant les matières mécaniquement tendues, pendant qu'elles sont soumises à l'action de la soude, mais nécessairement avant que le tissu ait perdu la souplesse élastique dans laquelle il se trouve temporairement. La densité de sa liqueur est de 25° à 75° Twadle pendant un temps variant de onze à quinze minutes. Ce qui différencie ces deux brevets, c'est l'action mécanique à laquelle Lowe soumet les plis, de façon à éviter le retrait considérable des tissus qui avait nui au développement du procédé Mercer.

Les teinturiers français Thomas et Prévost revendiquèrent le procédé permettant de donner aux fibres végétales l'aspect brillant de la soie obtenu par le mercerisage, le lustrage qui consiste à étirer les fibres, soumises à l'action d'une certaine chaleur, entre des rouleaux animés d'un mouvement de rotation.

Pour rehausser l'éclat soyeux des fibres, on les soumet à une certaine pression, soit lorsqu'elles sont encore imprégnées du liquide de mercerisation, soit même après lavage et teinture avant qu'elles soient séchées.

L'action basique ou acide du mercerisage doit être complètement neutralisée. Plus la température est basse, plus la solution caustique peut être diluée et plus l'opération est rapide.

Les inventeurs obtenaient des effets nets et brillants en réservant certaines places, en neutralisant le mercerisage avant, pendant ou après l'opération au moyen de produits appropriés, albumine, gomme, acides acétique et tartrique, alun, acétate d'alumine, etc.

Le mercerisage sans étirage de fils dans la solution caustique a fait l'objet de nombreuses recherches, et plusieurs brevets ont été pris. Si la pratique les consacre, ce sera une grande économie réalisée, car il ne sera plus nécessaire d'avoir des machines spéciales et robustes pour cette opération.

En résumé, ces trois plus importants brevets indiquent l'emploi d'un alcali, et c'est là une propriété curieuse de la fibre de coton de pouvoir supporter cette action sans perdre de sa ténacité, au contraire, elle augmente : suivant les auteurs de 46 à 70 °/₀ pour une bande de tissu.

Une explication, qui paraît la meilleure, de l'aspect brillant de la fibre mercerisée est celle donnée par Hübner et Pope à la suite d'expériences nombreuses : « Une fibre de coton brut fixée à ses deux extrémités au moyen de gouttes de cire sur une lamelle de verre vue au microscope, sous l'action de la soude caustique, se redresse, se gonfle en conservant la majeure partie de sa torsion. L'aspect de la fibre est celui d'un bâton droit transparent sur lequel des spires régulières réfléchissent la lumière.

Une coupe de la fibre mercerisée montre que le canal central, aplati ou tordu, mais très net dans la fibre naturelle, a presque disparu. Le contour extérieur est plus régulier, la fibre semble avoir épaissi, ce qui s'explique par le retrait longitudinal observé. L'influence de la concentration de la soude a été aussi mise en lumière par Hübner et Pope.

CONCENTRATION	EFFET PRODUIT SUR LA FIBRE
de 0 à 10° B. . .	aucune action apparente.
10 à 12 . . .	déroulement incomplet pendant une seconde.
13° . . .	détorsion d'abord rapide puis ralentissant.
17 . . .	déroulement uniforme pendant cinq secondes.
21 . . .	détorsion suivie d'un gonflement.
24 . . .	détorsion et gonflement simultané.
34 à 42° . . .	gonflement précédant le déroulement.

D'après le texte même du brevet Thomas et Prévost, l'action de la température est importante. Le refroidissement de la solution caustique en permet la plus grande dilution, mais l'avantage en est restreint par la nécessité de refroidir la liqueur, ce qui entraînerait des frais hors de proportion avec l'économie faite sur la soude.

Toutes les variétés de coton ne donnent pas les mêmes résultats : les cotons longues soies, Jumel, Mako, Georgie, Caroline, acquièrent un brillant bien supérieur à celui des cotons courtes soies ; les fils moulinés du retors, tout en supportant mieux la tension, donnent un meilleur effet que les fils simples. Dans la filature qui précédera le mercerisage, il faudra donc enlever les fibres courtes, effectuer une tension convenable qui doit permettre à la liqueur mercerisante d'imbiber intimement les fils.

Une autre opération est nécessaire : c'est le gazage en grillage des duvets de la surface du fil, opération très délicate, car il ne faut pas roussir le fil, ni lui faire perdre trop de poids ; elle s'effectue par le passage dans la flamme d'un bec Bunsen ou presque au contact d'une barre de ferronickel portée au rouge par un courant électrique.

On fait encore subir à la fibre le débouillage, de façon à la bien imbiber, puis un lavage à l'eau chaude et à l'eau froide. Il vaut mieux laisser égoutter le coton avant de le sortir de la cuve de lavage.

Comme il doit être parfaitement sec pour que la soude imprègne uniformément la fibre et que l'eau introduite diluerait inutilement la liqueur caustique, on le soumet à un essuyage énergique.

Puis vient le mercerisage proprement dit, qui a été exposé d'après les brevets des divers inventeurs.

On obtient de la sorte des tissus à bon marché, pouvant concurrencer la soie, surtout à notre époque où chacun a le besoin de paraître. Que dire de leur résistance à l'usage et aux fréquents lavages domestiques ? Il y a souvent des déceptions.

Cela n'empêche pas que le mercerisage est devenu une branche très active de l'industrie textile, répondant aux besoins du moment et qui peut encore espérer de beaux jours. N'oublions pas que l'idée première en revient à un Français, Romieu, titulaire d'un brevet « sur un mode de lessivage des fibres végétales leur donnant l'apparence de la soie (1) ».

M. G. C.

Machine à merceriser en écheveaux.

Le mercerisage des fils ou des tissus continue à faire des progrès remarquables, et il constitue maintenant une branche importante de l'industrie textile. Il semble que l'utilité du mercerisage : « le procédé accroît la résistance des fils de coton et développe en eux une plus grande affinité pour la teinture et pour l'absorption de l'humidité », soit pleinement justifiée et que le mérite attribué à ce procédé n'est en aucune manière exagéré. Ces progrès, évidemment liés à ceux de la construction des machines employées, ont été un stimulant pour les constructeurs ; grâce aux perfectionnements obtenus, le travail peut être effectué dans des conditions favorables et aussi rapidement que possible.

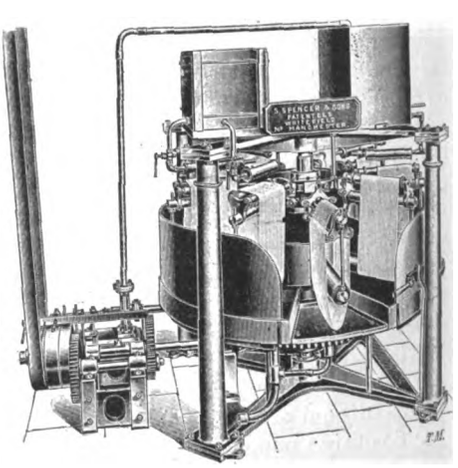


FIG. 1. — Machine à merceriser.

(1) BIBLIOGRAPHIE. — On trouve des renseignements intéressants dans BELTZER : *La grande industrie tinctoriale*, 1907 ; *Monit. scientifique du Dr Quesneville*, 1904-1908 ; *Génie civil*, 1907 ; J. HÜBNER et W. POPE : *Journal of the Society of chemical Industry*, 1904, et dans les *Applications de chimie* de M. Garçon.

Digitized by Google

La figure 1 montre les progrès réalisés dans cette voie : elle représente une machine très ramassée qui facilite le travail et élimine toute perturbation.

La machine, qui est actionnée par courroie, comporte deux séries de bras horizontaux, neuf en haut, neuf en bas.

Ces bras radiaux sont fixés sur un arbre vertical mû par engrenage. Les bras du haut peuvent être ajustés à plusieurs hauteurs, selon la grandeur de l'écheveau ; ils sont chacun munis de plaques triangulaires entre lesquelles des rouleaux mobiles sont établis.

Chaque bras ne comporte qu'un seul rouleau, mais de plus grand diamètre.

L'ouvrier, se tenant face à la machine, place l'écheveau de fil à traiter sur les deux bras du haut et du bas qui se trouvent devant lui. Le fil, automatiquement mis en tension, est graduellement étendu à chaque neuvième de tour. L'arbre vertical se meut de droite à gauche et présente ses bras respectifs à l'ouvrier, qui les décharge, puis les recharge avec de nouveaux écheveaux.

Chaque écheveau est placé successivement dans quatre bains de soude caustique ; au cinquième mouvement il est étendu ; puis le fil est pressé et égoutté pour chasser l'excès de soude. Au sixième stade, le fil est lavé à l'eau chaude ou à l'eau froide, après quoi le lavage final se produit au septième et au huitième stade. Le temps employé pour parcourir ce cycle peut être réglé à volonté suivant un cycle comportant par exemple : quatre minutes dans la soude, une pour exprimer l'excès de soude et trois pour le lavage ; l'ouvrier a une minute pour la manutention des écheveaux qui consiste dans le remplacement de l'écheveau traité par un neuf.

Le liquide caustique est mis en circulation par une petite pompe centrifuge montée sur la courroie.

Les traits importants dans ce travail sont l'absence d'effort exagéré sur le fil et la régularité des périodes pendant lesquelles la soude agit.

La machine a une grande capacité de production et ne demande qu'un ouvrier. Elle est construite à Whitefield (Manchester) par la maison Spencer and Sons. M. G. C.

Appareil à nettoyer les anneaux de continus.

Comme on le sait, dans les continus à filés fins, le curseur est très petit, très fin, et la durée de formation des bobines étant très longue (les levées durent parfois trois et quatre jours), ces curseurs usent très vite. De ce fait, on est obligé de les remplacer deux ou trois fois pendant le courant de la levée.

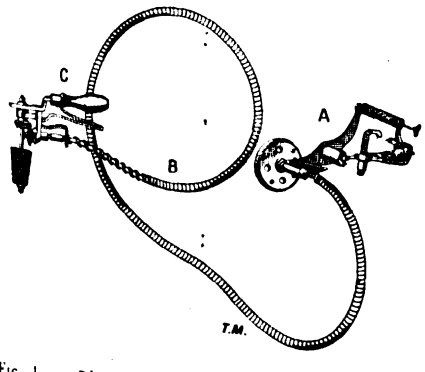


Fig. 1. — Dispositif de l'appareil à nettoyer les anneaux de continus.

Pour les faire durer plus longtemps, beaucoup de filateurs graissent les anneaux avec de l'huile végétale, huile qui ne tache pas le coton, mais qui a l'inconvénient, étant imprégnée de la poussière des ateliers, d'encrasser les anneaux. C'est pourquoi certains filateurs aiment mieux changer les curseurs que graisser, car tous les mois un nettoyage complet de tous les leviers-articulations du métier est nécessaire, sans compter les risques de casse et la grande perte de temps.

Le nettoyage à la main demande pour un continu de quatre cent broches, quatre ouvriers pendant quatre heures dans le cas du nettoyage avec un torchon sec ; il y a des usines où l'on nettoie avec du pétrole ou de l'eau de cristaux, ce qui doit être déconseillé, car les pièces décrassées deviennent alors rugueuses.

L'appareil à nettoyer les anneaux de continus a été imaginé pour éviter tous ces inconvénients.

Il se compose de trois parties (fig. 1).

La *commande* A qui s'adapte à n'importe quel bâti et est munie d'une roue friction, travaillant avec le tambour du continu.

Le *transmetteur* B, câble flexible, recouvert d'une gaine, qui, d'un côté, est en prise avec la roue de commande, et de l'autre, avec l'appareil à main.

L'appareil à nettoyer C, qui se compose d'une équerre à poignée dans laquelle se trouvent logés deux pignons d'angle. L'un des pignons est en prise avec le flexible qui lui donne la rotation ; l'autre supporte la brosse à polir et s'engrène avec le premier à la volonté de l'opérateur.

Cet appareil nettoie un métier de quatre cent broches en quinze minutes au maximum avec l'aide d'un seul ouvrier, alors que le nettoyage à la main demande quatre heures et quatre ouvriers. Comme tous les mois il faut graisser les continus, on exécute le nettoyage pendant le travail du graisseur ; le nettoyage étant généralement terminé avant que le graisseur ne soit arrivé au milieu de son ouvrage, aucun arrêt pouvant nuire à la production n'est possible.

Enfin, comme nouvel avantage, notons que le nettoyage à la machine est toujours bien fait, tandis que le nettoyage à la main est toujours négligé, les ouvriers n'aimant pas ce genre d'occupations.

L'appareil est simple, il est, par contre, très robuste ; depuis deux ans, deux cent quatre-vingt-trois sont en fonctionnement.

L'anneau est nettoyé et poli par la brosse instantanément, conservant toute la douceur et le brunissage produit par la rotation du curseur. D'où tirage très régulier, filés plus corrects à tous les points de vue et marche parfaite pour les fileurs ou fileuses. F. Hague.

TRAVAUX PUBLICS

Sur l'empierrement des chaussées.

M. Vergnes (1) recommande l'exécution, sous la chaussée macadamisée, de deux rigoles de 0m,50 de largeur ouvertes à 0m,50 ou 0m,60 de l'axe du chemin, que l'on remplit de pierres brutes rangées à la main.

Le prix de revient est de 1 fr environ par mètre courant.

Les massifs, reliés entre eux par des rigoles transversales prolongées jusqu'aux fossés, ou jusqu'au talus de remblai, assainiraient ainsi la chaussée.

Des expériences ont été faites. On a cylindré, à l'aide du rouleau à vapeur, sur de grandes longueurs, deux bandes parallèles de 0m,50 à 0m,80 de largeur, suivant le cas, formées de matériaux de 0m,10 à 0m,12 dans la partie inférieure et de 0m,07 à la surface.

On a obtenu des chaussées dont la viabilité était satisfaisante et sur lesquelles la circulation se faisait aisément. M. T.

(1) *Annales des Chemins vicinaux*, février 1913.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

L'hydrogène dans la navigation aérienne (1) **et dans l'industrie.** — Il n'y a que depuis quelques années que l'hydrogène fait partie des gaz industriels, après que les développements et les progrès de la navigation aérienne ont provoqué de nouveaux procédés de préparation de ce gaz. Jusqu'à la fin du siècle précédent, on ne préparait l'hydrogène que par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le fer.

L'année 1898 vit apparaître l'hydrogène électrolytique, d'abord fabriqué et rendu utilisable pour les ballons par la *Chemische Fabrik Griesheim Elektron*, de Griesheim-sur-M. Les usines électrolytiques sont devenues le port d'attache de nombreux navires aériens. De grandes quantités d'hydrogène comprimé ont été exportées, dans des bouteilles d'acier; mais le grand poids de ces bouteilles d'acier, qui augmentait beaucoup les frais de transport, a amené la mise au point de nouveaux modes de préparation économique d'hydrogène, applicables aux endroits mêmes où l'on veut utiliser ce gaz : il existe actuellement une vingtaine de ces procédés. La possibilité d'obtenir à bon compte de grandes quantités d'hydrogène a eu pour conséquence une grande augmentation dans sa consommation. C'est surtout la haute température de la combustion de l'hydrogène et de l'oxygène qui est utilisée, par exemple, pour la fusion et la coupe du fer, par la soudure du plomb et de l'aluminium, pour la fusion du platine et du quartz, pour la fabrication des pierres précieuses artificielles. L'industrie des lampes à incandescence consomme aussi de grandes quantités d'hydrogène pour la fabrication des lampes à filaments métalliques, principalement par la réduction du trioxyde de tungstène en tungstène métallique et le travail des bâtonnets de tungstène, qui s'oxydent à l'air à haute température. Un changement complet se prépare dans l'industrie des savons et corps gras, depuis qu'on est arrivé dernièrement, en traitant des huiles liquides de peu de valeur, par l'hydrogène en présence d'une substance de contact (nickel, platine, palladium), à produire des graisses consistantes blanches, d'une bien plus grande valeur commerciale. Il y a encore à citer la synthèse directe de l'ammoniaque par l'azote et l'hydrogène, procédé trouvé par *Haber*, et exploité par le *Badische Anilin und Soda Fabrik* : ce sera probablement là un des plus gros emplois de l'hydrogène, étant donné la grande consommation d'engrais azotés que fait l'agriculture.

(Communication de M. *Sander*, Polytechnischer Verein, Munich, 27 janvier 1913.)

Nouvelles matières premières pour la fabrication du papier. — Dans ces six dernières années, les prix de la pâte de bois ont augmenté de 50 %. Il est donc nécessaire de rechercher d'autres matériaux pouvant servir à la fabrication du papier. Routledge, puis Raitt, en 1908, ont étudié l'utilisation de la fibre de bambou : le prix de revient d'une tonne (2 240 livres anglaises) de pâte de bambou non blanchie se monte à 6 £ 3 s. 4 d. (154 fr 20). Les produits chimiques y entrent pour 1/3, la main-d'œuvre pour 1/13 seulement, environ. Raitt a montré que l'exploitation du bambou est une opération vraiment économique.

Le Hedychium coronarium peut aussi être utilisé. C'est une plante qui croît dans l'Inde, dans le Centre et le Sud-Amérique, et dans quelques parties de l'Afrique Occidentale. Les frais de récolte, de transport et de broyage doivent revenir à moins d'une livre sterling par tonne de papier. Le résultat dépend de la quantité de soude nécessaire, et en raison inverse. Le Hedychium coronarium peut être traité par la chaux, dans des fosses, pour ramollir les fibres : la pâte à papier n'est fournie que par les fibres de la tige. Le rendement est meilleur avec le Hedychium qu'avec le bambou.

Charles Frederick Cross cite une autre plante qui fournirait du papier, une Cryptostegia (de la famille des asclépiades), qui est cultivée dans les îles Bahama : elle peut atteindre en un an une hauteur de 4m,50; sa sève fournit une sorte de caoutchouc, et de sa fibre on peut faire du papier.

(Communication de MM. *Clayton Beadle* et *Henry P. Stevens*, Society of Arts, Londres, 12 février 1913.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, supplément au t. IV, n° 4 (15 février 1912).

ÉLECTRICITÉ

L'électrification des chemins de fer du Midi. — L'adoption de la traction électrique s'est imposée pour les nouvelles lignes établies par la Compagnie du Midi dans le massif des Pyrénées, par suite de la dureté du profil de ces lignes de montagnes : leur tracé comporte, en effet, des pentes de 80 mm par mètre, et des courbes de 80 m de rayon. Pour obtenir de la Compagnie du Midi l'exploitation de ces nouvelles lignes, l'Etat a pris à sa charge la construction des usines hydro-électriques, ainsi que les lignes de transport d'énergie.

Le courant utilisé est du monophasé à 12 000 volts. Produit à 6 000 volts aux usines hydrauliques, le courant est élevé à 60 000 volts par des transformateurs statiques, et transporté à cette tension par 4 câbles en aluminium jusqu'aux sous-stations qui le restituent à 12 000 volts au fil de travail. Les principales usines sont celles d'Eget, de 20 000 ch, et celle de Soulom, de 18 000 ch. Cette dernière utilise l'eau des gaves de Pau et de Gavarni, sous des hauteurs de chutes de 250 m et 125 m alimentant six groupes de turbines.

Différents systèmes de supports ont été essayés pour le fil de trolley; le plus économique est celui constitué par deux rails assemblés, supportant une potence ordinaire. On est arrivé avec ce système à équiper la ligne Lourdes-Pierrefitte à un prix de revient de 19 500 fr le kilomètre, y compris les quelques gares du parcours.

(Communication de M. *Jullian*, Société internationale des électriciens, 17 avril 1913.)

La télégraphie sans fil. — La résonance est une des grandes lois qui régissent les mouvements de la matière.

Qu'est-ce que la résonance?

Tout le monde connaît les effets mécaniques de la résonance, dont on cite des exemples classiques. C'est la balançoire, à laquelle de petites impulsions rythmées donnent une grande amplitude d'oscillations, c'est le pont suspendu sur lequel passe une troupe en marche au pas cadencé; si le chef de la troupe ne faisait pas rompre le pas, la succession des petites impulsions données au câble de suspension et à toute la masse métallique du pont produirait des oscillations de grande amplitude qui pourraient amener la rupture.

Les effets de la résonance acoustique sont aussi bien connus : en chantant devant un piano, on fait vibrer les cordes dont la période de vibration correspond à la hauteur des ondes émises par la voix. On dit que ces cordes vibrantes entrent en résonance sympathique avec les cordes vocales.

Le premier électricien qui a utilisé la résonance en télégraphie sans fil est *Nikola Tesla* qui a breveté, le 2 septembre 1897, un système de transmission d'énergie électrique à distance sans fil, dont il a pris soin de revendiquer l'application à la télégraphie sans fil. Le système de *Tesla*, comprenant quatre circuits en résonance, à savoir deux à l'émission et deux à la réception, a été utilisé jusqu'à ces derniers temps par les radio-télégraphistes. Cependant l'invention *Tesla* a été souvent contestée, bien que son mémoire soit très précis et rempli de termes dont la rigueur nous surprend encore aujourd'hui.

C'est ainsi que *Tesla* dit dans son brevet que son système est applicable à beaucoup d'usages et notamment à la transmission d'intelligibles messages à grande distance. Comment ne pas identifier la transmission d'intelligibles messages à la transmission à distance avec la télégraphie sans fil? *Tesla* prévoit et la combinaison de son système avec un alternateur de haute fréquence et celle avec l'oscillateur utilisant la décharge oscillante d'un condensateur. Il est indiqué que tous les circuits sont en synchronisme, et des exemples numériques sont même cités.

Une variante du système *Tesla*, présentant comme originalité l'emploi d'un auto-transformateur du Dr *Oudin*, a été décrite et expérimentée en 1898 par M. *Ducretet*. Il y avait encore quatre circuits accordés, puisque les résonateurs Oudin dont se servait *Ducretet* étaient munis de curseurs de réglage.

Le système *Tesla* fut imité ensuite et particulièrement à partir de l'année 1900 par la plupart des spécialistes de la télégraphie sans fil. Toutefois, au moment même où nous rendons hommage au génie de *Tesla*, nous venons exposer les inconvénients de son système et par conséquent de tous ceux qui en sont directement issus.

Digitized by Google

Dès 1895, *Oberbeck* avait fait la théorie des circuits couplés et montré que l'onde émise n'était nullement simple, mais double. Les deux ondes ont une longueur différente de la longueur d'onde propre de chaque circuit.

Si L est la longueur d'onde émise, L_0 la longueur d'onde propre commune aux deux circuits lorsqu'ils sont accordés, K le coefficient de couplage, on a :

$$L = L_0\sqrt{1 \pm K}$$

L'existence des deux ondes rend toute syntonie précise impossible. Pour obtenir une syntonie approchée, l'on est obligé de diminuer K, c'est-à-dire de proscrire des accouplements forts, et dans la pratique on ne peut dépasser 10 °/₀, mais cette condition nuit au bon rendement. Il serait désirable d'employer des accouplements plus forts si l'on pouvait supprimer l'inconvénient d'avoir deux ondes.

M. *Girardeau* présente alors un système de télégraphie sans fil s'appliquant également à l'émission et à la réception et tel qu'une seule onde est émise et reçue. L'ensemble émetteur, comme le récepteur, se compose de deux circuits principaux échangeant l'énergie au moyen d'un circuit intermédiaire sans capacité. Chaque ensemble peut être assimilé à un système oscillant, composé de deux pendules unis par des liens rigides, qui les obligent à osciller identiquement.

La théorie d'un pareil système découle immédiatement des calculs de M. *Béthenod*. La formule donnant la valeur de l'onde unique est :

$$L = L_0\sqrt{1 - (K_1^2 + K_2^2)}.$$

L_0 étant la longueur d'onde propre des circuits principaux, K_1 et Q_2 étant les couplages entre les deux circuits principaux et le circuit intermédiaire.

On voit que les circuits ne sont nullement accordés sur l'onde émise, mais toujours sur une onde plus courte. En outre, les circuits récepteurs ne sont nullement en syntonie ni avec l'onde, ni avec les circuits émetteurs.

En pratique, le système à onde unique a, sur tous les systèmes imités de *Tesla*, l'avantage de fournir la syntonie précise, ce qui a fait l'objet de tant de recherches ; en outre, des mesures comparatives ont été faites officiellement par le Laboratoire central d'électricité et ont conduit aux résultats suivants :

Le système à onde unique donne en intensité environ 10 °/₀ de plus dans l'antenne qu'un *Tesla* fonctionnant avec le couplage donnant un maximum d'intensité, toutes autres conditions restant égales. En rendement d'énergie émise, cela donne 21 °/₀ en faveur du système à onde unique. A la réception, l'amélioration en énergie reçue est de 30 °/₀ ; toute l'énergie se portant sur la seule onde est entièrement utilisée, ce qui explique l'accroissement de rendement à la reception par rapport à l'amélioration constatée à l'émission.

L'amortissement du système à onde unique est en outre notablement inférieur à celui du système *Tesla*. Quant au matériel employé pour le réaliser, il est exactement celui employé pour le *Tesla*. M. Girardeau fait alors une expérience de comparaison de rendement, au moyen d'un ensemble d'émission *Tesla*, qui est instantanément transformé en émission à onde unique, et la lecture de l'ampèremètre donne 7 ampères au lieu de 6,2.

De nombreuses stations fonctionnent depuis quelque temps avec ce nouveau système : aussi ces travaux théoriques et pratiques ont-ils soulevé beaucoup d'émotion et d'intérêt en télégraphie sans fil.

Dans la deuxième partie de la communication, le conférencier traite la question des nouveaux systèmes de télégraphie sans fil sans étincelle. Il donne divers renseignements techniques sur la constitution de divers alternateurs à haute fréquence, ainsi que sur certaines antennes de M. J. Béthenod, qui permettent d'envisager l'emploi pratique prochain de telles émissions.

Lorsque les systèmes sans étincelles seront bien au point, il pourra être effectué des services intenses par télégraphie sans fil à des vitesses considérables, telles que plusieurs centaines de mots par minute, mais l'on peut déjà compter effectuer d'excellents services avec les systèmes à étincelles, dont il est parlé dans la première partie de la communication, car ces systèmes admettent parfaitement l'emploi de manipulateurs automatiques et de récepteurs à grande vitesse.

M. Girardeau fait projeter des bandes de manipulation et des bandes de réception sur lesquelles des signaux ont été inscrits automatiquement. Il a été ainsi échangé facilement jusqu'à quatre-vingt-dix mots par minute, ce qui représente plus de quatre fois la vitesse obtenue avec un câble transatlantique ordinaire, et deux fois et demie, la vitesse que l'on peut obtenir au moyen d'un câble duplexé pour de telles distances. C'est dire que la télégraphie sans fil, telle qu'elle est aujourd'hui, au moyen de systèmes à étincelles modernes qui sont déjà en usage en France, permet, à très bon marché, de constituer une formidable concurrence aux câbles et doter les pays qui n'ont pas été assez riches pour établir des câbles, tels que nos colonies, de moyens de communications qui, même avec les procédés actuels de télégraphie sans fil, sont supérieurs aux moyens de communications par câbles les plus perfectionnés qui relient les pays les plus civilisés d'Europe et d'Amérique. Naturellement, cela n'empêchera pas, dans ces stations de télégraphie sans fil, de laisser la place aux perfectionnements que le progrès nous apportera.

Il y a lieu de remarquer, du reste, que les procédés sans étincelles s'adaptent admirablement aux stations avec étincelles, et qu'on pourra les y installer à peu de frais, lorsqu'ils seront au point et lorsque les services seront suffisamment intenses pour justifier l'accroissement de vitesse des communications au-dessus de quatre-vingt-dix mots à la minute. Mais en attendant, il convient d'utiliser la télégraphie sans fil, telle qu'elle est, puisqu'elle peut rendre des services supérieurs mêmes à ceux d'un câble sous-marin et à beaucoup moins de frais.

En dehors des conséquences d'ordre économique, il va sans dire que l'existence de communications constantes entre la métropole et nos possessions et nos escadres serait un résultat dont l'intérêt stratégique est suffisant à lui seul pour expliquer l'enthousiasme avec lequel l'opinion française accueille ce projet.

(Communication de M. *E. Girardeau*, Société des Ingénieurs civils, 21 février 1913.)

Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des Postes et Télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits niagaras. — 1. D'abord, qu'est-ce qu'un niagara électrique ?

C'est une longue et large lame de cuivre électrolytique, non écroui, partant d'un faisceau de pointes en cuivre placé à grande hauteur et aboutissant à une nappe d'eau dans laquelle cette lame se termine de même par un faisceau de pointes en cuivre.

La longue lame de cuivre électrolytique et son aboutissement dans une nappe d'eau constituent, d'après l'auteur, M. de Beauchamp, les caractéristiques du système (toute action grèlifuge laissée de côté).

La manière de terminer en haut les paratonnerres par un rateau en cuivre, par des lames de cuivre en forme d'aloès disposées tout le long de la tige supérieure, ou par un balai de brins de cuivre effilés, est secondaire.

L'écartement des postes dans un barrage électrique sera à régler suivant les circonstances : on l'a pris de 10 km dans le barrage électrique de la Vienne, d'après la largeur de la zone qui a paru protégée à Saint-Julien-l'Ars, où la première installation fut faite en 1899.

La hauteur des postes a été fixée à 50 m ou 40 m, au minimum, au-dessus du niveau général du sol.

Sous leur action continue, « l'électricité atmosphérique, dit M. de Beauchamp, a l'air de s'engouffrer dans le sol, les orages qui se présentent menaçants paraissent absorbés ; d'où le nom de *niagara* ou *gouffre électrique* donné à ces appareils, simplement pour faire image ».

Dans un langage moins imagé, nous dirons que ces appareils sont de très hauts paratonnerres, à grand débit, généralement bien installés, réserves faites de certaines critiques qui, d'ailleurs, s'appliquent à presque tous les paratonnerres, dont les bienfaits sont hors de cause ici.

2. Depuis les instructions sur les paratonnerres, successivement adoptées par l'Académie des Sciences, suivant les rapports de Le Roy, de Gay-Lussac et de Pouillet, des idées nouvelles se sont introduites quant à la manière d'établir les paratonnerres.

D'un côté, Melsens a essayé d'appliquer le principe de la cage de Faraday à la protection des édifices contre les décharges atmosphériques.

D'un autre côté, les études touchant les effets produits par les oscillations électriques rapides, ont conduit les physiciens à regarder les coups de foudre comme étant le plus souvent des décharges oscillantes à très courte période. D'où la nécessité de mettre à profit, contre ces décharges, les résultats acquis dans les études précitées, ainsi que dans les installations si merveilleusement agencées de télé-

Digitized by Google

graphie sans fil, où les prises de terre, en particulier, sont effectuées avec un soin remarquable.

3. Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler ici que l'Administration des Postes et Télégraphes a été des premières en France, et l'on doit l'en féliciter vivement, à s'engager dans la voie ouverte par Melsens et aujourd'hui généralement suivie.

Voici, en effet, plus de vingt ans que le bureau central de Marseille, pour ne parler que de celui-là, est pourvu d'un système mixte établi d'après les plans de l'inspecteur général Belz, et comprenant, outre les anciens paratonnerres classiques, un ensemble de tiges avec saillies et pointes multiples, un système complet de rubans en cuivre étamé de haute conductibilité, de câbles en même métal, de perd-fluide et d'appareils contrôleurs. Notons encore que la terre y fut prise d'une façon en quelque sorte double. Du réseau entier partaient quatre rubans de descente reliés entre eux, à leur partie inférieure, par un câble de cuivre reposant dans une tranchée profonde où l'on versa des tonnes de coke et de sel. Puis, comme on avait reconnu, à 4 m environ au-dessous, une couche glaiseuse, on perfora cette couche et l'on y prolongea les rubans de descente par des barres allant chercher jusqu'à 8 m une couche aquifère, à l'intérieur de laquelle on les termina par des plaques de cuivre étamé.

Quelques jours à peine après l'inauguration, ce système résista victorieusement au terrible orage du 1er octobre 1891, qui, pendant trois heures consécutives, fit jaillir d'énormes lames de feu de toutes les pointes et des fils, au nombre d'un millier, aboutissant à la tourelle téléphonique.

Cet exemple est particulièrement intéressant. Il prouva une fois de plus qu'un système de paratonnerres bien conçu et exactement réalisé peut triompher d'actions extrêmement énergiques.

4. On citerait facilement des installations industrielles de paratonnerres établies, depuis lors, suivant les mêmes principes : bouquets de pointes réunis par des bandes de cuivres électrolytique étamé, larges de 30 cm et épaisses de 2 mm, épousant au mieux la forme des bâtiments en évitant les angles brusques, et gagnant directement une terre appropriée, ainsi que cela a été pratiqué en 1899 à l'usine hydro-électrique de Cusset par la Société de Jonage.

5. Mais, dans la plupart des cas, encore aujourd'hui, les prises de terre, dont M. l'Ingénieur de l'Administration souligne très judicieusement l'importance, laissent fort à désirer. On se contente, par exemple, d'amener la tige de descente dans un puits sans se préoccuper de la manière d'être de ce puits, qui peut constituer une véritable bouteille de Leyde. Une mare d'eau stagnante ne fournira le plus souvent qu'une terre bien médiocre. Une couche d'eau telle que la nappe souterraine de la Seine, que l'on considère volontiers comme formant une terre excellente, présente encore elle-même une résistance énorme, relativement à celle d'un paratonnerre bien agencé. L'admirable poste de télégraphie sans fil installé à la tour Eiffel ne s'est pas contenté de la couche aqueuse souterraine : il s'est constitué une terre presque sans résistance au moyen de surfaces métalliques énormes, offrant ainsi un modèle auquel il importera de savoir se conformer.

6. D'ailleurs, puisque les décharges atmosphériques affectent le plus souvent la forme d'oscillations extrêmement rapides, on n'attachera qu'une importance secondaire à la résistance ohmique des conducteurs, relativement à leur self-induction qu'on devra s'efforcer de réduire au minimum. Tout système de pointes devra être muni d'un conducteur descendant directement et sans sinuosités appréciables à la prise de terre, formée elle-même par une surface métallique aussi grande que possible.

7. Si donc le cuivre électrolytique convient assurément très bien pour constituer le conducteur d'un paratonnerre, on ne devra pas se faire d'illusion sur le bénéfice que présenterait la grande conductibilité de ce conducteur, tandis que la terre à laquelle il aboutit laisserait à désirer.

On n'oubliera pas non plus que, dans les manifestations les plus dangereuses de la foudre, ce ne sera pas la résistance du circuit qui gênera surtout le mouvement de l'électricité. Ce ne sera pas elle qui provoquera spécialement ces décharges qui pourront venir frapper brusquement des conducteurs voisins.

8. Déjà, dans l'instruction du 23 avril 1823, Gay-Lussac signalait le danger de rester près d'un paratonnerre en temps d'orage.

En 1897, l'attention de l'Académie fut appelée de nouveau sur cette question, à propos des dangers que peut présenter le voisinage des conducteurs d'énergie électrique et par suite de tous les conducteurs « qui, exposés à des coups de foudre, peuvent transmettre momentanément des quantités énormes d'énergie ».

D'après le rapport soumis à l'Académie le 31 mai 1897, « une ligne transportant de l'énergie électrique ne constitue par elle-même aucun danger pour les objets qui ne sont pas situés dans son voisinage immédiat : une distance de 10 m paraît suffisante pour écarter tout risque ».

Mais un paratonnerre, même bien agencé, peut présenter, à un instant donné, quelques défauts, surtout du côté de sa prise de terre. On agira donc prudemment en écartant tout conducteur indépendant à 20 m au moins d'un niagara et généralement de tout système analogue.

9. On n'a d'ailleurs pas à faire état ici de la conductibilité que l'air acquerrait par ionisation, sous l'action de l'électricité émise par les pointes multiples d'un paratonnerre, ce paratonnerre fût-il un niagara. L'air, même fortement ionisé, n'est en fait qu'un médiocre conducteur.

10. Il paraît donc que le niagara projeté sur l'église Saint-Nicolas, à Nantes, ne saurait causer aucun dommage au bureau téléphonique situé à 150 m et installé avec le soin dont l'Administration des Postes et Télégraphes s'est depuis longtemps fait une règle.

11. On estime de même que, dans l'incendie qui s'est déclaré à l'Hôtel des Postes de Poitiers, pendant le violent orage de la nuit du 25 au 26 juillet 1911, le niagara installé près de 90 m au delà, sur le belvédère de l'Hôtel de Ville, n'a joué aucun rôle.

L'explication la plus vraisemblable du sinistre paraît être dans un coup de tonnerre ayant directement frappé la herse placée sur l'Hôtel des Postes.

Quoi qu'il en soit, cet incendie, rapproché des lames de feu constatées en 1891 sur les paratonnerres et les fils téléphoniques du bureau central de Marseille, comporte un enseignement, à savoir qu'au point de vue de la sécurité il y aurait avantage à n'arriver aux stations centrales que par fils souterrains.

12. Assurément, chaque fil, à son entrée au bureau, est muni d'un système d'appareils protecteurs d'intensité (fusibles coupe-circuit) et protecteurs de tension (parafoudres), qui ne laissent guère à désirer. Nous recommanderions seulement de mettre toujours en tête un parafoudre. Toutefois, ce système, imaginé plutôt pour protéger des courants dus à quelque contact accidentel avec les lignes industrielles d'énergie, ne met qu'incomplètement à l'abri des effets de la foudre.

Si la foudre frappe le fil en rase campagne, elle le brise généralement sur trois ou quatre portées et elle ne va pas plus loin. Si, cependant, un courant parvient jusqu'au bureau, il sera arrêté par le système protecteur.

Mais, lorsque la foudre frappe directement la herse ou la tourelle placée à la partie supérieure du poste central, l'accident deviendra grave, si, pour une cause quelconque, la décharge se trouve localisée en quelque sorte dans un court espace, d'où elle pourra s'élancer en traits de feu funestes.

Avec des fils d'arrivée souterrains, le danger serait reporté aux cabanes de coupure (là où le réseau aérien devient souterrain), et il y serait beaucoup moins redoutable.

13. Nous devons enfin considérer le cas où des lignes aériennes passeraient à proximité d'un niagara.

En dehors de toute autre considération, la nature même des lignes aériennes, exposées à être déplacées par diverses causes mécaniques ou météorologiques, impossibles à éviter, rend très difficile la fixation d'une distance minimum.

Une précaution essentielle consistera évidemment à installer, avec un soin particulier, les portions de lignes aériennes voisines d'un niagara.

Cette condition remplie, on estime qu'en se tenant à 20 m de distance du niagara, on sera suffisamment à l'abri des influences possibles de cet appareil sur les lignes aériennes.

14. En résumé, un niagara est un grand paratonnerre disposé en vue d'un fort débit.

Pour se garer de quelque défaut possible dans l'agencement de ce système et surtout dans sa prise de terre, pour se mettre complètement à l'abri de l'une de ces décharges latérales auxquelles peut donner lieu un conducteur frappé par certains coups de foudre, l'Administration des Postes et Télégraphes devra maintenir une distance de 20 m au moins entre un niagara, ou tout autre système ana-

Digitized by Google

logue, et l'une quelconque de ses installations aériennes, poste d'arrivée, ou fils de lignes.

D'autre part, comme une herse ou une tourelle de fils télégraphiques ou téléphoniques aériens, installée sur un hôtel des Postes, semble particulièrement exposée à la foudre, l'Administration aura intérêt à conduire les lignes au poste central, par voie souterraine.

Enfin, comme malgré les études poursuivies jusqu'à ce jour, certains effets du tonnerre restent encore mal connus, l'Académie émet le vœu que l'Administration des Postes et Télégraphes lui transmette les renseignements qu'elle est particulièrement à même de recueillir touchant l'électricité atmosphérique. Ainsi, des observations exactes s'ajouteront à celles que, depuis Arago, l'Académie se plaît à enregistrer sur une question qui intéresse si vivement l'humanité.

(Rapport de M. *J. Violle*, au nom de la Commission des Paratonnerres, Académie des Sciences, 17 février 1913.)

GÉNIE MARITIME

Développements récents des types de cuirassés. — Les facteurs généraux qui président à la conception des navires de combat sont : armement offensif (canons, torpilles), défense (cuirassement), valeur stratégique (vitesse).

La multiplication des torpilleurs français fut la cause directe de la création des contre-torpilleurs (destroyers), type de navire reproduit par toutes les puissances navales. Cette création, et aussi l'augmentation de la portée et les trajectoires plus tendues des gros canons, d'où augmentation des distances de combat, firent abandonner un moment l'artillerie secondaire des cuirassés.

Aujourd'hui, l'unité de calibre est adoptée par toutes les puissances, les grosses pièces en tourelles sont seulement complétées par un armement léger contre les torpilleurs :

L'auteur résume en quelques principes les bases admise actuellement dans la conception des cuirassés.

1° La raison d'être d'un tel navire est d'anéantir l'ennemi, et non pas seulement de lui causer des dégâts ; ainsi l'armement secondaire est sans utilité.

2° Etant donné la tendance à augmenter le calibre, le poids des projectiles, la vitesse à la bouche et l'énergie du choc, il est essentiel d'augmenter les capacités défensives du navire ;

3° Les grands déplacements suivent l'augmentation du poids du blindage et celle du nombre et du calibre des pièces d'artillerie ;

4° La disposition convenable d'un grand nombre de grosses pièces, en vue d'obtenir le plus grand champ d'action pour chacune d'elles, exige une grande longueur de coque ;

5° L'emploi des turbines à vapeur a permis d'augmenter la vitesse.

Le figure 1 donne une classification des plus récents types de cuirassés à flot ou en construction à l'heure actuelle pour les grandes puissances.

Dans ce tableau, on voit immédiatement que toutes les marines ont adopté aujourd'hui la disposition des tourelles dans l'axe du navire ; quelques-unes ont des tourelles à trois ou quatre canons ; les calibres atteignent 38 cm.

Bien qu'il se défende de le considérer comme une erreur, l'auteur dit que le croiseur de bataille, type *Invincible*, est un navire de luxe. L'accroissement de sa vitesse (au moins 6 nœuds de plus que celle d'un cuirassé) n'est obtenu que grâce à une diminution de l'épaisseur de sa cuirasse et du nombre de ses canons ; or, l'adoption des calibres de 350 et plus, rend illusoire la protection des navires de ce type.

La conclusion du mémoire est qu'une nouvelle augmentation de déplacement est encore à prévoir.

(Communication de M. *A.-H. Burgoyne*, Institution of Naval Architects, Londres, mars 1913.)

L'influence de la pompe à air sur les qualités militaires des navires à turbines. — Cette étude est basée sur le principe qu'il y a intérêt à obtenir une grande vitesse, et surtout à pouvoir maintenir cette vitesse maximum. Il est admis, actuellement, qu'un vide de 95 °/₀ est désirable avec de l'eau de mer à 12° ou 13° et avec un aubage de turbine développé pour correspondre à ce vide. La courbe figure 1 (p. 434) montre la perte de puissance due à la diminution du vide.

Quand on marche à pleine puissance avec un vide de 95 °/₀, on dispose de la vapeur d'échappement des auxiliaires pour réchauffer d'une certaine quantité l'eau d'alimentation : or, si le vide tombe par exemple à 91,5 °/₀, on dispose, en outre, d'une nouvelle quantité de vapeur pour travailler dans l'aubage B. P. des turbines ; ceci provient de ce que l'eau condensée est à une température plus élevée et que le réchauffeur absorbe moins de vapeur. Le bénéfice de puissance ainsi réalisé est un peu inférieur à 1 °/₀. S'il n'y a pas de réchauffeur d'alimentation, le rendement des chaudières est augmenté d'environ 1 1/2 °/₀, à cause de l'augmentation de température de l'eau et, dans ce cas, le gain total atteint 2 1/2 °/₀, mais on voit sur le diagramme que, si le vide tombe de 94 à 91 1/2 °/₀, il y a une perte de puissance de 4,5 °/₀ environ, d'où une perte finale, dans le cas le plus favorable, de 2 °/₀ qui correspond, dans un appareil de 30 000 ch, à 10 t de charbon par jour. Le même raisonnement peut être fait pour une élévation plus importante de la contre-pression.

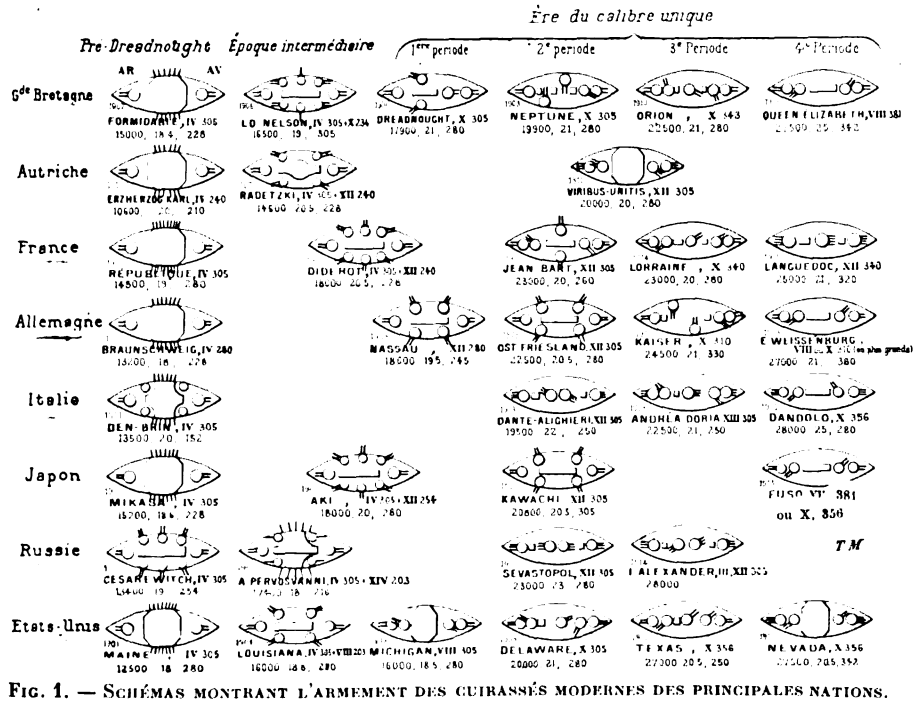


FIG. 1. — SCHÉMAS MONTRANT L'ARMEMENT DES CUIRASSÉS MODERNES DES PRINCIPALES NATIONS.

Les chiffres de la première ligne à droite indiquent le nombre de gros canons (en chiffres romains) et le calibre. Au-dessous, le premier nombre indique le déplacement en tonnes ; le second indique la vitesse nominale en nœuds ; le troisième, l'épaisseur maximum en millimètres de la cuirasse de ceinture.

La capacité minimum d'une pompe à air est déterminée par la quantité d'air dissous dans l'eau d'alimentation. Or, il faut renoncer (et particulièrement au combat) à avoir une étanchéité absolue des appareils dans lesquels règne la pression du condenseur ; le débit de la pompe doit donc comprendre une certaine marge, même à pleine puissance.

L'auteur présente les différents types de pompes à air perfectionnés que nous pouvons résumer en :

a) Pompes doubles à pistons : l'une des pompes aspire l'eau au condenseur, l'autre aspire l'air refroidi dans un espace ménagé dans le condenseur, de telle sorte que l'air est extrait à une température plus basse que l'eau, ce qui diminue le travail de la pompe ou augmente son efficacité ; l'eau est extraite à la température du condenseur, pour avoir la moindre perte de chaleur ;

b) Groupements semi-rotatifs ; pompes à air sec à piston, pompe d'extraction d'eau centrifuge ;

c) Groupements rotatifs : pompes à air rotative (type Leblanc) ou éjecteur à air ; pompe d'extraction rotative.

Les ingénieurs qui prennent part à la discussion sont tous d'accord sur l'utilité de l'augmentation de la capacité d'extraction des

Digitized by Google

pompes à air. On cite cette observation du professeur Weighton qu'une addition de poids de 4 t à l'extrémité condensation économise 90 t à l'extrémité chaudière. D'autre part, M. Seaton fait remarquer que l'on devrait adopter la notation en pressions absolues dans les études sur la condensation, les unités absolues étant indépendantes de la pression barométrique extérieure.

(Communication de M. *D. B. Morison*, Institution of Naval Architects, Londres, mars 1913.)

Historique, théorie et pratique de l'unification des barreaux de grille. — Par suite de la diversité des types de chaudières en service dans la marine militaire, l'approvisionnement en barreaux de grille de rechange nécessitait un stock considérable en magasin, et quand un modèle de chaudière disparaissait, il fallait mettre à la ferraille tous les barreaux de rechange correspondants. M. Marbec a proposé en 1901 une mesure d'unification, et ses propositions ont été rendues réglementaires. Il ne s'agissait pas d'imposer un modèle unique de grille, mais seulement l'emploi d'un nombre aussi restreint que possible de longueurs de barreaux, l'adoption d'une forme unique de talon et d'une position constante des butoirs qui maintiennent l'écartement transversal.

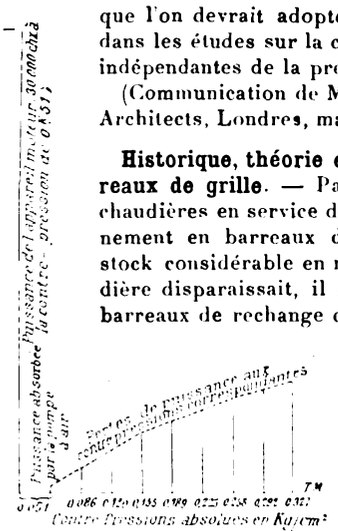


FIG. 1.

Pour réduire autant que possible le nombre de longueurs type, M. Marbec a fixé, entre deux limites, un certain nombre de longueurs en progression arithmétique, telles que :

60; 66,6; 73,3; 80; 86,6 (arrondies à 60, 67, 74, 80, 87)

donnant, à ± 3 cm près toutes les longueurs de grille usitées.

Il expose de façon détaillée la théorie générale du problème, et il démontre que, dans un système quelconque en progression arithmétique, on peut toujours, sur cinq éléments consécutifs, supprimer l'élément central, toutes les combinaisons qui renferment cet élément peuvent être réalisées sans lui. Les longueurs ci-dessus ont donc été limitées à 60, 67, 80, 87 cm.

En développant la solution générale de la question, M. Marbec s'est proposé d'établir les principes de l'unification du matériel. Le but, écrit-il, est de réduire ce matériel au minimum d'éléments distincts en imposant au constructeur le minimum de contrainte, en distinguant soigneusement entre les dimensions *de relation* et les dimensions *privées*, les premières seules faisant l'objet de la mesure d'unification et devant être réduites au minimum par une étude patiente et minutieuse. C'est là une œuvre essentiellement technique, dont les résultats procurent des économies que ne peuvent donner ni des perfectionnements de comptabilité, ni des contrôles rigoureux.

(Communication de M. *Marbec*, sous-directeur de l'École du Génie maritime, Association technique maritime, 1913.)

Contribution à l'étude de l'établissement d'une chaudière marine multitubulaire. — L'encombrement et le poids des chaudières ont une réaction importante sur la grandeur du navire, sa puissance et ses dépenses d'exploitation. Si, dans un type de chaudière, le fonctionnement à haute allure de combustion est économique, il y a tout avantage à l'adopter; pour une vaporisation donnée, la chaudière sera plus légère, moins encombrante, mais il faut que la quantité d'eau soit suffisante pour assurer un fonctionnement régulier et pour que les entraînements d'eau soient évités. Si la surface de chauffe offerte à une même quantité de charbon brûlé diminue, le rendement de la chaudière ne décroît pas aussi vite, et si la chaudière est bien adaptée, si, en particulier, la circulation de l'eau est bien réglée, il n'y a pas d'inconvénient à limiter cette surface, c'est-à-dire à réduire le volume total de l'appareil évaporatoire. Il semble aux auteurs que l'on peut adopter des allures de 180 à 220 kg de charbon par mètre carré de grille et par heure pour les paquebots, et de 250 à 300 kg pour les navires de guerre.

Les chaudières à gros tubes d'eau peu inclinés sur l'horizontale se prêtent moins bien que les chaudières à petits tubes à la chauffe intensive; la cause en est généralement à l'exiguïté des passages offerts à l'eau provenant des tubes exposés directement près du foyer. Le dégagement de vapeur devrait toujours se faire au-dessus du plan d'eau.

Si on appelle V le volume d'eau et A la combustion, tous deux par mètre carré de grille, les chaudières à tubes d'eau se rangent comme suit, par rapport à $\frac{V}{A}$:

CHAUDIÈRES	M³	°/₀
D'Allest	V = 0,790 à 0,850;	$\frac{10.000\ V}{A}$ = 54,8 à 68
Niclausse.	0,630	51,8
Babcock et Wilcox. .	0,558	51,6
Solignac-Grille . . .	0,338 à 0,512	14,1 à 36
Belleville.	0,230 à 0,296	21,1 à 32
Oriolle	0,479 à 0,488	18,1 à 26
Normand	0,750 à 0,815	22,5 à 24,5
Thornycroft.	0,545	18,1
Dutemple.	0,251 à 0,379	10,5 à 12,7

(Ces chiffres correspondent à des essais de vitesse.)

Il ne faut pas non plus perdre de vue qu'une haute température au foyer et une basse température à la cheminée sont les facteurs primordiaux du bon rendement. La première impose la limitation de l'excès d'air, qu'il est difficile de tenir au-dessous de 75 °/₀. La seconde dépend non seulement du tracé et du développement du parcours des gaz, mais aussi du système de chaudière.

La température du métal des tubes peut atteindre 480° quand les gaz sont à 1 000° et que les tubes ne contiennent que de la vapeur saturée, et 280° quand ils ne contiennent que de l'eau.

La quantité de chaleur transmise q, par mètre carré et par heure, est exprimée par les formules :

$$q = K(T - t_1) = \frac{C}{e}(t_1 - t_2) = K'(1 + v)(t_2 - t)$$

dans lesquelles T est la température des gaz; t, t_1, t_2 les températures de l'eau, de la paroi au contact des gaz et au contact de l'eau; C le coefficient de conductibilité (57 pour l'acier); e, l'épaisseur en m. du métal; v, la vitesse de l'eau.

La différence $t_1 - t_2$ n'excède pas de beaucoup 3° pour $t_1 = 500°$ et pour une épaisseur de métal de 2mm,5. T est toujours supérieur à t_1.

K varie de 205 pour T = 1 100° à 72,9 pour 800°, et 51,8 pour 400°, ou bien de 154 pour $t_1 = 500°$ à 62 pour $t_1 = 300°$, et 53 pour 200°.

K' = 72,5 pour $t_2 = 500°$, 137 pour 300°, et 290 pour 200°.

Sur ces données, MM. Hart et Lebrun donnent le calcul complet d'établissement d'une chaudière Solignac-Grille.

La répartition de l'échange de chaleur entre les différentes rangées de tubes est caractérisée par les chiffres suivants en litres :

9e rangée :	Vaporisation	34,20	par tube et par heure (1)	(Tubes de 25×30, vapeur à 16 kg.)
8e	—	32,8	—	
7e	—	26,0	—	
6e	—	18,5	—	
5e	—	13,5	—	
4e	—	11,4	—	
3e	—	10,8	—	
2e	—	10,0	—	
1re	—	9,6	—	

Les températures mesurées dans cette chaudière en expérience étaient :

Air au cendrier.	50° (2)	(Excès d'air 100 °/₀)
Foyers	1 248°	
Sortie de la chaudière.	480°	

La distance entre la rangée inférieure de tubes et le dessus du combustible était de 0m,900, tubes en quinconce.

Les vitesses de gaz, à l'allure de 150 kg, vont de 11m,50 à 16m,50 à l'origine de la cheminée, en passant par un maximum de 25 m.

(Communication de MM. *Hart* et *Lebrun*, Association technique maritime, mai 1913.)

(1) D'après la forme en U des tubes Solignac-Grille, la 9e rangée est à la fois la plus proche du foyer et la plus proche de la cheminée.

(2) Surface de chauffe, 90 m² environ; de grille, 3m²,49; combustion horaire, 523 kg; vaporisation, 4 300 l; eau d'alimentation à 40°; vapeur à 203°.

Digitized by Google

Note sur les dispositions adoptées pour le lancement du cuirassé « Paris ». — La cale, qui avait servi à la construction du *Voltaire*, a été élargie et consolidée par l'adjonction de deux tabliers latéraux en ciment armé avec pieds-droits également en ciment armé.

Le lancement s'est fait sur berceau et sur deux coulisses: la longueur du berceau était de 130 m.

L'effort exercé au moment du pivotement, d'après le poids prévu à l'origine (9 000 t), devant être voisin de 2 000 t ; on avait adopté une disposition consistant à munir l'avant de la coque de deux pièces fixes en bois, une de chaque bord, pouvant tourner dans le berceau ; pour cela, la surface de contact était tronconique, et, par conséquent, le navire pivotait autour de l'axe horizontal du cône. Ces pièces avaient des dimensions prenant huit couples du navire, ce qui assurait une répartition suffisante des efforts.

La date du lancement ayant été avancée, le poids du navire n'était que de 7 000 t, plus 1 058 t pour le berceau, et la pression au pivotement de 1 820 t. Aucune trace de fatigue anormale n'a été observée.

(Communication de M. *E. Jammy*, Association technique maritime, 1913.)

Quelques remarques sur la catastrophe du « Titanic ». — M. Van Meerten fait remarquer que cette catastrophe n'est pas due à la folie de la vitesse, puisque le navire ne marchait qu'à 20 nœuds, mais que, d'autre part, on peut citer un grand nombre de cas où des navires ont rencontré des icebergs ou des écueils. Ainsi en 1878, cela arriva à l'*Arizona* ainsi qu'au *Great Eastern*.

Pour éviter, dans la mesure du possible, le retour de semblables catastrophes, il faut employer des thermomètres indicateurs de changement de température, tels que les thermomètres Fournier, et munir les navires de doubles fonds montant jusqu'au pont.

L'espace que l'on peut considérer comme perdu par l'application de cette mesure est employé plus utilement que celui destiné aux amusements des passagers.

(Communication de M. *Van Meerten*, Association technique maritime, 1913.)

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Procédés d'élimination des buées et d'amélioration de l'atmosphère des ateliers (teintureries, etc). — 1° Rappel du principe de la formation des buées. — Les appareils susceptibles de donner de la buée et employés dans les teintureries, blanchisseries, papeteries, dans les ateliers de bronzage, de dégraissage, etc., sont de deux sortes.

On peut en effet distinguer, en premier lieu, les cuves dans lesquelles on traite les objets en vue d'une opération à chaud dans un liquide approprié. La température de ces liquides varie de 10 à 100°. Les cuves, en teinturerie, portent les noms de bacs à tourniquet, barques, cuvelots, bassins de foulonnage, courses et rouleuses.

En second lieu, nous distinguerons les appareils sécheurs à surface libre (appelés rames ou maniques en teinturerie, machines à sécher ou à repasser en blanchisserie). Dans ces sécheuses, les pièces à traiter sont enroulées sur une série de tambours chauffés intérieurement par de la vapeur, dans le but de produire l'évaporation de l'eau contenue dans ces pièces.

Avec la première série de « producteurs de buées », nous avons affaire à un bain de teinture, d'apprêt ou de nature spéciale, chauffé par barbotage de vapeur en général, et souvent porté à l'ébullition.

La surface de ce bain va dégager de la vapeur d'eau, dont la quantité est en rapport avec la surface libre du liquide, avec la température de celui-ci et avec le mouvement de l'air à la surface évaporatoire. La pression ambiante est également un facteur qui rentre en ligne dans la quantité d'eau évaporée.

Ajoutons que, même à la température ordinaire, le liquide contenu dans un bac, produit par sa surface libre une évaporation sensible, si l'air ambiant n'est pas saturé.

D'après des expériences faites sur des bains de teinture, on a trouvé les résultats suivants :

Avec une température du liquide de 50°, l'évaporation produit 2 kg d'eau à l'heure par mètre carré de surface évaporatoire, à la pression atmosphérique et avec 18° de température ambiante. — Dans les mêmes conditions extérieures, un bain à 95° produit 18 kg. — Enfin à 100°, c'est-à-dire au bouillon puissant et maintenu, on peut produire 35 kg de vapeur d'eau par mètre carré et heure.

Dans une opération à chaud, il va donc se dégager une quantité de vapeur d'eau qui, malgré la température élevée régnant au-dessus de la surface liquide, va tendre à saturer l'air. La température du mélange (air et vapeur d'eau) produit un mouvement ascensionnel rapide, de sorte que les couches d'air plus froides vont bientôt recevoir le contact de cet air chargé de vapeur d'eau. Celle-ci se condensera et la buée sera formée d'après le principe suivant : A la même pression, l'air absorbe d'autant moins de vapeur d'eau que sa température est plus basse. Ainsi, à la température de 5°, à la pression atmosphérique, l'air absorbe 0 g 80 d'eau ; à 10°, il absorbera 9 g 40 ; à 20°, 17 g 20 ; à 30°, 30 g 10 ; à 40°, 50 g 80.

L'air dans les ateliers se déplace de la région froide à la région chaude, c'est-à-dire en général en montant. La buée, au contraire, va se déplacer de la région chaude à la région froide, d'après le principe ci-dessus. Il peut donc se faire, s'il n'y a pas brassage, qu'un état d'équilibre se forme et que la buée demeure à un certain niveau sans descendre.

Examinons maintenant le travail dans la deuxième classe d'appareils susceptibles de donner de la buée. Ici, l'évaporation se produit par le contact des pièces avec les cylindres chauffés à température sensiblement supérieure à 100°. Il se produit une évaporation active, l'air au-dessus de la rame ou sécheuse est à une température élevée, et, si la quantité d'eau à évaporer n'est pas trop grande, l'air peut rester en dessous de son point de saturation. Le mouvement ascensionnel est rapide, et, si l'appareil est surmonté d'une hotte bien comprise, il peut y avoir évacuation naturelle de l'air chaud chargé d'humidité, la buée ne se formant qu'au dehors après contact avec l'air froid extérieur.

La chaleur rayonnée par la rame assure d'ailleurs à l'atelier une température généralement assez élevée et favorable à la dissipation de la buée.

La buée peut encore se former accidentellement par une diminution inopinée de la température de la salle à un endroit donné. A ce point de vue, le principe bien connu de la zone neutre joue un rôle important dans le cas qui nous occupe.

En effet, supposons qu'on ouvre une porte (forcément placée à la partie basse du local envisagé), la zone neutre tend à descendre et l'air extérieur froid va rentrer dans l'atelier de teinture dont l'atmosphère est saturé, ou presque, d'humidité. Cet apport d'air froid va condenser la vapeur d'eau et la buée se formera opaque.

Ouvrons maintenant un lanterneau ou un châssis dans le plafond, il devra y avoir logiquement sortie d'air chaud intérieur. En réalité, le phénomène est complexe, et souvent compromis par suite de la vitesse du vent qui s'oppose à ce mouvement d'évacuation.

2° Inconvénients des buées; résultats a obtenir. — Le premier inconvénient est du domaine médical : il se rapporte à la nocivité des buées et à leur influence hygiénique.

Un deuxième est l'opacité de la buée qui, dans certaines teintureries, va jusqu'à rendre toute circulation impossible à une personne étrangère à l'usine. Dans ces conditions, on peut craindre les accidents pour les ouvriers.

Un troisième inconvénient est la destruction rapide des toitures, des fermes en bois ou en fer, l'attaque des transmissions.

Les buées industrielles ont un quatrième inconvénient qui n'est pas des moindres. L'atmosphère saturée et à température plus élevée que la température extérieure, au contact des parois froides des murs et surtout du toit (souvent constitué par des tuiles apparentes sans voligeage jointif en dessous ou encore par du ciment armé de faible épaisseur), va condenser une partie de son eau. Cette eau s'accumulera en gouttelettes qui, par gravité, couleront et tomberont en pluie au droit des fermes, des pannes, etc. Les gouttes d'eau, dans leur chute, compromettent le travail de teinture des pièces de soie par exemple, le travail du papier également, etc.

Les condensations se produiront d'autant plus que l'air intérieur sera plus près de son point de saturation, et qu'il y aura un plus grand écart de température entre l'air intérieur et la paroi du plafond.

Le problème à résoudre est donc double :

1. Il faut éliminer la buée, rendre l'atmosphère transparente, ou au moins, dans certains cas très difficiles, enlever l'opacité des buées de façon à permettre une visibilité à 20 m devant soi.

2. Il faut éviter les condensations.

3° Principes a appliquer pour obtenir les résultats voulus. — Pour « dissoudre la buée », c'est-à-dire désaturer l'air d'un atelier, nous pouvons agir de deux manières.

Digitized by Google

Nous pouvons réchauffer l'atmosphère de l'atelier à une température telle que la quantité de vapeur d'eau dégagée ne puisse pas saturer l'air : Un tel procédé serait brutal et conduirait à une élévation inadmissible de la température de l'atelier.

Celle-ci, dans un atelier, doit être une donnée fixe du problème : c'est une température de 20° que le constructeur doit chercher à obtenir dans ses installations.

Dans ces conditions, il faut employer, pour désaturer l'air, une deuxième méthode qui consiste à envoyer dans l'atelier un volume d'air important qui sortira à 20° et restera en dessous du point de saturation.

Pratiquement, il faut se tenir assez loin du point de saturation et le volume d'air à envoyer devra être calculé en conséquence pour plusieurs raisons.

D'abord, le brouillard peut se former avant la saturation de l'air. Ceci provient, d'après des expériences qui ont été faites, de la présence en plus ou moins grande quantité de poussières en suspension. Cette présence avance la formation du brouillard. Les poussières sont toujours dans l'air, malgré les précautions qu'on puisse prendre, c'est pourquoi leur rôle intervient toujours. Le phénomène de formation de la buée n'est donc pas immédiat.

Il faut alors se donner une marge et prévoir une ventilation supérieure à celle strictement nécessaire pour désaturer l'air. La considération des condensations intervient dans le même sens. Enfin, l'air pris extérieurement peut contenir une quantité appréciable d'humidité ; il faudra en tenir compte, car l'air introduit alors n'a pas le même pouvoir absorbant et il en faudra plus.

Dans le calcul, il y a lieu de faire intervenir les déperditions par les parois et le dégagement de chaleur des bacs. En général, cette dernière source de chaleur est insuffisante pour compenser les pertes de calories par les parois de l'atelier, et celles emportées par la ventilation. Il faudra donc chauffer l'air à une température convenable, de façon qu'il abandonne dans la pièce les calories perdues par les murs, toit, sol et qu'il maintienne dans l'atelier une température de 20°.

Ce chauffage de l'air peut se faire dans l'atelier même ou en dehors, avant son entrée.

Nous avons parlé plus haut des rentrées d'air extérieur produisant la formation accidentelle des buées. Comment éviter cela ?

Théoriquement, il suffit de descendre la zone neutre jusqu'au niveau du sol ou bien seulement en dessous du plan de formation des buées. Pour réaliser ce fait, il n'y a qu'un moyen : créer une surpression dans l'atelier, surpression telle qu'elle vienne combattre la pression extérieure qui tend à se produire naturellement. Cette surpression est difficile à réaliser complètement, surtout dans les locaux élevés où il faut faire descendre la zone neutre considérablement. Néanmoins, on peut réduire les entrées d'air accidentelles par les ouvertures supérieures et combattre en partie les effets du vent sur les orifices élevés de la toiture.

Comment éviter les condensations ?

Ici, le problème est plus complexe et dépend essentiellement de la construction même.

Théoriquement, il suffit, par un renouvellement convenable, d'amener l'air à un degré d'humidité suffisamment éloigné de son point de saturation pour que, en contact avec les parois plus froides du toit par exemple, il n'atteigne pas, par son refroidissement, son point de saturation.

4° Sources de chaleur pouvant être utilisées. Chauffage de l'air. — Souvent l'industriel emploie, dans son travail, beaucoup de vapeur et possède une chaufferie surchargée à certaines heures de la journée. Il faut donc chercher à éviter l'emploi de vapeur vive et utiliser le plus possible les chaleurs perdues, c'est-à-dire récupérer des calories inutilisées.

Une première idée est de récupérer les calories des carneaux de fumées. Dans certains cas, lorsque l'usine ne possède pas d'économiseurs, les gaz des carneaux avant la cheminée sont à une température élevée, bien supérieure à celle nécessaire au tirage. On peut donc songer à prendre le surplus pour réchauffer l'air. Remarquons cependant que la quantité de chaleur partant à la cheminée est environ 11 °/₀ de la quantité de chaleur produite par les foyers (si les gaz sont à 300° par exemple). Pour assurer le tirage, il faut un minimum de 8 °/₀ ; c'est donc une récupération de 3 °/₀ à faire. C'est peu de chose et en général c'est insuffisant pour chauffer un cube d'air qui souvent a besoin d'être considérable.

De plus, les difficultés de construction des appareils utilisant la transmission de chaleur des gaz à l'air sont importantes.

Si nous ajoutons à cela la nécessité d'avoir encore un tirage suffisant, de ne pas créer par l'appareil une résistance trop grande dans le carneau et d'obtenir une température constante de l'air, malgré la marche souvent très irrégulière des foyers des chaudières, enfin le manque absolu de réglage, nous conclurons à l'impossibilité pratique d'utiliser les chaleurs disponibles des carneaux de fumée.

On peut, dans certains cas particuliers, récupérer les chaleurs excessives des salles chaudes voisines.

Il faut dire de suite que la quantité de chaleur ainsi récupérée est faible et ne peut donner de résultat appréciable sur un atelier d'un volume un peu grand et où la buée se produit en quantité.

D'ailleurs, avec toutes ces sources de chaleur non précises, souvent variables, il y a des tâtonnements énormes et l'installation n'est pas assurée de la sécurité du fonctionnement.

Il existe encore des sources de chaleur disposées dans les ateliers mêmes, et dont l'effet est d'atténuer ou de dissiper la buée sans aucune installation spéciale. C'est le cas déjà signalé de certaines salles de séchage, où des rames de teinture, par la chaleur rayonnée et transmise à l'air au-dessus d'elles, élèvent le point de saturation suffisamment pour éviter la formation de la buée.

C'est encore le cas de certaines buanderies, où la production de buée n'est pas intensive et dans lesquelles les tuyauteries chaudes de vapeur, d'eau chaude, de savon, de lessive, placées au-dessus des machines, précisément à la hauteur de formation de la buée, assurent naturellement l'élimination de celle-ci en désaturant l'air humide qui s'échappe des cuviers et des machines à laver.

La vapeur d'échappement constitue la source de chaleur la plus intéressante, celle qui donne une quantité connue de calories et avec laquelle on peut établir une installation sûre. La vapeur d'échappement peut provenir d'un moteur principal ou de machines auxiliaires, telles que les pompes alimentaires.

Si le moteur principal marche à condensation, on peut remplacer le condenseur à eau par un aéro-condenseur, qui créera un vide suffisant pour la machine s'il est constitué judicieusement. La vapeur d'échappement est particulièrement intéressante pour le cas qui nous occupe : cette vapeur sans pression ne nécessite pas des appareils trop coûteux, a transmission de la chaleur de la vapeur à l'air peut être assurée avec un rendement maximum ; enfin, on utilise ainsi une source de chaleur souvent perdue ; on fait une véritable récupération.

La vapeur d'échappement peut être utilisée, dans une batterie de chauffe ordinaire, par des tuyaux à ailettes. Il y a alors quelques précautions à prendre, et ici il ne faut pas compter créer un vide intéressant pour la machine.

Quel que soit le type de batterie de chauffe adopté, on devra pouvoir, suivant la température extérieure, se servir d'une partie ou de toute la surface qui devra être aménagée dans ce but, afin d'avoir un effet réglable correspondant aux besoins du moment.

Lorsque l'usine ne possède pas de vapeur d'échappement disponible, on peut se servir, pour alimenter une batterie de chauffe, de la vapeur vive prise sur les chaudières. En raison de la quantité souvent considérable de vapeur à prendre pour éliminer complètement les buées par les temps les plus défavorables, on trouve souvent une impossibilité à puiser à cette source de chaleur utilisée en totalité pour les besoins de sa teinture.

Si aucune autre source n'existe, il faut en créer : et nous signalons à ce sujet une disposition très intéressante, et qui assure une exploitation indépendante avec le minimum de frais. Elle consiste à installer une ou plusieurs chaudières à vapeur à basse pression, à chargement dans un magasin de combustible, fonctionnant sans surveillance et fournissant la vapeur à une batterie de chauffe, aérotherme ou batterie ordinaire, l'eau condensée revenant automatiquement aux chaudières. Un piquage peut d'ailleurs permettre le chauffage des bureaux ou de l'habitation par radiateurs.

L'air peut encore être chauffé dans l'atelier même par des tuyaux à ailettes ou des tuyaux lisses disposés convenablement et dans lesquels on fait circuler soit de la vapeur vive, soit de la vapeur d'échappement, soit encore des eaux de condensation des maniques ou rames, comme cela se fait dans quelques teintures. Les tuyaux à ailettes se placent le long des murs, et au milieu des ateliers, à $2^{m},50$ environ au-dessus du sol : il y a lieu de faire observer que les poussières qui se déposent sur ces ailettes peuvent être désavantageuses pour les industries qui craignent les moindres poussières.

Digitized by Google

Enfin, l'air peut être chauffé directement dans l'atelier par des poêles de grand modèle alimentés au coke et qui peuvent assurer un chauffage suffisant dans des ateliers particuliers, où la production des buées n'est pas intensive et où la ventilation naturelle suffit.

5° Ventilation des ateliers. — Les différents modes de ventilation peuvent se classer de la façon suivante :

Moyens naturels : Lanterneau, cheminée d'appel ordinaire, cheminée d'appel orientée, hottes.

Moyens mécaniques : Aspirants, soufflants, combinés.

Moyens naturels. — D'après le principe de la zone neutre, nous savons qu'à partir d'une certaine hauteur, si nous pratiquons une ouverture dans la paroi d'un bâtiment, nous obtenons théoriquement une sortie d'air intérieur.

Si l'on établit des lanterneaux complètement ouverts sur les deux faces, ou des châssis ouvrants dans le toit, on peut espérer produire une certaine ventilation.

Mais il faut compter avec la vitesse du vent qui, plus grande que la vitesse de sortie d'air intérieur vers ces ouvertures, a raison de l'air chaud. L'air froid entre en produisant abondamment de la buée.

On évitera cet inconvénient en fermant à volonté le lanterneau du côté d'où vient le vent.

Une bonne disposition consiste encore à placer, sur le toit, des cheminées dites orientées, c'est-à-dire telles que le vent n'a aucune action nuisible sur elles. Au contraire, de quelque côté qu'il arrive, il est guidé et produit toujours aspiration par sa vitesse d'écoulement au droit des orifices de la cheminée.

Dans le but d'activer la ventilation et de capter pour ainsi dire les buées à leur formation même, beaucoup d'industriels teinturiers (principalement dans le Nord) ont eu l'idée de placer, au-dessus des bacs, des hottes débouchant sur le toit. On constitue ainsi une cheminée dans laquelle se trouve de l'air chargé d'humidité, à température moyenne relativement peu élevée. La force ascensionnelle qui se produit assez grande d'abord au-dessus du bac, si celui-ci est au bouillon diminue bien vite, et pour peu que le vent extérieur soit un peu plongeant, il a raison de la faible vitesse d'écoulement de la colonne chaude. Celle-ci prend un état d'équilibre et la buée se répand dans l'atelier.

Si la hotte est combinée avec un système de chauffage élevant la température de la colonne humide, la hotte, par un temps favorable, peut éliminer 80 °/₀ des buées, mais alors le procédé devient coûteux pour n'obtenir qu'un résultat à la merci des conditions extérieures. On peut améliorer le rendement de la hotte en la surmontant d'une cheminée orientée.

Pour se rendre compte du débit d'une hotte, on peut calculer facilement la vitesse ascensionnelle en supposant une température moyenne de 40° dans la cheminée de la hotte. On trouvera une vitesse incapable de vaincre l'action du vent.

D'une façon générale, les hottes n'ont pas un effet suffisant par elles-mêmes, elles exigent un complément d'installation. Leur entretien est coûteux, une hotte ne durant guère plus de cinq ans. Ces hottes, presque toujours en bois, doivent être construites au moyen de planches assemblées à rainures et languettes et, dans les endroits où il est nécessaire de clouer, il est bon d'employer des pointes en cuivre pour éviter l'oxydation qui se produit avec les pointes en fer et qui amène la dislocation de la hotte.

Les hottes en tôle galvanisée, bien entretenues, peuvent faire un usage assez long.

Ventilation mécanique. — C'est là le véritable moyen d'obtenir le résultat cherché, parce qu'il permet d'établir un renouvellement d'air calculé presque exactement; il conduit à déterminer sûrement la température dans l'atelier, enfin il combat les rentrées d'air froid au moins par les parties supérieures et moyennes. Ce dernier avantage n'a lieu évidemment qu'avec la ventilation par pulsion, créant dans le local une légère surpression.

Avec la ventilation par aspiration, on produit au contraire une légère dépression, on élève la zone neutre en augmentant ainsi les chances de rentrée d'air extérieur.

Cependant, lorsque l'atelier est bien clos, son toit bien jointif, les fenêtres et châssis bien hermétiques et si les portes ne sont pas nombreuses, ou donnent sur un atelier chaud, ou encore sont munies de tambour, on peut se permettre de faire de l'aspiration.

Des aspirateurs, placés convenablement, produiront une rentrée d'air par des ouvertures placées en bas du mur opposé aux ventilateurs. Cet air passera sur des surfaces à ailettes chauffées par la vapeur; il prendra une température voulue avant de se dégager dans la pièce : il produira la désaturation et sera évacué extérieurement par les aspirateurs.

En général, il est préférable de faire de la ventilation par pulsion, c'est-à-dire de créer une légère surpression.

L'air chauffé par un des moyens étudiés ci-dessus sera envoyé dans l'atelier à une hauteur convenable. Il faut, en effet, que la ventilation ne soit pas gênante pour le personnel, et que l'air chaud rencontre l'air humide venant des bacs à la hauteur de formation de la buée. D'après les expériences, ces deux conditions se trouvent remplies avec une insufflation à 2m,50 ou 3 m de hauteur, et la ventilation peut atteindre facilement 6 à 8 fois le volume de l'atelier sans produire aucun effet gênant. Il suffit d'établir judicieusement cette insufflation.

L'air peut être insufflé directement dans l'atelier ou bien être dirigé au moyen d'une gaine placée à hauteur voulue et distribuant l'air par des trappes ou des ajutages.

Les gaines ont été construites en tôle galvanisée, étamée ou plombée, ou en bois; ces dernières sont moins coûteuses et plus faciles à construire.

Les ajutages ou trappes de distribution doivent, être disposés le plus simplement possible et de façon à être réglables, afin de distribuer l'air chaud en quantité voulue en chaque endroit et après essais de l'installation.

Les trappes sur le côté, avec volet de direction, ou bien les ajutages complètement ouverts sont les solutions pratiques à adopter.

La section à donner à une gaine de distribution d'air doit être calculée exactement.

Le calcul indique que la pression à donner est inversement proportionnelle au carré du rapport des sections : si la section de la gaine diminue de moitié, il faudra, pour obtenir le même effet, avoir une pression originale quatre fois plus grande.

Ceci sans tenir compte des résistances de la gaine, qui viennent agir à leur tour. Les résistances sont de trois sortes : frottements, changements de sections, changements de direction. Elles se calculent suivant les règles connues sur l'écoulement des gaz dans les conduites.

Pour fixer les idées, voici quelques chiffres qui donnent les débits d'air à 38° dans une gaine en tôle galvanisée sous une charge de 10 mm d'eau :

Tableau I. — Débits dans une gaine en tôle galvanisée.

Diamètre de la gaine en mètres	Longueur de la gaine						
	15 mm	30 mm	45 mm	60 mm	75 mm	90 mm	150 mm
0,30	3 400	2 363	1 890	1 570	1 260	1 100	940
0,40	6 930	4 568	3 780	3 400	3 070	2 670	2 050
0,50	11 810	8 190	6 930	5 820	5 190	4 720	3 780
0,60	17 320	13 700	11 020	9 410	8 340	7 710	6 140
0,70	26 770	20 160	16 380	14 170	12 440	11 490	8 820
0,80	39 370	28 350	22 830	19 840	17 320	15 900	12 440
0,90	53 550	37 800	30 550	26 750	29 940	21 100	16 380
1,00	»	48 500	40 000	34 490	31 020	28 350	21 890
1,10	»	»	51 180	43 940	39 370	36 380	27 720
1,20	»	»	»	55 280	49 290	45 045	34 330
1,30	»	»	»	»	»	56 070	41 370

Pour d'autres pressions, les débits sont déterminés par la formule :

$$Q_h = Q_{10\,mm}\sqrt{\frac{h}{10}}$$

h étant exprimé en millimètres d'eau.

Pour une gaine en maçonnerie ou en bois brut, on augmente les sections précédentes de 25 mm dans chaque sens.

Pour les gaines rectangulaires, on peut déterminer leurs dimensions par la formule $\frac{xy}{x+y} = \frac{d}{2}$, dans laquelle x et y représentent les dimensions du rectangle et d le diamètre du tuyau cylindrique équivalent. On calcule d par les moyens précédents et, en se donnant x par exemple, on déduit $y = \frac{dx}{2x-d}$; on voit que la limite inférieure de x est $\frac{d}{2}$.

Digitized by Google

Ainsi, une dimension imposée de section de gaine peut amener l'emploi de ventilateur centrifuge à pression élevée, d'un coût également élevé, exigeant beaucoup de force et faisant du bruit. Au point de vue économique, on a donc grand intérêt à construire une gaine de section calculée pour amener l'emploi de ventilateur à faible pression.

Aujourd'hui, on a reconnu les nombreux inconvénients de la gaine, qu'on croyait indispensable. En effet, la gaine est d'un prix élevé, elle augmente considérablement les frais d'installation; elle a souvent une grande section. L'aspect est alors désagréable, gênant. Cette gaine est quelquefois difficile à placer et elle obscurcit l'atelier par l'ombre qu'elle porte. Ajoutons encore que la poussière s'y dépose; cette poussière, en se déplaçant, peut être préjudiciable dans bien des cas.

Quelques constructeurs ont essayé de lancer directement l'air chaud dans l'atelier en créant des groupes aérothermes-ventilateurs qui, en certain nombre et répartis dans l'atelier, envoient directement l'air chaud. D'après les expériences, on reconnaît que l'effet utile est encore sensible à 15 m avec des ventilateurs ne donnant que quelques millimètres de pression, et l'angle d'action du ventilateur ne dépasse guère 15°.

On voit l'intérêt de ces constatations. On a pu, dans bien des cas, supprimer la gaine, répartir la ventilation directement pour ainsi dire en multipliant les appareils.

L'air, au sortir des ventilateurs, peut être guidé par un diffuseur spécial simple ou double, créant un seul faisceau d'air chaud ou deux faisceaux dirigés.

C'est dans cet ordre d'idées que les progrès se sont opérés et ont simplifié les installations.

Toutefois, dans des cas particuliers, on est obligé de recourir à la gaine. C'est la situation et la forme de l'atelier qui décidera du choix à faire entre le système sans gaine, avec gaine ou combiné.

Dans beaucoup d'installations qui ont été faites, on a créé le mouvement d'air en utilisant à la fois la pulsion et l'aspiration. L'air soufflé dans une gaine sur une face de l'atelier est lancé avec une certaine vitesse. Il est repris par les aspirateurs, placés sur l'autre face de l'atelier, pour faire suivre à l'air chaud un mouvement dans le sens horizontal. Le résultat obtenu est bon, à condition que le volume d'air débité par les aspirateurs soit sensiblement inférieur à celui débité par les ventilateurs soufflants, et à condition aussi que le bâtiment soit bien clos dans le voisinage des aspirateurs.

Il faut encore se méfier des effets de différences de hauteur d'ateliers en communication. Ces différences de hauteur peuvent créer un mouvement de l'air dans un sens opposé à celui des aspirateurs : il s'établit alors un équilibre, l'évacuation de l'air ne se fait plus et la buée est intense.

En général, l'action des ventilateurs doit toujours être combinée de façon à compléter la tendance naturelle des mouvements d'air intérieur. Il est hasardeux de chercher à les vaincre.

Il est souvent difficile de prévoir ces mouvements naturels de l'air, et c'est pourquoi un bon système est le suivant : faire l'installation sans établir d'une façon définitive les évacuations d'air. On se réservera la possibilité d'ajouter ou de modifier les évacuations d'air, de fermer ou d'ouvrir des châssis supérieurs dans la toiture, de modifier tel lanterneau, etc.

Nous pensons également que, en général, il est inutile de placer des aspirateurs aidant le mouvement de sortie. Il vaut mieux produire le passage d'air uniquement par pulsion et laisser s'échapper l'air humide par des ouvertures de dimensions suffisantes, appropriées, à des emplacements étudiés d'avance et rectifiés s'il y a lieu après essais.

Une remarque intéressante est la suivante : Quand la buée se produit en grande quantité et en un point bien déterminé, en général il faut éviter de la chasser. Il est bon de faire l'évacuation au-dessus même de la production intense, en réchauffant par un serpentin en tuyaux galvanisés. On insufflera alors l'air chaud sur les parois, il se chargera d'humidité au-dessus des bacs à température moyenne et viendra s'élever, en même temps que la buée principale, au-dessus des bacs de cuite par exemple, bacs produisant le maximum de buée.

Toutes les considérations précédentes font voir la complexité de la question, les difficultés qui ont été rencontrées et que l'expérience seule a pu vaincre.

L'emploi de ventilateur soufflant nous amène à faire la remarque suivante : Dans certains ateliers à teinture de pièces de soie de couleurs claires fragiles, dans des ateliers de séchage et glaçage de faux cols, etc., le travail demande l'absence absolue de poussière. Il faut songer à cette exigence lors de l'établissement des ventilateurs, dont la prise d'air devra être éloignée de la chaufferie, du parc à charbon, des cours poussiéreuses. Il est souvent utile de placer à l'aspiration une chambre de dépôt des poussières, et de compléter cette action par un filtre constitué par des toiles huilées par exemple.

Ces filtres, quels qu'ils soient, sont d'un entretien onéreux et ennuyeux; il faut donc chercher à les éviter dans la mesure du possible.

Nous avons parlé des ventilateurs soufflants ou aspirants : il nous faut envisager leur mode d'action.

En général, dans les teintureries, il y a de nombreuses transmissions sur lesquelles on peut prendre la force nécessaire pour faire tourner les ventilateurs. S'il y a impossibilité, on a souvent recours à la force électrique qui existe dans beaucoup d'usines. Il se trouve des cas où il n'y a aucun moyen d'action : c'est alors que l'on peut envisager la solution suivante dont il a été fait plusieurs applications heureuses :

Le ventilateur est monté sur le même arbre qu'une petite turbine à vapeur. On crée alors un groupe complet : turbine, aérotherme, ventilateur appelé « dynamo circuit à air chaud ». La vapeur, après avoir passé dans la turbine, se rend dans l'aérotherme et sert ainsi à donner la force et les calories nécessaires.

Il est facile d'installer un ou plusieurs de ces groupes en les alimentant par une tuyauterie de vapeur. Il existe également des turbines établies spécialement pour marcher avec de la vapeur à basse pression. On voit tout l'intérêt de cette application au cas qui nous occupe.

Une chaudière automatique à marche économique, et ne demandant pas de surveillance, fournit la vapeur à basse pression devant chauffer l'air de la ventilation. Avant de pénétrer dans la surface de chauffe, la vapeur actionne une turbine spéciale dont l'échappement communique avec la batterie de chauffe. La vapeur donne ainsi le mouvement et les calories nécessaires.

Cette disposition est très intéressante : elle constitue une installation indépendante qui donne toute sécurité et présente l'avantage d'un réglage précis, car la turbine possède un dispositif particulier assurant à l'air débité une température voulue.

Compléments et conclusions. — Nous venons de voir les grandes lignes de la question, les principes et les moyens pratiques dont nous disposons aujourd'hui pour résoudre le problème.

Il y a encore beaucoup de considérations accessoires, mais importantes qui interviennent dans l'application pratique des procédés que nous venons d'indiquer.

Ce sont ces difficultés secondaires dont nous allons dire quelques mots.

Il faut d'abord se rendre compte du travail effectué dans l'atelier, de façon à déterminer aussi exactement que possible la quantité de vapeur d'eau produite. Il faut non seulement compter la surface des barques, mais examiner le temps que les objets chauds et humides restent en général dans l'atelier pendant leurs manipulations. Ceci est particulièrement intéressant dans les ateliers où l'on traite les pièces de velours qui, déjà lourdes, absorbent deux à trois fois le poids d'eau ou du bain de teinture. Les manipulations sont lentes, se font pièce par pièce, celles-ci séjournent ainsi longtemps dans l'atelier et y dégagent de la vapeur d'eau.

La température des bains influe, car, suivant l'opération qui y est faite, le bain est à 100°, 90°, 50° ou bien froid.

La surface extérieure des barques, sa nature et la transmission de chaleur qu'elle est capable de donner est également à considérer dans les calculs.

La construction même du bâtiment peut modifier le moyen à adopter pour enlever les buées. Si le toit, par exemple, est en ciment armé, sans isolant de papier ou d'air avant la terrasse supérieure, ou si le toit est en tuiles apparentes, sans lattis jointif dessous, il sera prudent de tenir le cube d'air de la pièce loin de son point de saturation, afin d'éviter les condensations. C'est le meilleur moyen à employer. On peut le combiner avec l'adjonction d'une toile spéciale résistante, enduite, qui, tendue sur les pannes, forme un matelas d'air isolant diminuant sensiblement les déperditions par la toiture. On crée ainsi un véritable calorifuge sous la tuile. On aura d'ailleurs toujours intérêt à modifier la toiture et à la rendre étanche le plus possible.

Digitized by Google

Ajoutons encore les difficultés qui se présentent dans les ateliers ouvrant par de nombreuses portes sur la rivière, ou bien ceux placés sous des étages. Il faut alors prévoir ces voisinages tant au point de vue chauffage qu'au point de vue évacuation d'air humide.

Le problème est donc détaillé, il comporte beaucoup d'exigences, beaucoup de facteurs secondaires importants. Ce sont ces détails qu'on a négligés dans les premières installations, et qui ont conduit à des déboires qu'on semble pouvoir éviter aujourd'hui.

Dans l'état actuel de la question, on peut dire que les tâtonnements et les erreurs commises ont expérimenté les constructeurs et les industriels et qu'en général, malgré les difficultés, on peut répondre aujourdhui du résultat d'une installation d'enlèvement des buées, ce résultat étant déclaré obtenu lorsque, par les conditions les plus défavorables, on voit à 20 m devant soi dans l'atelier.

Il reste cependant des efforts à faire en vue de la diminution du coût de premier établissement. On y arrivera par la création d'appareils simples faits en série, permettant des installations à la portée de tous les industriels. Il n'est pas douteux que la concurrence et les progrès réalisés dans la question n'amènent l'obtention de ce résultat.

(Rapport de *M. Turin*, Congrès technique international de prévention des accident du Travail et d'Hygiène industrielle, Milan, 1912).

La purification naturelle des eaux. Une nouvelle méthode de stérilisation des eaux résiduelles organiques. — Pendant longtemps, on a attribué la purification naturelle des eaux, soit à une oxydation directe des matières organiques, soit à leur minéralisation, c'est-à-dire à leur transformation en ammoniaque et acide nitrique sous l'action de bactéries. On a reconnu maintenant que c'est là une question purement biologique. Il est établi que tout le travail de purification est l'œuvre d'une faune et d'une flore inférieure, qui croissent dans les eaux aux dépens des matières organiques qui s'y trouvent.

Parmi les végétaux, on compte l'armée des bactéries, des algues (diatomées, algues vertes), des champignons (en particulier, le Leptomitus lacteus et le Sphaerotilus natans, qui se développent aux dépens du sucre qu'ils trouvent dans les eaux). A côté de ces représentants du règne végétal, un nombre considérable d'animaux prennent part à ce travail de purification; ce sont d'abord des protozoaires de différents genres (infusoires en forme de cils, de bâtonnets, de radicelles), puis des vers de vase, des larves d'insectes et des crustacés inférieurs; enfin les poissons, qui, à leur tour, mangent tous ces animalcules et constituent le dernier terme du processus de purification.

Non seulement, les eaux courantes, mais encore les eaux stagnantes — telles que les étangs peuplés de carpes — ont une grande capacité de purification spontanée, qui repose aussi sur l'activité d'organismes animaux et végétaux plus ou moins élevés.

C'est une erreur très répandue de croire que les eaux courantes, fraîches, ont un pouvoir de purification naturelle plus grand que les eaux dormantes, tièdes : c'est l'inverse qui est vrai, ainsi que le prouve l'exemple de l'étang de village, réceptacle de toutes les rigoles d'purin, et qui, cependant, nourrit de nombreux poissons (10 à 18 quintaux par hectare). Il est démontré, d'une façon certaine, que, toutes choses égales, d'ailleurs, les eaux dormantes ont un pouvoir purificateur par mètre carré, beaucoup plus grand que les eaux courantes. 1 ha d'étang à carpes peut recevoir dix fois plus de matières organiques qu'un hectare de rivière. Ces considérations ont amené le directeur de la station d'essai de Münich à faire, dans des étangs poissonneux, des expériences de purification d'eaux résiduelles, expériences qui ont été couronnées d'un succès surprenant, à la suite duquel plusieurs villes de Bavière ont adopté ce nouveau système. Le procédé est le suivant : pour 2 000 ou 3 000 habitants, il faut disposer d'une surface de 1 ha. Une partie des eaux à purifier, après séparation de 50 % des matières en suspension, est mélangée avec deux ou trois parties d'eau propre de rivière; les profondeurs de l'étang sont : à l'écoulement (endroit le plus profond), 1 m; au milieu, 50 à 70 cm; au bord, 30 cm. Les eaux chargées de matières organiques doivent y arriver fraîches, et non pas quand celles-ci ont subi un commencement de décomposition : il ne doit pas y avoir de putréfaction dans l'étang

Des étangs bien installés ne doivent dégager aucune mauvaise odeur. Les eaux ne doivent pas y être amenées en une seule conduite, mais être distribuées tout autour, d'où elles se déversent dans la pièce d'eau par des canalisations radiales. Le peuplement de l'étang se fera avec des carpes, et accessoirement avec des tanches, brochets, truites, etc. On peut compter sur un rendement annuel de 12 quintaux de carpes par hectare, ce qui fait actuellement un gain de 650 marks. Par suite du peu de frais d'installation et d'exploitation, le bénéfice est assez considérable.

(Communication de M. *O. Haempel*, Oesterreichischer Ingenieur- und Architektenverein, 7 février 1913.)

Épuration des eaux usées. — Le projet de loi relatif aux mesures à prendre contre la pollution et en vue de la conservation des eaux a été déposé, non seulement dans le but de *réprimer* les actes compromettant la pureté des rivières et des eaux souterraines, mais encore pour *prévenir* les causes de contamination.

Les villes et les industriels seront donc obligés, dans un avenir prochain, d'épurer toutes leurs eaux résiduaires et, si le projet de loi est voté sans modifications, ils devront amener ces eaux à un degré de pureté correspondant à une composition-type déterminée pour chaque genre d'industrie.

Après avoir indiqué quelles sont les principales dispositions du projet de loi, M. Marboutin donne une théorie de l'épuration des eaux usées, basée sur les actions physiques d'adsorption, l'action des microbes et diastases contenus dans l'eau et des bactéries du sol.

Les eaux usées répandues sur le sol subissent une sorte de criblage; les corps flottants et les particules en suspension dans l'eau sont retenus par les couches supérieures, le sol se colmate sur quelques centimètres d'épaisseur et forme un filtre qui ne laisse passer que des eaux limpides plus ou moins chargées de matières organiques en solution ou pseudo-solution.

Les particules arrêtées en surface ne tardent pas à s'altérer sous l'influence de l'action des microbes qui les entourent; elles s'agglutinent et forment bientôt une croûte lisse peu perméable, qu'il faudra ultérieurement désagréger pour pouvoir continuer les irrigations.

Les eaux entraînées en profondeur mouillent les particules de terre, les contournent et circulent dans les canicules existant entre ces particules.

Chaque grain de terre est entouré d'une couche liquide très adhérente (*couche d'adsorption*), sur laquelle viennent glisser les filets fluides chargés de matières organiques. Il se produit, entre cette couche *d'adsorption* et les filets fluides, une série d'échanges dus aux propriétés physiques des couches adsorbantes. Les matières organiques à gros poids moléculaires contenues dans le filet fluide passent dans la couche adsorbante sous l'action de la pression osmotique, tandis que les matières à poids moléculaires plus simples passent de la couche adsorbante dans le filet fluide.

Il se produirait rapidement un état d'équilibre si les microorganismes existant dans l'eau, attirés vers les grains de terre, ne venaient se fixer sur eux et vivre aux dépens des substances contenues dans la couche adsorbante pour les détruire ou les transformer en composés simples permettant les échanges précités.

On conçoit facilement que, si les agents de transformation se succèdent en profondeur dans un certain ordre, l'eau descendant dans le sol se débarrassera de ses impuretés, pour se charger de composés ayant une texture moléculaire simple et acquérir ainsi une grande pureté.

Or, les recherches scientifiques exécutées sur la flore microbienne des sols montrent que :

En surface, on trouve des bactéries de putréfaction capables de transformer les albuminoïdes en polypeptides, puis en amino-acides, sels ammoniacaux ou azote gazeux, et de brûler les hydrates de carbone par une série de transformations en gommes, sucres, acides organiques, gaz carbonique, eau, méthane et hydrogène. Le nombre de ces bactéries, considérable au voisinage de la surface, décroît très rapidement avec la profondeur.

En profondeur, on trouve des bactéries nitrifiantes, qui ne sauraient vivre dans un milieu où elles ne rencontreraient que des albuminoïdes complexes; leur nombre, très faible en surface, augmente avec la profondeur, passe par un maximum et décroît très rapidement.

La coordination des phénomènes d'adsorption et des actions microbiennes pourra permettre d'utiliser un rendement maximum dans l'épuration des eaux, si nous remarquons que :

Les microorganismes nitrifiants demandent un milieu aéré, neutre ou légèrement alcalin, la présence de calcaire et une température qui ne soit pas trop basse, et que les phénomènes d'adsorption sont fonction de la surface des grains et de la concentration des eaux.

On est conduit à éliminer les sols compacts, argileux ou marneux,

Digitized by Google

et les sols acides ou peu perméables, tourbeux ou riches en humus; en outre, les sols doivent être meubles, aérés, à gros grains, parfaitement drainés; l'irrigation devra être intermittente, pour permettre l'aération et éviter le colmatage en surface.

La concentration des eaux n'est pas un avantage, les phénomènes d'adsorption présentant une activité croissante avec la concentration, mais tendant très rapidement vers une limite supérieure.

Le débit des eaux d'irrigation présente naturellement un maximum que l'on ne peut dépasser sans tendre vers une épuration moindre, mais il a aussi un minimum résultant du fait que ces eaux apportent la nourriture nécessaire au milieu biologique, et que le défaut de nourriture entraînera la destruction ou l'affaiblissement de ce milieu.

Il est aujourd'hui pratique de réaliser artificiellement les diverses opérations qu'exécute la nature :

La décantation;

La désintégration des composés organiques, qui sont ramenés à un état simple;

La destruction ou la nitrification des composés simplifiés.

Au sujet de la décantation, M. Marboutin explique comment la viscosité de l'eau empêche les matières fines de se déposer, et il établit la formule donnant la vitesse de dépôt en fonction de la viscosité et du rayon des substances qui se déposent : dans les bassins à courant continu et discontinu, il en déduit la forme à donner aux bassins et examine l'influence des variations de la température, du débit et de la composition des eaux sur les phénomènes de la décantation.

M. Marboutin établit ensuite la théorie des coagulants, basée sur les propriétés des colloïdes.

Il passe en revue l'influence de l'augmentation de tension superficielle, la neutralisation des charges électriques possédées par les ions des substances en pseudo-solution, et la diminution de viscosité des liquides, facteurs qui sont de nature à exciter les phénomènes de floculation.

Il en conclut qu'il est possible aujourd'hui de dresser une liste des corps contenus dans les eaux usées et de mettre en regard les substances qui sont susceptibles d'exciter leur dépôt.

Les albuminoïdes, par exemple, étant des colloïdes négatifs, seront précipités par les hydrates de fer ou d'alumine, qui sont positifs, et l'action du précipitant étant fonction de sa valence, il y a un gros intérêt à employer les sels des métaux polyatomiques.

M. Marboutin, s'occupant ensuite de la désintégration des matières organiques, montre le rôle des fosses septiques qui, selon lui, se réduit, dans la plupart des cas, à un phénomène de décantation.

Il montre ensuite l'importance des boues déposées en fosse septique, examine les effets des microorganismes sur ces boues, la concentration qui en résulte, et il indique comment les constructeurs ont pu être amenés à exécuter les chambres à boues, puis il parle de leur dessiccation, de leur utilisation, et des traitements que l'on sera amené à faire dans l'avenir.

Après avoir passé en revue la composition et l'effluent des fosses septiques, tant au point de vue des matières en suspension que des matières en solution, M. Marboutin se demande si ces fosses sont indispensables et si l'on ne pourrait pas les éviter; il trouve, dans les expériences de MM. Müntz et Lainé et dans l'opinion de certains ingénieurs anglais, une raison suffisante qui milite en faveur de leur suppression, pour examiner franchement le problème de la clarification, qui paraît être le principal effet demandé aux fosses, et qu'il est indispensable d'obtenir pour éviter le colmatage des lits à percolation.

Après avoir indiqué les essais faits actuellement dans ce sens par la Ville de Paris, à Carrières-Triel, et ceux plus anciens exécutés par MM. Puech et Chabal, dans la plaine de Créteil, M. Marboutin examine l'action des lits percolateurs.

Ces lits doivent être considérés comme un sol artificiel, support des bactéries de désintégration et de destruction des substances organiques en solution ou pseudo-solution dans l'eau.

La constitution de ces lits et leur fonctionnement est une résultante de la théorie établie précédemment. La nature des matériaux a une faible importance, mais il n'en est pas de même de leur forme et de la grosseur des éléments, de leur juxtaposition et du drainage de ces matériaux. Le volume d'eau dépend de la grosseur des grains et de l'activité du milieu biologique; il y a lieu d'éviter la constance de débit en usage dans la plupart des installations.

Les indices d'épuration sont encore très mal définis; le coefficient d'altérabilité ne donne pas de renseignement positif, ni le coefficient dit de putrescibilité.

La teneur en azote nitrique ne peut être invoquée comme indice de pureté, car certains lits bactériens, comme ceux de tourbe et craie de MM. Müntz et Lainé, laissent perdre 40 à 50 °/₀ d'azote à l'état gazeux. Toutefois, la perte d'azote est un indice certain de la nature du fonctionnement, qui se rapprochera d'autant plus de la nitrification opérée dans le sol naturel qu'il y aura moins d'azote perdu à l'état gazeux.

L'ammoniaque existe dans les eaux usées à l'état de carbonate; sa disparition totale doit être recherchée; elle doit correspondre à un abaissement de l'alcalinité qui, dans le cas d'une nitrification complète, équivaut au quadruple de l'azote nitrique, l'alcalinité étant exprimée en chaux CaO, et l'azote nitrique en azote Az.

Les méthodes d'irrigation sur lits percolateurs sont en voie de perfectionnement; les lits à siphons sont à rejeter à cause de la mauvaise répartition des eaux; on préfère aujourd'hui les lits à pulvérisateurs fixes ou mobiles; le choix à faire est une question d'espèce qui dépend de l'eau à traiter.

Il n'y a pas lieu de comparer entre eux les procédés d'épuration par sol naturel et par sol artificiel, les résultats actuels de l'épuration étant très différents.

Les eaux de drainage des champs d'irrigation sur sol naturel donnant des eaux à 1-2 mg d'oxydabilité, 2 à 4 mg de carbone, 200-500 bactéries et pas d'ammoniaque, tandis que les eaux effluentes des lits percolateurs contiennent de 10-20 mg d'oxydabilité, 7 à 20 mg de carbone, 400 000 à 500 000 bactéries, et 6 à 15 mg d'ammoniaque.

Les industriels doivent cependant se demander quel est le procédé le plus économique permettant d'arriver à des résultats acceptables.

La question est complexe : l'épuration biologique sur sol artificiel coûte environ 55 fr pour frais de premier établisssement et 0 fr 01 de frais d'entretien par mètre cube d'eau traitée rendue à pied d'œuvre.

L'épuration sur sol naturel sera donc économique lorsque les terrains ne coûteront pas plus de 5 500 fr l'hectare, aménagement, distribution et drainages compris.

Il convient de remarquer que les frais d'épuration par le sol naturel sont peu élevés : 0 fr 003 à 0 fr 004 par mètre cube d'eau. Mais, d'autre part, l'épuration sur le sol naturel peut exiger l'adduction des eaux usées à des distances considérables de la ville ou de l'usine.

Dans chaque cas, un examen de la question permettra de se prononcer en faveur de l'un ou l'autre de ces procédés.

Les eaux industrielles contiennent souvent des composés chimiques qu'il y a lieu de neutraliser ou de précipiter; il y a là des problèmes de chimie dont la résolution coûtera fort cher, mais ces problèmes ne sont pas au-dessus des connaissances actuellement acquises. Si le problème de l'épuration des eaux usées des villes est résolu, question des boues mise à part, il en est tout autrement du problème de l'épuration des eaux industrielles.

L'avenir est dans le groupement des diverses industries, la construction de réseaux d'égouts spéciaux conduisant à l'usine d'épuration et le mélange de toutes les eaux usées dans les agglomérations urbaines.

(Communication de *M. F. Marboutin*, Société des Ingénieurs civils, 4 avril 1913.)

MÉTALLURGIE

Influence du silicium sur la corrosion de la fonte. — Les expériences ont porté sur des échantillons contenant de 1,24 à 2,28 °/₀ de Si, ce qui correspond aux teneurs habituelles. La corrosion est mesurée par la perte de poids après un brossage et un lavage à l'eau et l'alcool.

Le facteur de corrosion correspond à la perte relative au poids, l'échantillon à 1,24 °/₀ de Si est le point de départ, il perd :

Dans l'eau ordinaire après 17 semaines.	7 °/₀
Dans l'eau salée à 3 °/₀ après 13 semaines.	5,5
Alternativement à l'air humide puis sec après 15 semaines.	18,5
Dans l'eau acidulée $\left(\frac{5}{10.000}\ SO^4H^2\right)$ après 13 semaines. .	10,4
— $\left(\frac{5}{1.000}\ SO^4H^2\right)$ — . .	96

Digitized by Google

Quand le pourcentage varie, on a les résultats suivants :

SILICIUM %	FACTEUR DE CORROSION				EAU acidulée à 0,5 % de SO^4H^2
	EAU ordinaire	AIR humide puis sec	EAU salée	EAU acidulée à 0,5 % de SO^4H^2	
1,24	100	100	100	100	100
1,29	81	116	92	105	100
1,45	101	103	95	100	99
1,55	100	100	99	98	99
1,72	99	99	101	104	102
2,04	95	103	101	104	106
2,28	88	105	88	101	106

En résumé, les résultats sont presque les mêmes en milieu neutre ou acide, à l'inverse de ce qui se passe pour l'acier et la différence de teneur en silicium entre 1,2 et 2,3 % n'a pas d'influence appréciable sur la corrosion.

(Communication de MM. *J. Newton Friend* et *C.-W. Marshall*, Iron and steel Institute, mai 1913.)

Construction et conduite des fours à gaz à récupérateurs (dans la métallurgie). — La maçonnerie des fours à récupération employés en métallurgie doit répondre à certaines exigences propres à cette industrie. La vapeur d'eau contenue dans les gaz est décomposée par suite de la haute température qui règne dans ces fours; cette décomposition est favorisée par l'action catalytique du bain en fusion. L'hydrogène mis en liberté se combine plus loin, et par sa combustion attaque très fortement les parois du four. Ces combustions d'hydrogène se poursuivent souvent jusque dans les chambres de récupération et y entretiennent ainsi une température presque aussi élevée que dans la partie supérieure, dans le four proprement dit. Dans les fours Martin, vers la fin de la charge, la température s'élève tellement que la combustion de l'hydrogène ne peut pas avoir lieu dans la partie supérieure du four, à cause du peu de stabilité de la vapeur d'eau aux températures très élevées, et ne s'opère que dans les chambres et même seulement dans les carneaux de la cheminée. Au début, on avait attribué ces phénomènes à une mauvaise conduite des fours (tirage trop fort ou trop grande pression de gaz); il est établi aujourd'hui qu'ils sont dus à l'instabilité de la vapeur d'eau à haute température.

En outre, à cause du mode de construction de ces fours, les matériaux doivent supporter de très grandes pressions sous des températures très élevées. Il n'y a que deux sortes de matériaux qui satisfassent à ces conditions : les briques magnésiennes et les briques siliceuses : toutes les autres terres réfractaires doivent être rejetées, parce qu'elles se ramollissent trop facilement. Non seulement la partie supérieure du four — le four proprement dit — mais encore les carneaux qui y conduisent et le quart supérieur des chambres à récupération doivent être construits avec ces matériaux de choix. Le reste des parois des chambres et la garniture de ces chambres peuvent être constitués par des matériaux ordinaires.

On doit veiller, dans la construction des fours, à ce que toutes les parties en soient facilement accessibles et que toutes les parois puissent être abondamment léchées par l'air : on fera, autant que possible, des chambres de grandes dimensions, car souvent les ouvertures des briques de la garniture intérieure sont obstruées par les dépôts de poussières.

La construction des fours doit être faite avec le plus grand soin : on ne doit employer que des briques bien cuites et de forme irréprochable, en ménageant, pour la dilatation, des vides à des places judicieusement choisies et de dimensions convenables. Les parois qui séparent l'air et le gaz doivent être soigneusement bâties, afin d'éviter la diffusion de l'un dans l'autre.

Lors de la mise en marche d'un four, il faut non seulement chauffer préalablement la partie supérieure avec un feu de bois et de charbon, mais encore allumer un feu de charbon intense devant les portes des chambres. Un four en marche doit être autant que possible à l'abri de tout refroidissement brusque.

La solidité et la durée d'un four dépendent avant tout de la bonne qualité des matériaux avec lesquels il est construit, laquelle dépend d'un bon choix des matières premières (analyse chimique, déterminations physiques). L'examen des pièces cuites se borne généralement à la mesure de la fusibilité par la méthode dite des montres de Seger; les chiffres obtenus de cette manière n'ont pas grande valeur pratique, car, dans le four, les pièces sont soumises, en même temps qu'à l'influence de la chaleur, à celle de la pression; il faudrait instituer une méthode de mesure qui donnerait des indications dans ce sens. Une autre question importante et non résolue est celle de la conductibilité calorifique des diverses sortes de terres réfractaires : cette étude rendrait de grands services aux céramistes et aux métallurgistes.

(Communication de M. *Canaris*, Verein deutscher Fabriker Feuerfeste Produkte. Berlin, 13-14 février 1913.)

Nouveau système de conduite électrique d'un train duo-réversible. — L'emploi de l'électricité à la conduite des laminoirs s'est largement généralisé par suite du principe moderne de la concentration, qui tend à rapprocher les aciéries des hauts fourneaux, de telle sorte que l'énergie disponible des gaz est transformée facilement en énergie électrique de prix de revient très faible. Mais la grande difficulté pour la conduite des trains de laminoirs réversibles, mus électriquement, est le couple de démarrage considérable dont il faut disposer à chaque changement de marche et qui élève la puissance nécessaire à 10 000 et 15 000 ch.

Le système Ilgner, introduit d'abord en Allemagne, semble ne pas avoir conquis les maîtres de forge anglais, car il s'est récemment construit deux importantes aciéries qui, malgré la proximité de hauts fourneaux et de fours à coke, n'ont pas profité de cette énergie à bon marché pour conduire électriquement leurs laminoirs. Ceci semble indiquer que les dépenses de premier établissement très élevées ne

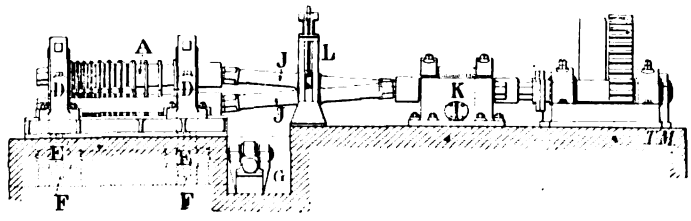


FIG. 1. — Train duo-réversible mû électriquement sans changement de marche. — A, cylindres; D, cage du laminoir; E, cylindre de manœuvre; F, engrenage; G, crémaillère hydraulique; J, axes de transmission; K, pignons; L, collier de support.

constituent pas, tout compte fait, la solution la plus économique.

L'idée première du nouveau système est que, si, dans un laminoir, le cylindre supérieur devient le cylindre inférieur et *vice versa*, on aura une passe dans la direction opposée à celle obtenue dans la première position. On réalise cette idée en montant les deux cylindres A de la façon ordinaire sur des paliers, qui eux sont fixés à un pignon circulaire pouvant tourner dans une cage D solidement ancrée au sol. Les pignons sont portés par les cylindres E recouverts de métal antifriction, sauf le long d'une bande dentée permettant à un arbre de produire la rotation désirée de 180°, qui est réalisée au moyen d'une crémaillère G, mue par un piston hydraulique en trois à cinq secondes. Le mouvement est transmis aux cylindres par les arbres J soutenus en leur milieu par un collier L et par suite équilibrés. Ce dispositif permet de placer les pignons dentés K côte à côte et diminue l'angle des deux pièces J.

Le premier train de ce type est en construction et sera mis en marche cette année : il est prévu pour une production de 5 000 t par semaine.

L'auteur développe ensuite quelques considérations économiques sur la nécessité d'obtenir une grosse production et préconise la « spécialisation ». Il donne, comme exemple, la méthode employée en Allemagne et en Amérique et dit quelques mots du cartel.

Il espère que le perfectionnement proposé par lui permettra à l'industrie anglaise de lutter victorieusement sur le marché mondial de l'acier.

(Communication de M. *Andrew Lamberton*, Iron and Steel Institute, mai 1913.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Aéroplane à vitesse variable par modification de l'inclinaison relative des surfaces alaires et de l'empennage en vue de réduire la résistance à l'avancement de ces surfaces. — La figure 1 représente schématiquement, en vue de côté, un appareil monoplan limité à son fuselage, et à ses surfaces alaires antérieures et son empennage horizontal postérieur. La figure 2 montre l'appareil vu de face avant l'effacement de l'extrémité des surfaces alaires. La figure 3 est une vue semblable montrant les ailes antérieures dans la position effacée. Les figures 4 et 5 représentent, à titre d'exemple, un mode de commande des haubans postérieurs permettant simultanément l'effacement de l'extrémité des ailes et également le gauchissement, c'est-à-dire la torsion, pour le rétablissement de l'équilibre transversal.

L'aéroplane a des surfaces alaires A souples à leur extrémité latérale, en vue de permettre leur effacement. Ces surfaces alaires sont sous-tendues par des haubans antérieurs B et postérieurs C à la manière ordinaire.

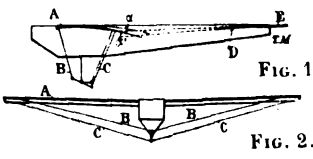


Fig. 1.

Fig. 2.

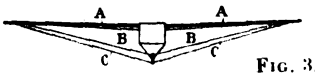


Fig. 3.

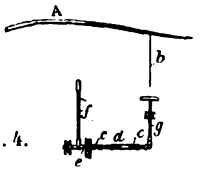


Fig. 4.

Fig. 5.

De plus, cet appareil comporte une surface formant empennage horizontal D articulée ou souple, dans le prolongement de laquelle est monté le gouvernail de profondeur E; le gouvernail de direction et les autres organes de l'aéroplane peuvent être montés à la manière ordinaire ou autrement.

En agissant sur les haubans postérieurs C, seulement de manière à les relever de la même quantité, l'extrémité latérale postérieure des ailes souples prend la position représentée en traits mixtes figure 1 et en vue de face figure 3. Par une commande similaire, on peut modifier en sens inverse l'inclinaison de l'empennage arrière par rapport au fuselage, et faire en sorte que l'angle que fait le prolongement du plan des ailes avec celui de l'empennage devienne plus petit, savoir $\alpha < \alpha'$; autrement dit, on réduit le V longitudinal. Comme on le comprend, de cette manière on diminue l'incidence en marche, et par suite la résistance à l'avancement, et l'on peut ainsi augmenter progressivement la vitesse de l'aéroplane sans trop augmenter la puissance nécessaire et en conservant la même sustentation.

Le dispositif qui permet à la fois de commander l'effacement de l'extrémité latérale postérieure des ailes, de manière à produire leur effacement ou augmenter leur incidence, et d'exécuter en même temps le gauchissement, c'est-à-dire la torsion des ailes, pour rétablir l'équilibre latéral, peut être constitué par un petit palonnier *a*, aux extrémités duquel sont montés les haubans postérieurs *b*, lequel palonnier est relié par un double joint de cardan *c* et par deux tubes télescopiques *d* à l'axe horizontal *e* d'un levier vertical *f*. Le point milieu du palonnier *a* peut être à volonté monté ou descendu, à l'aide d'une vis *g* que l'on manœuvre par un volant. De cette manière, on peut faire monter ou descendre simultanément, de la même quantité, les deux haubans postérieurs *b*. En agissant d'autre part sur le levier *f* qui tourne autour de son axe, on peut produire par l'intermédiaire de l'arbre à cardan *c* la rotation dans le plan vertical du palonnier *a* d'un angle déterminé, et produire le gauchissement des surfaces alaires.

Au lieu de produire l'effacement de la partie postérieure de l'aile, on peut agir sur la partie antérieure au moyen de haubans supérieurs et inférieurs.

Cette disposition simplifie le gauchissement qui est obtenu à la manière ordinaire, en agissant sur la partie postérieure de l'aile.

(*Robert Esnault-Pelterie*, Seine. Brev. fr., cl. 6, n° 446 603, 27.VII.12.)

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Locomotives électriques. — L'unité motrice comprend plusieurs petits induits qui sont répartis symétriquement par rapport à un arbre central intermédiaire avec lequel ils sont accouplés, et un inducteur unique comprenant plusieurs pièces polaires principales analogues, montées sur un croisillon concentrique à l'arbre intermédiaire et des pièces polaires auxiliaires en même nombre que les induits.

L'unité motrice est montée sur le châssis de locomotive, et la transmission du mouvement de l'arbre intermédiaire du moteur aux roues motrices est de préférence obtenue au moyen de bielles latérales.

La figure 1 des dessins annexés est une élévation schématique d'une partie de locomotive

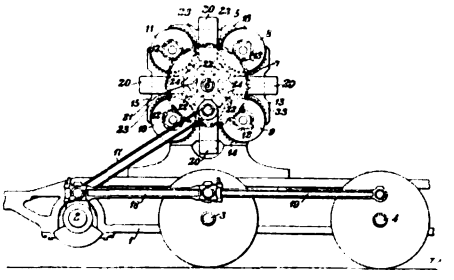


Fig. 1.

réalisant l'invention. Les figures 2 et 3 sont des vues de détail à plus grande échelle de certaines parties de l'unité motrice montrée figure 1. La figure 4 est une vue correspondant à la figure 1, mais représentant une variante de l'invention.

En se reportant aux figures 1, 2 et 3, la locomotive qui y est représentée comprend un châssis 1, des essieux moteurs 3 et 4, un arbre intermédiaire 2, et une unité motrice 5 qui est accouplée avec l'arbre intermédiaire.

L'unité motrice 5 est montée sur le châssis 1 de la locomotive qui, comme à l'ordinaire, repose sur des ressorts. Ce moteur 5 comprend un arbre central intermédiaire 6, une roue d'engrenage 7 calée sur cet arbre, plusieurs induits de moteur 8, 9, 10 et 11 qui sont symétriquement disposés par rapport à l'arbre intermédiaire 6 et sont accouplés avec celui-ci au moyen des pignons 12 qui engrènent avec la roue dentée 7, et des pièces polaires 13, 14, 15, 16 qui sont placées entre les induits, et ferment un circuit magnétique unique qui part de la pièce polaire 13, passe par les organes 9, 14, 10, 15, 11, 16 et 8, les entrefers ordinaires étant compris entre les induits et les pièces polaires. Chacune des pièces polaires est munie d'une seule bobine inductrice 20, qui est logée à mi-chemin entre les induits adjacents de l'unité motrice. Les pièces polaires sont supportées par un croisillon central 21 et par des supports non magnétiques 23 qui sont clairement montrés sur les figures 2 et 3. Les bras 22 du croisillon 21 constituent les pièces polaires auxiliaires de l'unité et peuvent être munis de bobines auxiliaires 24.

Comme les induits sont disposés symétrique-

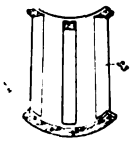


Fig. 2.

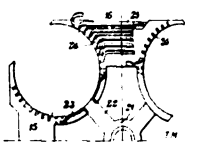


Fig. 3.

ment autour de l'arbre intermédiaire 6, les efforts exercés sur les paliers de cet arbre sont bien équilibrés, ce qui a pour effet d'améliorer le fonctionnement de la locomotive. En outre, le dispositif convient surtout pour utiliser des induits qui tournent à grande vitesse et qui en conséquence sont relativement petits et peu coûteux à fabriquer. L'arbre intermédiaire 6 est accouplé avec l'arbre intermédiaire 2 au moyen des bielles latérales 17, tandis que des bielles d'accouplement 18 et 19 complètent le mécanisme de connexion entre l'arbre intermédiaire 2 et les essieux moteurs 3 et 4.

On remarquera que le nombre des bobines d'inducteur n'excède pas le nombre des induits, et que la construction de l'inducteur dans son ensemble est relativement réduite. En outre, le croisillon de support constitue les pièces polaires auxiliaires de la machine qui sont en nombre égal au nombre des induits.

Un enroulement compensateur interpolaire 25 peut être employé en plus des bobines auxiliaires 24, et dans ce cas les bobines de l'enroulement seront de préférence logées dans des fentes 26, prévues dans les faces polaires, de la manière bien connue, ainsi que cela est montré figure 2. Afin de réduire les dimensions des bobines qui constituent l'enroulement compensateur et de ne pas gêner l'enlèvement

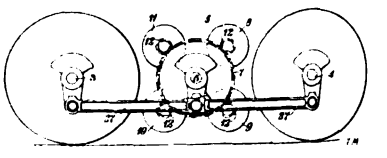


Fig. 4.

de l'un quelconque des induits, certaines parties de chaque bobine sont placées dans les fentes des faces polaires adjacentes plutôt que dans les faces polaires opposées.

Sur la figure 4, l'unité motrice est montée entre les essieux moteurs et est accouplée avec les roues motrices directement au moyen de bielles latérales 27, au lieu d'être accouplée par l'arbre intermédiaire 2 comme sur la figure 1.

(*Société anonyme Westinghouse*, Seine. Brev. fr., cl. 3, n° 446 846, 2.VIII.12.)

CHIMIE

Acétates de cellulose (Procédé de production). — La cellulose est soumise sous pres-

Digitized by Google

sion ordinaire ou sous pression réduite à l'action de la vapeur d'anhydride acétique.

(*Société chimique des Usines du Rhône, anciennement Gilliard, P. Mourot et Cartier*, Paris. Brev. all., cl. 12, n° 258 879, 15.XII.10.)

Caoutchouc (Procédé de production de substances semblables au). — On soumet le butadiène, ses homologues, ses analogues ou les mélanges de tels corps à l'action de composés organo-métalliques, notamment des composés alcoyliques des métaux alcalins et alcalino-terreux et du magnésium.

(*Badische Anilin und Soda-Fabrik*, Allemagne. Brev. fr., cl. 14, n° 446 600, 271.VII.12.)

Colorant azoïque. — Cette matière colorante se dissout dans l'eau avec une coloration verte; traitée par le chlorure stanneux et l'acide chlorhydrique, elle donne les acides 1,4-naphtylènediamine-6-sulfonique et de l'aminométhylkétol. Elle teint le coton en vert. Ces teintes vertes traitées par un acide diazoïque et développées en β-naphtol blanchissent un peu. Elles résistent alors au lavage et à la lumière. Elles peuvent être déchargées en blanc par l'hydrosulfite.

(*Farbenfabriken*, Elberfeld, Allemagne. Brev. amér., n° 1 024 081, 23.IV.12.)

Matière colorante dérivée de l'anthracène. — On traite l'acide sulfanilique par l'acide 1, 4-dichloroanthraquinone-2-sulfonique par exemple. On obtient un composé soluble dans l'eau avec coloration rouge et soluble dans l'acide sulfurique concentré avec coloration olive.

Ce colorant teint en rouge la laine non mordancée.

(*Badische Anilin und Soda Fabrik*, Ludwigshafen, Allemagne. Brev. amér., n° 1 026 588, 14.VI.12.)

Colorants du coton. — On attaque les acides arylaminonaphtolsulfoniques par l'acide formique et on combine les produits obtenus à des dérivés diazoazoïques.

Si l'on a par exemple obtenu un acide formylarylaminonaphtolsulfonique que l'on a combiné à un dérivé diazoazoïque, la matière colorante produite est soluble dans l'eau avec une coloration rouge vin. Elle teinte le coton en violet.

Traitée par la poudre de zinc et un acide, cette matière colorante donne de l'acide formylaryldiaminonaphtolsulfonique.

(*Casella und C°*, Francfort-sur-Mein, Allemagne. Brev. amér., n° 1 020 756, 19.III.12.)

Couleurs sulfurées (Procédé de production). — On chauffe avec des polysulfures alcalins et du cuivre ou des composés du cuivre, les indophénols ou leuco-indophénols obtenus de la périmidine ou ses dérivés.

(*Farbenfabriken vorm Friedr Bayer*. Brev. fr., cl. 14, n° 446 566, 26.VII.12.)

Cuir chromé. — Le cuir chromé est obtenu en traitant le cuir épilé, nettoyé, par une solution aqueuse de formiate de chrome. Le formiate de chrome peut être obtenu en faisant agir une solution de sulfate de chrome sur du formiate de sodium et en séparant le précipité de sulfate de sodium. Ou bien on peut remuer le formiate de sodium solide dans une solution concentrée de sulfate de chrome. La solution de sulfate de chrome peut être acide ou basique.

(*A. Wolff*, Cologne. Allemagne. Brev. angl., cl. 76, n° 27 900, 12.XII.11.)

Oxygène et azote (Préparation au moyen de l'air liquide). — Ce procédé pour la dissociation de l'air liquide en azote et en oxygène pur est caractérisé en ce que l'air liquide est soumis en des filets minces dans des tubes, à l'action de vapeurs de chauffe sans qu'il y ait aucun contact ni aucun mélange de l'air liquide ou des vapeurs qui s'en dégagent, avec la vapeur de chauffe.

Comme gaz de chauffe, on utilise les vapeurs montantes d'air liquéfié ou d'oxygène liquéfié.

(*Industrie Gas-Gesellschaft für Sauerstoff und Stickstoff Anlagen m. b. H.*, Allemagne. Brev. fr., cl. 14, n° 446 560, 26.VII.12.)

Photographie. Emploi du soufre colloïdal à l'état naissant pour le virage en brun des images photographiques sur papier. — On produit le virage en brun des épreuves à la température ordinaire en précipitant lentement le soufre, à l'état très divisé au sein d'un colloïde (gomme, dextrine, albumine, etc.), au moyen d'un acide minéral ou organique, d'un bisulfite ou d'un corps à réaction acide.

A titre d'exemple, voici la composition d'un bain de virage avec dextrine et acide minéral:

Eau	1 000 gr
Hyposulfite de soude cristallisé	125 gr
Solution de dextrine à 90 °/₀	250 cm³

on ajoute dans la solution au moment de l'utilisation pour le virage : 60 cm³ d'acide chlorhydrique ordinaire.

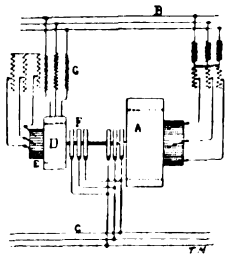
(*Union photographique* [*Etablissements. Lumière et Jougla réunis*], Rhône. Brev. fr., cl. 17, n° 446 692, 7.X.11.)

ÉLECTRICITÉ

Convertisseurs de fréquence (Mode d'entraînement pour). — La figure représente schématiquement le mode d'entraînement dont il s'agit.

On suppose, pour plus de généralité, que le convertisseur de fréquence A relie deux réseaux B et C de tension et de nombre de phases quelconques; dans le cas du réglage de la vitesse d'un moteur asynchrone, l'un des réseaux, B par exemple, est le réseau d'alimentation; l'autre C est relié aux bagues du moteur à régler.

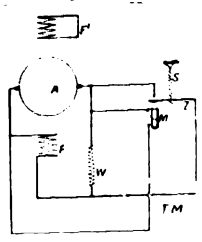
Le convertisseur de fréquence A est entraîné mécaniquement par un moteur-série polyphasé D, dont le rotor est muni en même temps d'un collecteur E et de bagues F. Ces dernières sont reliées aux bagues du moteur à régler, c'est-à-dire au réseau C; elles peuvent en particulier être confondues avec les bagues de A, si les deux machines D et A sont sur le même arbre et si ce sont les bagues de A qui sont reliées à celles du moteur à régler. Le stator du moteur série D, alimenté par le réseau B, et les balais, frottant sur le collecteur E, sont en série soit directement, soit comme cela a été représenté, par l'intermédiaire d'un transformateur-série G. Par suite de sa liaison électrique avec le moteur à régler, le moteur-série D est maintenu au synchronisme relatif qu'il tendrait à dépasser sans cela.



Avec ce dispositif, le fonctionnement du moteur D est complètement indépendant de celui du convertisseur A, et le moteur est synchrone, mais il fonctionne lui-même en véritable moteur polyphasé à collecteur à caractéristique shunt; son glissement augmente avec la charge. Le fonctionnement est en somme complètement analogue à celui qu'on obtiendrait si le convertisseur de fréquence était entraîné mécaniquement par chaîne ou engrenage par le moteur principal.

(*Société alsacienne de constructions mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 446 761, 9.X.12.)

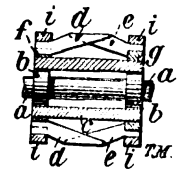
Dynamo. — Dans la régulation du voltage d'un générateur A au moyen d'une simple bobine magnétique M agissant sur le ressort de l'armature Z qui, court-circuite périodiquement une résistance W dans le circuit du champ F, la masse de l'armature est si faible que ses vibrations sont plus rapides qu'il n'est nécessaire pour la régulation.



Dans une modification, une batterie peut être placée en parallèle avec la machine.

(*Akt. Ges. Brown, Boveri et C^ie*. Baden, Suisse. Brev. angl., cl. 38, n° 28 486, 18.XII.11.)

Dynamo (Noyaux polaires). — Les bobines magnétiques des magnétos pour bougies d'allumage des moteurs à combustion interne ont des armatures externes formées d'une part, par des aimants permanents *c*, supportées par des pièces *b* reposant sur l'arbre en bronze *a*, et, d'autre part, par des pièces mobiles *d*, *e*, qui s'engagent l'une dans l'autre à la manière de clavettes.

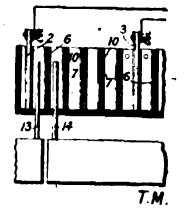


Les pièces polaires *d*, *e*, sont maintenues en position en les introduisant dans des trous pratiqués dans des anneaux *f*, *g*, le tout étant assujetti par des anneaux extérieurs *i*.

Les anneaux *f*, *g*, peuvent être coupés de façon à agir à la façon de ressorts.

(*E. Volkers*, Berlin, Allemagne. Brev. angl., cl. 35, n° 29 160, 28.XII.11.)

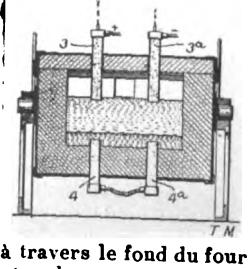
Électrolyse. — L'électrolyte s'écoule dans le même sens que le courant électrique, soit de l'anode 3 placée au milieu d'une longue cuve vers la cathode 2 placée vers l'extrémité de cette cuve. Les produits sont recueillis à chaque extrémité en deux points, par le conduit 13 placé près de la cathode et qui recueille par exemple la solution d'hypochlorite de sodium et par le conduit 14 qui réunit une partie de la solution de chlore, avant qu'elle ne se soit mélangée aux produits rassemblés à la cathode.



Le courant de liquide peut être retardé par des cloisons 6, 7 placées en quinconce, les cloisons 7 étant perforées en 10, à la partie supérieure, les cloisons 6 étant perforées à la partie inférieure. Ces cloisons peuvent être en carbone.

(*L.-G. Fixen*, Chicago, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 41, n° 27 902, 12.XII.11.)

Fours électriques. — Les métaux et alliages, excepté le fer et l'acier, sont fondus en les faisant passer dans un bain de verre ou de scories fondus formant résistances dans un four électrique, de façon que la couche de métal fondu obtenue soit toujours plus faible que la couche de scories. Les électrodes supérieures 3, 3 *a* plongent dans la couche de scories et les électrodes inférieures réunies 4, 4 *a* passant à travers le fond du four sont réunies l'une à l'autre, le courant passe de l'électrode 3 à l'électrode 4 à travers le bain, puis de l'électrode 4 *a* à l'électrode 3 *a*. Une ouverture inclinée pour le passage du métal

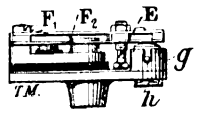


Digitized by Google

fondu est ménagée; l'opération peut être continue.

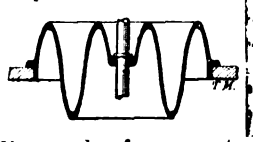
(*K.-S. Wile*, Pittsburgh, États-Unis. Brev. angl., cl. 39 et 82, n° 27 836, 11.XII.11.)

Interrupteurs électriques. — Dans les interrupteurs pour production d'étincelles dans les moteurs à combustion interne, dans lesquels les contacts sont séparés dans un plan perpendiculaire au plan de rotation de l'interrupteur, le contact E mobile est monté sur un système comprenant deux ressorts F_1, F_2 reliés l'un à l'autre à chaque extrémité, de façon que lorsque les contacts sont séparés, le contact mobile se déplace parallèlement à sa première position, le système prenant la forme d'un parallélogramme. Le ressort inférieur F_2 peut être plus faible que le ressort supérieur. Les contacts sont séparés au moyen d'un bloc *h* qui est monté à glissement doux dans un manchon *g* et mû par des cames fixes.



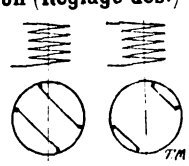
(*R. Bosch*, Stuttgart, Allemagne. Brev. angl., cl. 38, n° 29 368, 30.XII.11.)

Isolateur pour haute fréquence. — Pour satisfaire aux deux fonctions qu'il a à remplir, savoir assurer la solidité mécanique et électrique entre deux pôles à hautes tensions, cet isolateur est composé d'un isolateur principal et d'un isolateur de support, il est caractérisé par le fait que le chemin des lignes de forces est augmenté et l'espace occupé diminué en même temps; la cloison uniforme du corps de l'isolateur reçoit un profil ondulé.



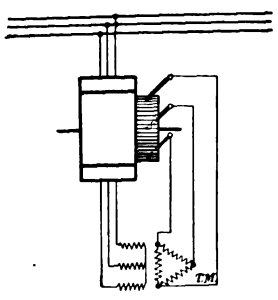
(*G. Lorentz, A.-G. Berlin*. Brev. all., cl. 21, n° 258 802, 16.XI.11.)

Moteurs monophasés à caractéristique série et en particulier des moteurs à répulsion (Réglage des.) — Ce réglage s'obtient par décalage des balais et est caractérisé par ce fait que l'angle formé par les axes magnétiques du rotor et du stator est maintenu à peu près constant. De cette façon, la variation de vitesse est due à la variation du rapport de la partie active des enroulements de travail.



(*Rudolf Richter und Maffei Schwartzkopff Werk G.m.b.H.* Berlin. Brev. all., cl. 21 d. n° 257 865, 23.III.10.)

Moteur triphasé, à excitation série, avec transformateur série branché, entre l'enroulement du rotor et celui du stator. — Pour pouvoir employer une haute tension dans l'enroulement du stator des moteurs triphasés, à excitation série, laquelle permet d'amener directement le courant du réseau sans production d'étincelles au collecteur, il est nécessaire d'intercaler un transformateur entre les deux enroulements.



On donne habituellement à ce transformateur le même mode de couplage dans ses circuits primaire et secondaire. Si l'on couple en étoile l'enroulement relié au stator, et en triangle l'enroulement relié au rotor, on obtient certains avantages.

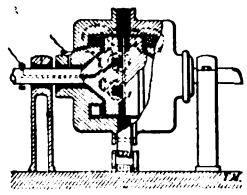
En effet, quand on couple directement en série les balais et les conducteurs du stator, ou bien quand on branche, entre le stator et le rotor, un transformateur où les phases des voltages primaires et secondaires aient la même direction, on obtient le développement maximum des champs magnétiques dans le moteur, pour un décalage de 30° des balais par rapport à la position du court-circuit (décalage le plus employé en pratique). Le moteur travaille donc dans des conditions défavorables : son rendement est défectueux, et sa capacité de charge est faible.

Si l'on adopte au contraire un couplage du transformateur en étoile et en triangle (fig. 1), il faut, en service normal, pour un décalage de 30° de la tension secondaire, amener les balais dans une position telle que les champs du stator et du rotor se compensent exactement. Il s'ensuit une amélioration sensible de fonctionnement du moteur.

De plus, comme on peut employer dans l'enroulement secondaire des conducteurs de section moindre, il en résulte un abaissement du prix de revient.

(*Société Siemens-Schuckert*. Brev. fr., cl. 12, n° 448 502, 19.IX.12.)

Transmission dynamo-électrique à induction homopolaire. — Lorsque l'arbre du générateur et l'arbre du moteur tournent synchroniquement, ils peuvent être accouplés d'une manière rigide. Au moment de cet accouplement, on peut libérer le carter de façon qu'il tourne avec les deux arbres; on diminue ainsi les frottements.



(*N. R. Forssblad*, Charlottenburg. Brev. all., cl. 21 *d*, n° 258 148, 15.II.12.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Arrêt d'écrou. — Cet arrêt est formé par un ressort *c* dont les spires s'introduisent dans les filets de la vis et dont l'une des extrémités s'introduit dans un trou *f* de l'écrou. L'écrou peut être desserré en agissant sur l'autre extrémité *e*. L'invention est caractérisée par ce fait que l'extrémité *e* du ressort est recourbée de telle façon qu'au moment du desserrage, elle tombe dans l'ouverture *f* de l'écrou d'où l'on a retiré la première extrémité.

Fig. 1.

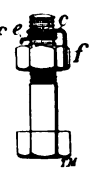


Fig. 2.

(*L.-J.-J.-B. Chêneau*, Paris. Brev. all., cl. 47 *a*, n° 258 406, 1.IV.11.)

Chaînes (Dispositif pour tendre les). — Pour tendre la chaîne motrice d'une magnéto par exemple ou d'un arbre auxiliaire d'un moteur à combustion interne, ou la chaîne motrice d'une pompe ou d'un changement de vitesse, un des arbres de rotation A est monté excentriquement dans un manchon B qui lui-même est excentré dans un autre manchon C monté sur une partie fixe du châssis.

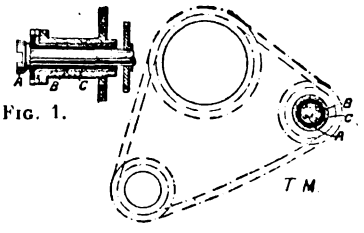
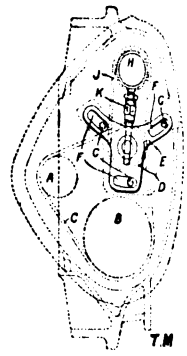


Fig. 1. Fig. 2.

Les manchons peuvent être fixés en une certaine position par un dispositif approprié.

(*Société anonyme des Automobiles Grégoire*, Neuilly-sur-Seine, France. Brev. angl., cl. 80, n° 28 159, 14.XII.11.)

Engrenages par chaînes. — Un dispositif de chaîne ou de tout autre organe de transmission analogue, pour moteur à combustion interne, comprend une chaîne triangulaire disposée entre l'arbre manivelle A, l'arbre à came B et une roue folle D, la roue folle actionnant à l'aide d'une chaîne auxiliaire J, la magnéto A. La roue folle D est portée par un plateau F fixé sur le carter par des boulons G, passant dans les trous F.



Pour ajuster cette tension de la chaîne J, le plateau E peut se déplacer latéralement restant relié à l'arbre 4 par une tige ajustable K.

Pour ajuster la chaîne principale C, le plateau E peut être déplacé le long des trous F dont les grands côtés sont concentriques à l'arbre H.

(*W. Radford*, Coventry, Angleterre. Brev. angl., cl. 7 et 80, n° 28 062, 13.XII.11.)

Machine à tourner et aléser des pièces lourdes ou encombrantes. — Cette machine qui peut être facilement transportée et montée dans des ateliers, chantiers, bateaux permet de tourner et aléser avec précision de grosses pièces.

La figure 1 est une élévation de la partie mobile et une coupe verticale de la partie fixe de la machine montée sur la pièce à usiner.

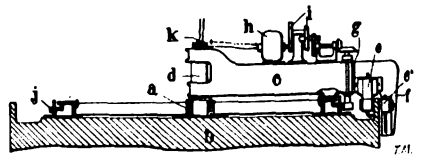


Fig. 1.

La figure 3 est une vue en plan.

La figure 2 est une vue en coupe, à plus grande échelle, suivant la ligne B-B de la figure 3.

Cette machine se compose d'une couronne *a*, en une ou plusieurs parties, dont la fixation et le centrage sur la pièce à usiner *b* sont assurés par des vis, boulons, étriers ou tout autre moyen.

Cette couronne présente à sa partie supérieure le chemin de glissement d'un bras *c*, articulé sur un arbre vertical *d* monté au centre de la couronne *a*.

Le bras *c* porte à son extrémité les chariots porte-outils *e*, e^1 installés avec des vis de rappel, et commande automatique, s'il y a lieu, comme dans les tours ordinaires.

Le même bras *c*, avec ses chariots porte-outils et tous les mécanismes moteurs et de sécurité qu'il porte, peut être utilisé à des alésages ou tournages de différents diamètres.

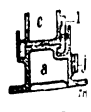


Fig. 2.

A cet effet, l'extrémité *f* du bras *c* est rapportée par boulons, clavettes, etc., sur le corps de ce dernier, par l'intermédiaire de cales *g* d'épaisseur variable, suivant les diamètres des surfaces à usiner.

Le bras *c* est mû par un treuil électrique qu'il porte et qui se compose d'un moteur *h*, de divers trains d'engrenages *i*, réducteurs de vitesse, et d'une crémaillère *j*, fixée sur la couronne *a*. Le courant est amené au moteur

Digitized by Google

électrique au moyen de bagues *k* fixées sur le pivot.

La semelle du bras *c* glissant sur la couronne *a* présente une saillie c^1 du côté de la face de ce bras recevant les porte-outils, et le centre de gravité du bras tout monté est prévu le plus possible au-dessus de cette saillie, de manière à assurer la stabilité dudit bras et

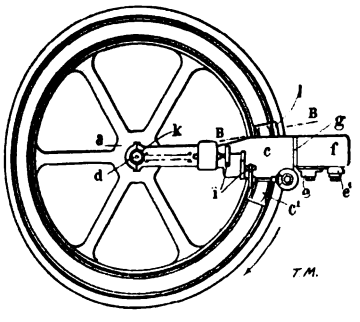


Fig. 3.

empêcher son renversement sous l'effet des outils, le sens de rotation étant celui indiqué par une flèche sur la figure 3.

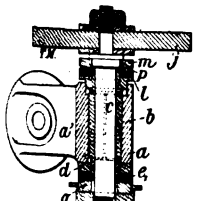
En outre, pour le cas où les outils rencontreraient une résistance anormale, le bras est muni d'une agrafe *l*.

Le profil de la couronne *a* est prévu pour que le chemin de glissement du bras *c* baigne toujours dans l'huile.

Afin de réduire au minimum les frottements, le bras *c* peut être monté sur la couronne *a* et sur le pivot *d* au moyen de billes, rouleaux ou galets.

(*Compagnie de Fives-Lille*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 446 707, 31.VII.11.)

Meulage (Dispositif de) placé sur un tour. — Ce dispositif comprend un corps creux *a* porté par une console *a'* pouvant être fixée sur le tour. Ce corps creux *a* renferme des coussinets coniques *b* munis d'un écrou *d* vers son extrémité la plus étroite; un arbre *c* portant une roue à meuler *j* peut tourner dans les coussinets *b*; des roulements à billes sont disposés: 1° en *p* entre l'anneau *l* supportant l'extrémité la plus large du coussinet, et un disque *m* placé sur l'arbre et 2° entre le disque e_1 porté par le coussinet et l'anneau *g* porté par la poulie.



(*W. Shaw* et *G.-A. Keeling*, Birmingham, Angleterre. Brev. angl., cl. 12 et 60, n° 29 064, 27.XII.11.)

Moule universel pour la confection des sections destinées à l'enroulement des machines et appareils électriques. — Ce moule, peut se déformer de manière qu'avec un moule unique, on puisse confectionner des sections de forme et de dimensions transversales variables dans une grande mesure.

On a supposé dans les figures 1 et 2, qu'il s'agissait de confectionner des sections en forme d'hexagone irrégulier, dont les côtés ont une section transversale ordinairement rectangulaire de dimensions variables. La figure 1 est une vue perpendiculairement au plan de la section à confectionner et la figure 2 une vue parallèlement au plan de la section.

En principe, le moule universel se compose d'une plaque A, de préférence métallique pour présenter le minimum de risques de déformations avec le temps.

Cette plaque peut être fixée, à la manière des moules ordinaires, sur un tour disposé pour l'enroulement de bobines inductrices; on a représenté pour cela deux trous B permettant le centrage et la fixation de la plaque sur le tour; tout moyen de fixation et de centrage connu peut évidemment être employé dans ce but. Cette plaque A porte diverses rainures dans lesquelles peuvent coulisser et être fixés des bras et des tourillons dont chacun correspondra à un sommet du polygone suivant lequel sera conformée la section. Dans la disposition représentée par les figures, les deux rainures C^1 et C^2, reçoivent directement les tourillons D^1 et D^2 que l'on décrira plus loin. Les quatre autres tourillons D^3, D^4, D^5, D^6 constituant les quatre autres sommets de l'hexagone, peuvent coulisser et être fixés dans des rainures portées par des bras E^3, E^4, E^5, E^6, métalliques de préférence, qui eux-mêmes peuvent coulisser et être fixés dans des rainures C^3, C^4, C^5, C^6 de la plaque A.

Les fils destinés à la confection de la section sont enroulés sur les six tourillons constituant les sommets de l'hexagone. On voit qu'en déplaçant les tourillons D^1 et D^2 respectivement dans les rainures C^1 et C^2, les bras E^3, E^4, E^5, E^6 respectivement dans les rainures C^3, C^4, C^5, C^6, et enfin les tourillons D^3, D^4, D^5, D^6, dans les rainures des bras correspondants, on pourra obtenir des hexagones de formes très variées dans les limites fixées par les longueurs des rainures. Le résultat cherché est donc bien atteint par le moule que l'on vient de décrire.

Fig. 1.

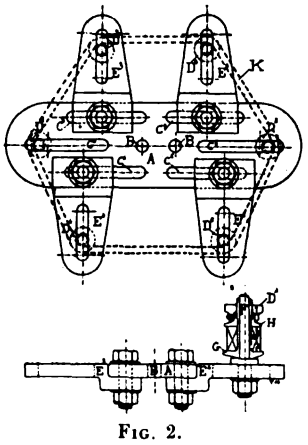


Fig. 2.

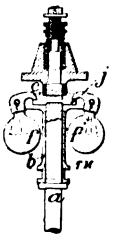
Les tourillons sur lesquels vient reposer le fil de la section sont constitués de manière à pouvoir faire varier les dimensions de la section transversale des côtés de la section. Pour cela, chaque tourillon comporte une tige F qui sert à la fixation dans la rainure, par tout moyen connu. Sur cette tige vient s'enfiler une douille G, dont une extrémité constituera l'une des parois limitant le profil transversal des côtés de la section à confectionner. L'autre extrémité de la douille G est filetée et reçoit d'abord une pièce H constituant le deuxième parement, limitant le profil transversal à obtenir; enfin, un écrou I, qui peut être lié rigidement par tout moyen connu à la pièce H, permet de régler à la valeur voulue, l'écartement J qui correspond à la hauteur des encoches qui doivent recevoir la section. La dimension du profil transversal de la section correspondant à la largeur des encoches, se règle par le nombre de couches de fil enroulées sur le tourillon. Au lieu de la section transversale rectangulaire représentée par la figure, la douille G et la pièce H peuvent être exécutées de manière à former des sections transversales de toutes formes convenables.

Pour plus de simplicité, on n'a représenté dans la figure 2 qu'un seul tourillon D^4 supposé coupé par un plan passant par son axe.

Dans la figure 1, on a représenté en pointillé la position de la section K, pour les emplacements choisis des tourillons. Le démontage de cette section se fait en l'enlevant en même temps que les parties mobiles des six tourillons, celles-ci étant ensuite facilement détachées de la section.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 446 109, 23.IX.11.)

Régulateurs. — Dans un régulateur centrifuge, les masses *f* sont portées par des bras oscillant autour des prolongements *c* du manchon *b*. La partie la plus courte de ces bras bute contre une pièce *j* passée dans un trou pratiqué dans l'aiguille *a*.



(*W.-J. Bates*, Cheshire, Angleterre. Brev. angl., cl. 57, n° 27 928, 12.XII.11.)

Tourillons. — Un tourillon comporte un roulement à billes et un roulement à galets. Les billes *d* et les galets *e* sont placés alternativement entre deux anneaux *a* et *b*, dont la section affecte la forme d'un L (fig. 1) et espacés par une cage *f*.

Fig. 2.

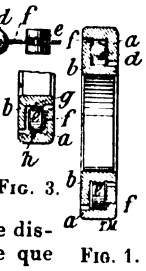


Fig. 3.

Les galets supportent l'effort de la charge et les billes résistent à la poussée. Les galets et les billes peuvent être disposés d'autre façon, de manière que ces rôles soient intervertis.

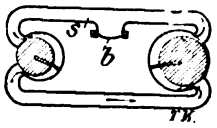
Fig. 1.

Dans une modification, les billes occupent des ouvertures pratiquées dans la cage et placées entre deux galets (fig. 2). La cage est alors un simple anneau.

Dans la disposition représentée par la figure 3, les galets *e* ont une surface convexe et roulent sur des chemins coniques *g*, *h*.

(*Ericsson*, Luton, Angleterre. Brev. angl., cl. 12, n° 28 844, 21.XII.11.)

Transmission hydraulique de la force. — Pour ménager un volume supplémentaire au fluide moteur dans une transmission hydraulique de la force motrice, dans le cas d'une augmentation de la température, un diaphragme flexible *b* est placé dans la paroi du conduit d'aspiration *s*. Au lieu d'un diaphragme, on peut placer un piston équilibré par un ressort. Une valve peut être ajoutée pour éviter toute augmentation brusque de pression sur le diaphragme.



(*H. Lentz*, Berlin, Allemagne. Brev. angl., cl. 69 et 135, n° 29 133, 27.XII.11.)

MACHINES THERMIQUES

Allumage (Dispositif pour le décalage automatique du point d') dans les moteurs à explosion, avec décalage par interrupteur. — L'induit de la machine d'allumage est couplé, avec asservissement, à son arbre de commande, un accouplement à force centrifuge étant intercalé entre l'induit et l'interrupteur couplé avec asservissement au distributeur. Le distributeur et l'interrupteur réunis ne représentent qu'une masse relativement petite, en sorte que, dans le nouveau dispositif, l'accouplement à force centrifuge n'a à transmettre que des efforts, assez faibles, et peut, en con-

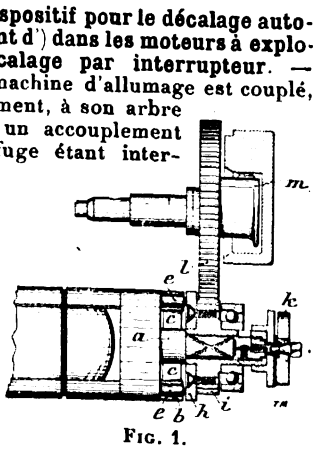


Fig. 1.

Digitized by Google

séquence, recevoir des dimensions réduites.

La figure 1 est une élévation latérale avec coupe partielle de l'induit, de l'interrupteur et du distributeur d'un dispositif d'allumage établi conformément à l'invention.

La figure 2 est une élévation de face d'un régulateur à force centrifuge employé dans la forme d'exécution de la figure 1.

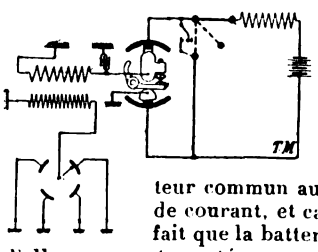
L'induit de la machine d'allumage est commandé, à son extrémité (partiellement visible seulement sur la figure 1), par le moteur à explosion, de manière qu'il ne se produise, pendant la marche, aucun déplacement relatif entre l'arbre d'actionnement et l'arbre d'induit.

FIG. 2.

Le régulateur à force centrifuge *b*, disposé sur l'arbre d'induit *a*, consiste, comme le montre la figure 2, en deux masses oscillantes *c*, que des ressorts *d* tendent à rapprocher et qui s'écartent sous l'effet de la force centrifuge, en tournant autour des pivots fixes *c*. Alors ces masses, par l'intermédiaire des galets *f* qui passent dans des coulisses courbes *g* d'un disque *h*, déplacent ce disque, auquel est reliée la roue dentée d'induit *i*, qui commande aussi l'interrupteur *k* et met en outre en marche, par la roue dentée *l*, le charbon *m* du distributeur. Par le déplacement du disque *h*, on décale donc, par rapport à l'induit, sans influencer l'arbre d'induit, non seulement l'interrupteur, mais encore le charbon du distributeur.

(*Robert Bosch*, Allemagne. Brev. fr., cl. 5, n° 446 609, 29.VII.12.)

Allumage électrique de moteurs à combustion. — Un courant qui contient une source de courant continu (batterie), une source de courant alternatif (machine d'allumage électromagnétique) et un commutateur redressant le courant de cette dernière, est interrompu par une branche d'interrupteur commun aux deux sources de courant, et caractérisé par le fait que la batterie et la machine d'allumage sont montées en parallèle avec la branche d'interrupteur pour éviter que les électro-aimants de la machine d'allumage ne soient désaimantés, quand l'interrupteur est ouvert et que la batterie est fermée.



(*Firma Robert Bosch*, Stuttgart. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 258 691, 2.XI.09.)

Carburateur à admission forcée. — On réalise une entrée d'air primaire forcée et sous pression en utilisant le déplacement du véhicule sur lequel le carburateur est monté. Cette disposition, combinée avec l'emploi d'une chambre de carburation et de détente à laquelle aboutit la pipe d'entrée d'air, permet d'éviter de façon complète les retours de flamme du moteur, écartant ainsi tout risque d'incendie.

Le dessin représente une forme d'exécution appliquée à un aéroplane muni d'un moteur du type Gnôme.

La figure 1 est une élévation de l'appareil vue de gauche; la figure 2 est une coupe verticale suivant 2-2 de la figure 3; la figure 3 est une élévation, vue de derrière.

L'appareil est constitué par une pipe *a*, qui est orientée vers l'avant et qui émerge du capot *b*, en vue de happer de l'air frais et non souillé par les gaz brûlés qui s'échappent du moteur.

Dans le cas particulier représenté sur le dessin, la pipe *a* traverse le réservoir à huile *c* dans lequel est ménagée, à cet effet, une cheminée calorifugée c^1.

Un registre *d* commandé par un levier d^1 permet de régler l'admission de l'air sous

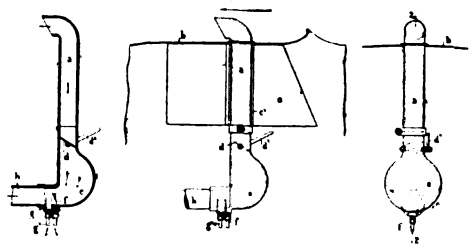


FIG. 1. FIG. 2. FIG. 3.

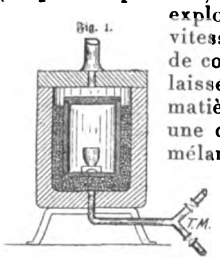
pression dans la chambre de carburation *e*. La chambre *e* est constituée par un renflement de la pipe *a*; elle forme, en même temps, réserve d'air pour le carburateur et chambre de détente pour les retours de flamme.

A la partie inférieure de la chambre *e* est monté le gicleur *f*. L'essence débitée en excès par le gicleur *f* se rassemble dans une gorge *g* et s'écoule à l'extérieur du fuselage, à travers un conduit d'évacuation g^1.

L'appareil se raccorde à sa partie inférieure sur la tubulure d'admission *h* du moteur. Il est fixé sur l'arbre creux du moteur soit par vissage, soit par tout autre moyen approprié.

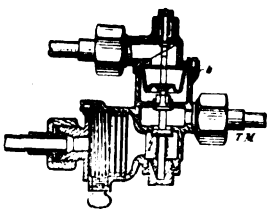
(*Société anonyme des appareils d'aviation Hanriot* et *Henry-Hubert Pagny*, Marne. Brev. fr. cl. 5, n° 445 712, 2.VII.12.)

Combustion des mélanges gazeux explosifs (Dispositif pour la). — Un mélange gazeux explosif traverse, avec une vitesse supérieure à sa vitesse de combustion, les interstices laissés entre des morceaux de matières réfractaires formant une couche incandescente; le mélange gazeux est ainsi allumé d'une façon continue et brûle sans flamme.



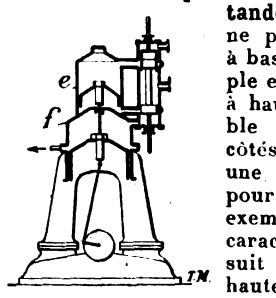
(*William Arthur Bone*, *James William Wilson*, *Leech*, *Cyril Douglas Mc. Court*, London. Brev. all., cl. 24 *c*, n° 258 065, 12.XI.10.)

Graissage sous pression des moteurs à explosion (Appareil de sûreté). — Un organe mobile 4, placé dans la conduite d'huile sous pression commande une soupape 7, qui intercepte l'arrivée du combustible au carburateur lorsqu'il y a chute de pression dans la conduite d'huile.



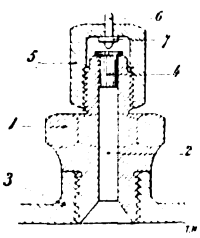
(*Jean-Auguste Mathieu*, Courbevoie, Seine. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 258 862, 28.IV.12.)

Machine à vapeur verticale compound tandem. — Cette machine possède un cylindre à basse pression à simple effet, et un cylindre à haute pression à double effet sur l'un des côtés duquel se trouve une prise de vapeur pour le chauffage, par exemple. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : le cylindre à haute pression *e*, à la partie supérieure duquel se trouve un régulateur de pression et la prise de vapeur de chauffage, est relié au cylindre à basse pression *f*, de telle façon que la vapeur sortant de la partie inférieure du cylindre HP., pénètre immédiatement dans le cylindre BP. placé en dessous. L'échappement de ce dernier est commandé par le piston du cylindre BP.



(*Actien-Gesellschaft Görlitzer Maschinenbau Anstalt und Eisengiesserei*, Görlitz. Brev. all., cl. 14 *h*, n° 258 388, 5.X.11.)

Mise en marche des moteurs à explosions. — Ce système de mise en marche pour moteurs à explosions consiste à placer dans un conduit communiquant avec la chambre d'explosion du cylindre moteur une cartouche ordinaire de poudre ou une cartouche à gaz comprimé; on combine cette cartouche avec un percuteur qui sera généralement guidé dans un chapeau fermant le conduit vers l'extérieur, et qui peut être lancé violemment sur la cartouche pour la faire exploser; de cette manière, les gaz à une pression élevée, lancés ainsi dans le cylindre, agissent sur le piston et mettent le moteur en marche; le percuteur peut être actionné directement ou par un piston de percussion à ressort que l'on déclenche ou que l'on arme et déclenche, par exemple au moyen d'un verrou commandé à distance.

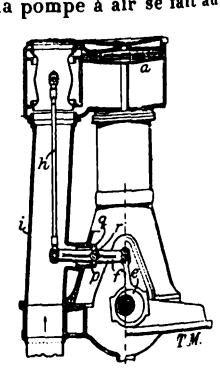


La figure 1 est une coupe longitudinale du dispositif sous sa forme la plus simple; un bouchon fileté 1 percé d'un conduit central longitudinal 2 est destiné à être vissé dans la culasse 3 d'un cylindre moteur de manière que le conduit 2 débouche à l'intérieur de ce dernier. Dans l'extrémité supérieure de ce conduit, est introduite une cartouche 4, qui peut être une cartouche ordinaire à poudre à canon ou une cartouche à gaz comprimés, et dont la bride ou bourrelet peut reposer sur l'extrémité du conduit 2. Sur l'extrémité externe du bouchon 1, se visse un chapeau 5, percé d'un trou axial dans lequel est logé un percuteur 6. Ce percuteur est pourvu d'une embase 7, qui peut s'appliquer contre le fond du chapeau en faisant joint étanche.

On comprend que si le piston moteur se trouve au point mort haut dans le cylindre, si l'on frappe sur le percuteur 6, il fera exploser l'amorce de la cartouche, ainsi que celle-ci, et les gaz produits, qui se trouvent lancés dans le cylindre sous une pression élevée, repousseront le piston et mettront ainsi le moteur en marche. Pendant le fonctionnement, les pertes de gaz par le trou du percuteur sont empêchées par ce fait que l'embase 7 de celui-ci s'applique contre le fond du chapeau en formant joint.

(*Société des moteurs Gnôme*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 446 590, 27.VII.12.)

Moteurs à combustion interne. — La commande de la valve de la pompe à air se fait au moyen d'un excentrique *e* placé sur l'arbre manivelle d'un levier oscillant *f* et d'une tige de valve *h* qui est disposée à l'intérieur du conduit *i* d'aspiration ou d'échappement de la pompe.



A l'aide de ce dispositif, il n'est plus nécessaire d'avoir un presse-étoupe pour la tige de valve.

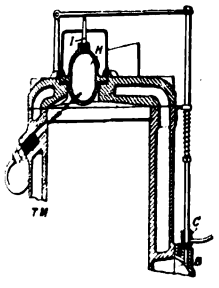
Le levier *f* est formé des surfaces *p*, *q*, qui forment joint étanche entre le conduit *i* et la chambre de la

Digitized by Google

manivelle. Le pivot *r* n'est pas nécessaire, les surfaces *p q*, servant de guides.

(*Sulzer, Geb.*, Winterthür, Allemagne. Brev. angl., cl. 7 et 8, n° 28 967, 22.XII.11.)

Moteur à combustion interne. — De l'eau est injectée pour empêcher le moteur de travailler avec une forte compression, l'amenée d'eau étant automatiquement réglée par l'expansion et la contraction de la chambre d'allumage H qui par la tige I contrôle la valve C d'injection d'eau. La figure montre un moteur à deux temps où l'eau est amenée par le conduit B.

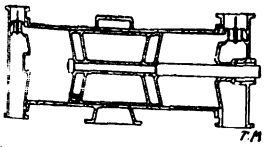


(*Aktieselskabet « Volund »*, Copenhague, Danemark. Brev. angl., cl. 7, n° 28 828, 21.XII.11.)

Piston. — Pour protéger les garnitures de pistons de moteurs à combustion interne ou de tout autre moteur, d'une forte chaleur, une rainure est formée entre la face extrême du piston et les rainures recevant les garnitures. La rainure peut être munie d'une rondelle de substance mauvaise conductrice de la chaleur telle que l'asbeste. Elle peut aussi recevoir ce lubrifiant et les débris de la combustion.

(*Soc. métallurgique de Montbard-Aulnoye*, Paris. Brev. angl., cl. 122, n° 28 593, 19.XII.11.)

Piston de machine équicourant (Chauffage du). — Les extrémités du piston sont munies de chambres qui s'emplissent automatiquement de vapeur vive.



(*Deutsche Maschinenfabrik A-G.* Duisburg. Brev. all., cl. 14, n° 257 676, 16.I.12.)

Pompe à huile pour le graissage forcé des articulations dans les moteurs à explosion ou à combustion interne. — Cette pompe à huile oscillante sans clapets, est destinée au graissage forcé des moteurs à explosion ou à combustion, ces moteurs pouvant être des moteurs légers destinés à l'automobile, à la navigation ou à l'aviation, ou des moteurs fixes destinés à l'industrie. Cette pompe, actionnée par la machine elle-même, peut recevoir son mouvement d'oscillation par une combinaison mécanique quelconque, et en particulier, de la manière la plus simple qui consiste à actionner directement le piston par un excentrique calé sur l'arbre-vilebrequin, la pompe étant placée dans le fond du carter du moteur.

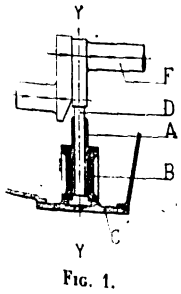


Fig. 1.

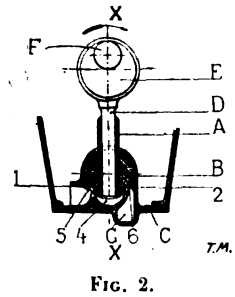


Fig. 2.

La figure 1 est une coupe suivant XX de la figure 2. La figure 2 est une coupe suivant YY de la figure 1. La figure 3 est une coupe suivant ZZ de la figure 4. La figure 4 est une coupe suivant SS de la figure 3.

A est le corps de pompe constitué par une douille emmanchée dans l'axe d'oscillation de la pompe. B est l'axe d'oscillation de la pompe ou « barillet », il est muni d'un ou plusieurs évidements tels que 1, 2, 3 destinés à l'introduction ou à l'évacuation du liquide lubrifiant. C est un bâti dans lequel oscille le barillet. Il porte des lumières telles de 5, 6; l'une 5 pour l'aspiration, l'autre 6 pour le refoulement, qui communiquent avec des canaux appropriés; il peut présenter un évidement tel que 4. D est le piston, mû par l'excentrique E, calé sur l'arbre moteur F.

Dans la position des figures 1 et 2, le piston est au bas de la course, les évidements 1 et 4 d'une part, 4 et 2 d'autre part sont arête sur arête.

Le mouvement de rotation se produisant dans le sens de la flèche, le piston D monte faisant le vide au-dessous de lui, le corps de pompe s'incline vers la gauche, l'arête de l'évidement 4 s'éloigne de l'arête de l'évidement 6 et le refoulement est fermé. Au contraire, l'arête inférieure de l'évidement 1 descend, et la lumière d'aspiration 5 est en communication avec l'évidement 4 du bâti par l'évidement 1 du barillet.

Le liquide lubrifiant aspiré directement dans le carter, pénètre alors dans le corps de pompe, et il en est ainsi jusqu'à ce que le piston D soit arrivé au bout de la course, l'excentrique E occupant une position diamétralement opposée à celle de la figure 2.

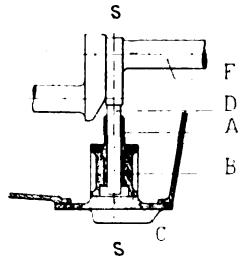


Fig. 3.

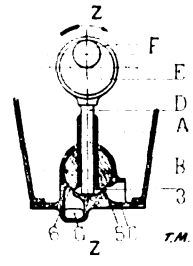


Fig. 4.

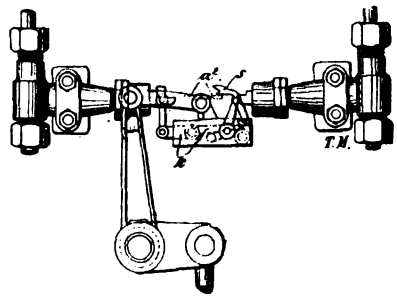
Pendant la course descendante du piston, le corps de pompe étant incliné sur la droite de la figure 2, l'orifice 5 n'est plus en communication avec 4, tandis que 6 est en communication avec 4 par l'intermédiaire de 2. Par conséquent, le liquide lubrifiant est refoulé dans le conduit G, qui est en relation d'une manière appropriée avec les parties à graisser.

Il est à remarquer que les sections démasquées des évidements, aussi bien pour l'aspiration que pour le refoulement, sont toujours en rapport avec la vitesse du piston, et par suite, avec le volume qu'il engendre.

Le fonctionnement de la pompe représentée figure 3 et 4, est exactement le même que le précédent, mais l'évidement 4 du bâti est supprimé, et les deux évidements 1 et 2 sont réunis en un seul qui est l'évidement 3. Dans les oscillations, cet évidement vient tantôt en regard de la lumière 5 et c'est l'aspiration; tantôt en regard de la lumière 6, et c'est le refoulement. Cette pompe ne se distingue donc de la précédente que par une plus grande simplicité.

(*Société anonyme des Automobiles Delaunay-Belleville*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 446 583, 27.VII.12.)

Pompes d'alimentation pour machines à huiles (Système de réglage des). — Le réglage s'obtient au moyen d'un bras, qui dans son mouvement de va-et-vient, peut être rendu solidaire ou non du piston de la pompe. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : Le levier *s* agissant sur le bras a^3, commande un levier double *k* soumis à l'action d'un ressort.



Ce dernier levier commande un second piston de pompe.

(*D. Goedkoop jr., Schiffswerft u. Motorenfabrik*, Amsterdam. Brev. all., cl. 46 *b*, n° 258 817, 9.IX,11.)

MÉTALLURGIE

Fer ou acier (Procédé pour en empêcher l'oxydation ou la rouille). — On soumet la surface à protéger à l'action du bioxyde de manganèse et de l'acide phosphorique. A la suite de cette action, il se forme sur les articles traités un enduit ou dépôt de phosphate de manganèse et de phosphate de fer empêchant la rouille.

La solution comprenant les proportions suivantes a donné des résultats satisfaisants en pratique :

Acide phosphorique liquide concentré (1°,5) .	2 lit. 225
Bioxyde de manganèse .	1 kg 360
Eau	535 litres.

La solution est placée dans un récipient approprié, on chauffe et on élève la température au point d'ébullition. Les articles que l'on veut traiter, après avoir été préalablement soigneusement nettoyés, sont alors immergés dans le bain pendant trente à quatre-vingt-dix minutes, suivant la qualité de l'acier ou du fer que l'on traite. Après les avoir ainsi traités, on peut faire sécher les articles et les graisser avant de s'en servir.

(*F.-R.-G. Richards*. Angleterre. Brev. fr., cl. 8, n° 446 701, 31.VII.12.)

Métaux ductiles (Procédé permettant de rendre les). — Des blocs obtenus par concrétion ou par compression de poudres de certains métaux que l'on ne peut généralement pas travailler à froid (particulièrement le tungstène et le molybdène) sont chauffés à une haute température, on les laisse ensuite refroidir lentement sous pression. Ceci peut être effectué en noyant le bloc de métal à l'état chaud dans une masse fondue ou dans un moule chaud et en le laissant refroidir lentement.

(*The Westinghouse Metal Filament Lamp Company Limited*, Angleterre. Brev. fr., cl. 8, n° 445 208. 7.VI.12.)

Métaux poreux (Procédé de préparation). — Ces métaux peuvent être employés pour les plaques d'accumulateurs les coussinets, etc. Ils sont préparés de la façon suivante : Un alliage est porté à une température suffisante pour dépasser la température de fusion de certaines parties plus fusibles de cet alliage. Cette partie liquide est alors enlevée par un moyen mécanique; compression, aspiration, centrifugation, choc, vibration.

(*H.-I. Hannover*, Kopenhagen. Brev. all., cl. 49 i., n° 257 490, 24.XII.10.)

Thorium (Procédé pour séparer le). — On ajoute de l'acide hypophosphorique ou des sels facilement solubles de cet acide, à une solution acide des terres rares.

(*Deutsche Gasglüklicht Aktien Gesellschaft [Auergesellschaft]*, Allemagne. Brev. fr., cl. 14, n° 444 798, 10.VI.12.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL INDUSTRIEL

Réglementation du travail des employés.

Le Conseil supérieur du travail vient d'adopter un projet de réglementation du travail des employés. Cette solution a une importance, car elle sera probablement transformée sous peu en projet de loi; la plupart des projets, présentés aux Chambres dans ces dernières années, par le Ministère du travail, ont été élaborés par le Conseil supérieur du travail.

Les intérêts mis en jeu par cette nouvelle réglementation, sont considérables : visant, en effet, la généralité des employés, elle s'applique à tous les établissements commerciaux et à tous les bureaux de l'industrie; mais les dispositions votées ne sont pas seulement graves par leurs conséquences pratiques immédiates; sur plusieurs points, notamment en ce qui concerne la fermeture obligatoire des magasins, et les pouvoirs réglementaires donnés aux autorités municipales, elles consacrent des modes nouveaux d'intervention du législateur.

Aujourd'hui, la plus grande partie de notre législation ouvrière ne s'applique qu'à l'industrie, et laisse le commerce en dehors de ses prescriptions : la loi qui exige que des sièges soient mis à la disposition des vendeuses des magasins, et la loi sur le repos hebdomadaire sont les seuls textes qui réglementent le travail du personnel des maisons de commerce.

Le nouveau projet modifie complètement cette situation, et, s'il était adopté tel quel, le commerce se trouverait soumis du jour au lendemain à une réglementation beaucoup plus vaste et beaucoup plus stricte que celle à laquelle est assujettie l'industrie.

Ce projet étend aux établissements commerciaux les dispositions qui régissent le travail des femmes et des enfants dans l'industrie : fixation à treize ans — ou douze ans sous certaines conditions, — de l'âge d'admission, limitation à dix heures de la durée du travail; il stipule, en outre, que le travail journalier devra être suivi d'un repos ininterrompu d'au moins onze heures.

Comme dans l'industrie, ces prescriptions s'appliqueront aux hommes adultes, lorsqu'ils travailleront avec des femmes et des enfants, mais, alors que la loi de 1900 n'assimile aux femmes et aux enfants que les adultes travaillant dans les mêmes locaux, le projet vise les adultes employés dans les mêmes établissements, termes beaucoup plus généraux qui peuvent, dans certains cas, élargir sensiblement le champ d'application de la loi.

L'innovation capitale du projet est l'obligation de fermeture imposée aux magasins : dans toute la France, tous les établissements commerciaux devront être fermés le dimanche et les jours fériés, et, en semaine, de 9 heures du soir à 5 heures du matin. Cette disposition constitue un minimum de réglementation : dans les limites ainsi fixées par la loi, les conseils municipaux pourront prescrire des heures spéciales d'ouverture et de fermeture, s'appliquant aux établissements faisant le même genre d'affaires, et s'adressant à la même clientèle, soit dans toute l'étendue de la commune, soit dans un quartier déterminé. Les commerçants ne sont pas toutefois livrés sans garantie à l'arbitraire des autorités municipales, celles-ci ne pourront agir qu'après avoir consulté les intéressés, et cette consultation pourra être provoquée, soit par un comité représentant au moins le tiers des chefs d'établissements en cause, soit par les syndicats professionnels. D'autre part, un article de projet déclare que l'arrêté municipal sera obligatoire si un mois après sa notification aux chefs d'établissements visés, « un tiers des parties en cause n'ont pas fait d'opposition. »

L'idée de substituer la volonté collective des intéressés à l'uniformité d'un texte rigide n'est pas entièrement nouvelle : une application en a déjà été faite dans un projet de loi déposé en 1907 par le ministre du Travail pour modifier la loi sur le repos hebdomadaire, mais cette consultation y était prévue pour permettre aux intéressés de choisir, d'un commun accord, entre les diverses formes de repos pour assouplir la loi. Le texte du Conseil supérieur du travail n'accepte l'avis des intéressés que s'il doit en résulter une aggravation de la réglementation.

En ce qui concerne les dérogations prévues, le projet s'en remet à un décret du soin de déterminer les établissements qui échapperont à ses prescriptions; le nombre des dérogations, qui ne devront pas excéder deux heures par jour, ne pourra pas être supérieur à trente par an.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

L'anémie des photographes.

Certains médecins ont constaté, en Angleterre, une anémie professionnelle des photographes, provoquée par le travail prolongé à l'obscurité. MM. E. Agasse-Lafont et F. Heim ont cherché à vérifier en France l'existence de cette affection professionnelle. Ils affirment, après avoir examiné le sang d'ouvriers photographes, que le travail constant à l'obscurité, à l'abri des radiations solaires lumineuses et chimiques, n'est pas une cause d'anémie, même chez les professionnels qui s'adonnent à ce travail depuis de longues années. Le nombre des globules rouges n'a, en effet, chez les sujets examinés, que peu varié.

Quant aux globules blancs, leur nombre est augmenté, mais les expérimentateurs l'attribuent plutôt au maniement constant de certaines substances : sels d'argent, hyposulfite, métol, mélange d'acétate, d'amyle et d'acétone. C'est à une légère imprégnation de l'organisme par l'argent qu'est attribuable le développement de la mononucléose constante.

Les perforateurs de pellicules pour cinéma, constamment exposés aux vapeurs du mélange acétate d'amyle-acétone, ont présenté une éosinophilie marquée, mais compatible avec le maintien d'une santé normale.

STATISTIQUES

La production du pétrole de 1860 à 1911.

La production du pétrole a pris une extension considérable depuis un demi-siècle. Voici sa progression :

1860	66 696 t
1870	700 818
1880	3 897 203
1890	9 817 695
1900	19 570 163
1905	28 486 424
1910	44 223 805
1911	46 526 334

La production actuelle a une valeur voisine d'un milliard de francs.

Les premières exploitations pétrolifères ont été celles des Etats-Unis (1858) et pendant longtemps ce pays eut le monopole de cette production. La Russie lui a fait depuis une concurrence sérieuse. Voici le détail de la production mondiale pour 1911 :

Etats-Unis	29 393 252 t
Russie	9 066 259
Mexique	1 873 552
Indes néerlandaises	1 670 668
Roumanie	1 544 072
Galicie (Autriche)	1 458 275
Indes anglaises (Birmanie)	497 134
Divers	623 072

Il est intéressant d'indiquer la répartition de la production américaine par bassins :

Bassin de l'Ouest ou Californien	10 818 431 t
Bassin du Centre ou « Mid-Continental » (Oklahoma et Kansas)	8 788 869
Bassin de l'Illinois	4 175 556
Bassin de l'Est ou Appalachien (états de New-York, Pensylvanie, Virginie occidentale, Tennessee et Kentucky)	3 166 875
Bassin du Sud ou « Gulf » (Texas et Louisiane)	1 556 677
Bassin de l'Indiana-Lima	830 592
Divers	56 252
Total pour les Etats-Unis. (d'une valeur de 670 223 760 fr).	29 393 252

Pour la Russie, voici la production des principaux bassins pour 1911 :

Bakou (Caucase)	6 967 701 t
Grosnyi	1 231 606
Sourakhany	359 547
Maikop	130 000

La production de la Roumanie progresse rapidement. Le district de Bahova fournit à lui seul 89 °/₀ de la production roumaine; viennent ensuite les exploitations de Dambovitza, Buzen et Bacau.

En Galicie, les gisements de Tustanowice s'épuisent.

Le Mexique a vu sa production quadrupler en un an, puisqu'on n'en tirait que 447 844 t en 1910. Le Pérou produit déjà 200 000 t par an. On escompte aussi l'avenir des gisements de Commodore-Rivadariale (République-Argentine) et de l'île de la Trinidad. La Birmanie approche d'une production de 1 million de tonnes. le Japon donne de 200 000 à 300 000 t. L'Egypte et le Bornéo britannique paraissent aussi devoir prendre place bientôt parmi les pays à exploitation pétrolifère.

Production de l'or en France en 1912.

La production de l'or en France, en 1912, a atteint, d'après l'*Echo des Mines*, 23 500 000 onces d'or, soit 718 000 kg.

En 1911, on avait atteint une production de 22 625 000 onces. La production de l'année 1912 atteindrait une valeur de 2 425 000 000 de francs, soit presque deux milliards et demi.

L'année 1911 avait donné 2 238 125 000 fr.

Ainsi il y a encore une plus-value de 86 millions en faveur de 1912.

La production de l'or dans le monde entier en 1912 a dû atteindre 2 milliards 1/2, dépassant de 60 millions celle du 1911. L'extraction se ralentit dans l'Amérique du Nord et en Australasie. L'Afrique du Sud est en augmentation sensible, mais la production des autres pays du monde a généralement diminué.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (1er Semestre). — Tome VI. — N° 12. 15 JUIN 1913

La Technique Moderne

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LE SYSTÈME TAYLOR

Les principes d'organisation scientifique du travail formulés par F. Winslow Taylor (1) ont été, après la grève des usines Renault, l'objet de discussions passionnées. Mais défenseurs et adversaires de cette méthode semblent s'être mis d'accord pour déformer singulièrement les idées du grand ingénieur américain avant de les exposer au public. Cette difficulté d'assimilation de toute idée nouvelle est d'ailleurs un fait psychologique bien connu. L'esprit, comme la matière, obéit à la loi d'inertie; tout changement d'orientation, de vitesse acquise, nécessite un effort énergique et longtemps soutenu.

Quinze années écoulées depuis la publication du mémoire fondamental sur la *Direction des ateliers* n'ont pas encore suffi pour la vulgarisation des idées de Taylor. Au premier moment, quelques pages consacrées à un nouveau système de primes tendant à stimuler l'activité des ouvriers fixèrent seules l'attention. Dans le nouveau volume intitulé : *Organisation scientifique du travail*, simple résumé, parfois même reproduction littérale du précédent, les primes ont passé inaperçues; le chronométrage seul a surnagé. Pourtant, ni les primes, ni le chronométrage ne constituent à eux seuls le système Taylor. Ce procédé simpliste d'exposer des études économiques aussi complexes équivaut, pour employer une comparaison peut-être un peu vulgaire, mais très exacte, à se contenter, dans la description d'une voiture automobile, de parler de ses pneumatiques, en ignorant systématiquement les roues, le châssis, la caisse, le moteur et son conducteur, tous organes également indispensables cependant au bon fonctionnement de la machine.

Qu'est donc au juste le système Taylor? A cette question, le titre du dernier volume répond d'une façon absolument nette et précise : c'est l'organisation scientifique du travail, c'est-à-dire l'application des méthodes scientifiques les plus rigoureuses au problème de la production industrielle. Cette méthode scientifique consiste à rechercher systématiquement, à énumérer complètement, puis à *mesurer exactement* les différentes conditions déterminantes, les *facteurs* du résultat cherché. Le temps est évidemment l'un de ces facteurs; il faut donc le mesurer, d'où le chronométrage (*chronos* = temps, et *metron* = mesure). Mais il y a bien d'autres facteurs à mesurer. D'abord la force dépensée par les machines. Taylor a consacré vingt-cinq années de son existence à cette étude fondamentale et en a magistralement exposé les résultats dans un ouvrage célèbre : *La taille des métaux*, publié en 1903. Un second facteur, la transmission de la force des machines motrices aux machines réceptrices, a fait encore l'objet d'une étude complète, publiée en 1893 par le même auteur sous le titre : *Notes sur les courroies*.

Taylor passe également en revue, dans son étude sur l'organisation scientifique du travail, un grand nombre d'autres facteurs : la préparation des outils, les procédés de manutention, l'organisation du bureau d'études et de dessin, celui du magasin d'outils et de modèles, les attributions du personnel dirigeant, etc.

Mais la production d'un atelier ne dépend pas seulement des machines inertes, il faut aussi faire entrer en ligne de compte le *facteur humain*, et Taylor le connaît bien, car il a été successivement ouvrier, ingénieur et directeur d'usines. A ses yeux, c'est là aujourd'hui le facteur dominateur, le premier à envisager dans toute organisation industrielle. Il le dit et le répète à chaque ligne de ses ouvrages, en insistant sur les deux faces du problème physiologique et moral à la fois.

Au point de vue physiologique, le devoir et l'intérêt obligent tout industriel à soigner ses ouvriers plus encore que ses machines. Le but du chronométrage tant maudit aujourd'hui est précisément de déterminer les conditions de travail correspondant au minimum de fatigue. En proposant de mettre les briques sur une tablette à la portée du maçon, Taylor ne cherche pas à épuiser l'ouvrier par un excès de travail. En réalité, il lui offre à son choix : diminution de fatigue à production et par suite à salaire égaux ou bien accroissement de production et par suite de salaire à fatigue égale. Il propose simplement d'appliquer aux usines les méthodes depuis longtemps en usage dans les armées de tous les pays civilisés. Personne n'est choqué de voir étudier, montre à la main, les conditions de poids du sac et de vitesse de marche permettant au soldat d'atteindre à fatigue constante le rendement maximum. Pourquoi alors condamner à l'usine le chronométrage accepté à la caserne?

L'ouvrier n'est pas seulement un être vivant, mais aussi un être pensant et sentant : c'est là le nœud de toute la question ouvrière actuelle. Taylor le reconnaît nettement et proclame la nécessité absolue de la coopération des ouvriers. « Sans leur bon vouloir, déclare-t-il, il n'y a rien à attendre de l'application des autres parties de mon système. » Il ne conçoit pas la possibilité de l'organisation scientifique du travail dans une usine sans la collaboration cordiale des employeurs et des employés. Non content de cette vague déclaration de principe, il indique d'une façon précise les moyens d'obtenir cette collaboration indispensable : augmentation de salaires, changement très lent et progressif des anciennes conditions du travail et par-dessus tout, chez les chefs, respect absolu de la parole, une fois donnée.

Taylor pousse à l'extrême cette préoccupation du facteur ouvrier. Dans une communication faite devant une société d'enseignement et intitulée : *Pourquoi les industriels n'apprécient pas les diplômés des écoles techniques*, il reproche vivement à ces écoles de laisser leurs élèves dans l'ignorance complète de cette face du problème industriel et réclame impérieusement l'organisation des stages ouvriers dans les usines. « Tout ingénieur,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 1 (1er juillet 1912), p. 47.

Digitized by Google

dit-il, est incapable de diriger des ouvriers, s'il ne sait pas, en prononçant dix paroles, gagner leur confiance. Et il ne peut le faire sans avoir été un certain temps ouvrier comme eux, avoir vécu avec eux, côte à côte, épaule à épaule. »

Cette esquisse rapide donne encore une idée bien incomplète de la complexité de l'organisation scientifique du travail. Chacun des facteurs mentionnés ici dépend, en effet, lui-même, d'un grand nombre de conditions distinctes, de *sous-facteurs*, si l'on peut s'exprimer ainsi. Par exemple, le travail des métaux avec les machines-outils comporte l'examen de douze variables indépendantes; les transmissions par courroies d'une dizaine de variables, etc. Il en est de même, bien entendu, pour les questions ouvrières. L'étude physiologique comporte la mesure des efforts demandés, de la vitesse des mouvements, des alternatives de repos et de travail, enfin de la durée de la journée, sans parler d'autres facteurs non moins essentiels, comme le régime alimentaire, mais ne se prêtant pas à des mesures aussi précises.

A son tour, le facteur psychologique comporte des aspects multiples : la confiance plus ou moins grande de l'ouvrier dans son patron, l'influence des préjugés syndicalistes, le désir d'un bien-être tous les jours croissant, le degré d'instruction et de culture de l'ouvrier lui permettant d'utiliser, sans inconvénient, pour lui ni pour la société, un supplément important de salaires, etc.

Le nombre des facteurs et sous-facteurs à mettre en ligne est donc extrêmement considérable. Cette complexité de tous les phénomènes réels est la préoccupation dominante de F. Taylor. La simplicité habituelle de nos expériences de laboratoire tient à des conditions absolument artificielles; nous fermons systématiquement les yeux sur toutes les faces, moins une, de chaque problème et nous constituons ainsi la Science, dite *pure*. La science du monde réel, la Science *industrielle*, doit, au contraire, pour atteindre des buts pratiques, faire converger, dans chaque cas particulier, un très grand nombre des études partielles de la science pure. Cette convergence constitue le but essentiel de l'œuvre poursuivie par Taylor. On ne peut donc, de bonne foi, affecter d'envisager son système comme l'application exclusive du chronométrage ? Cette simplification artificielle est la négation même du principe fondamental de l'organisation scientifique du travail.

On objectera peut-être que ces idées ne sont pas très nouvelles. De tout temps, on a étudié dans les usines l'influence des diverses circonstances dont dépend le prix de revient; c'est la préoccupation constante des ingénieurs. Cela est certainement vrai, et pourtant le système Taylor est appelé à révolutionner l'industrie; il y a là un point délicat à bien expliquer. Quand un ingénieur étudie expérimentalement le rendement d'une machine à vapeur, détermine les pertes de chaleur par les parois, les frottements des différents organes, etc., il applique exactement la méthode préconisée par Taylor. Mais cela ne se fait aujourd'hui que dans des circonstances exceptionnelles, quand il s'agit de problèmes mettant en jeu des centaines de mille francs et même des millions, comme c'est le cas de la construction des gros moteurs à vapeur ou à gaz, et encore le fait-on seulement pour certains facteurs dont l'importance saute aux yeux. Pour les facteurs moins visibles et surtout dans tous les problèmes d'importance secondaire, c'est-à-dire 99 fois sur 100 au moins, on se contente d'appréciations de sentiment, de la règle du pouce et de l'œil. L'étude scientifique de la totalité des phénomènes rencontrés journellement dans une usine, nécessite une organisation et un personnel tellement coûteux, que leur emploi systématique serait jugé aujourd'hui une véritable folie industrielle.

Et pourtant Taylor, non content de prôner les avantages de cette méthode, a su en démontrer l'efficacité en remettant sur pied, grâce à son emploi, plusieurs affaires industrielles qui périclitaient. Quelques-unes, cependant, étaient peu importantes, et personne n'aurait cru possible de leur faire supporter les frais de l'installation très onéreuse d'un bureau scientifique d'organisation du travail.

En un mot, la notion nouvelle mise en circulation par Taylor est *la simple affirmation que les méthodes scientifiques de travail payent*. Or, cette vérité était ignorée, non seulement des industriels, mais des savants les plus convaincus de la supériorité de leur science, de tous les ingénieurs sortis de nos grandes Ecoles scientifiques.

L'application des idées de Taylor ne se fera pas sans surmonter de nombreuses difficultés, sans vaincre des préjugés fortement enracinés, aussi bien chez les chefs d'industrie que chez les ouvriers. Il n'y a pas à se préoccuper de ces résistances, elles sont une conséquence nécessaire de la loi d'inertie magistralement étudiée par un des admirateurs de Taylor : James Hartness, dans son ouvrage intitulé : *Human factor in works management*. Le temps, comme le dit si justement Taylor, triomphe de toutes les résistances passives; c'est folie, déclare-t-il, de vouloir introduire de nouvelles méthodes de travail dans une usine en moins de quatre ou cinq ans. L'échec retentissant de certains essais récents trop brutalement conduits avait été annoncé par avance.

Les efforts des syndicats ouvriers pour battre en brèche des notions aussi évidentes resteront nécessairement vains. Se considérant un peu comme les héritiers de Josué et croyant à la possibilité d'arrêter la marche du soleil, ils ne voient pas non plus de difficultés à arrêter le progrès scientifique. Ils ignorent la puissance de l'idée et l'impossibilité de trouver des armes capables de l'atteindre. Plus vivement elle est pourchassée, plus vite elle vole à travers le monde. La destruction des premières machines introduites dans les ateliers en a accéléré la diffusion. De même la grève, justifiée ou non, peu importe d'ailleurs, des usines Renault, aura été l'agent le plus actif de la propagation en France de la méthode Taylor. Les pages noircies jusqu'ici par les admirateurs du grand Américain n'avaient pu obtenir le même résultat.

Les objections faites au système Taylor sont d'ailleurs le plus souvent dépourvues de toute base sérieuse. L'argument adverse qui a eu le plus d'influence est tiré d'une citation du volume : *L'Amérique au travail*, de l'ingénieur anglais Fraser. Cet ingénieur aurait vu aux Etats-Unis, dans les usines organisées d'après les principes de Taylor, l'absence totale des vieux ouvriers qui étaient tous logés au cimetière. C'est là une affirmation inventée de toutes pièces. Dans son volume, Fraser ne parle nulle part de Taylor, dont il ne semble pas soupçonner l'existence. Sa boutade, d'un goût certainement très douteux, vise toutes les usines américaines en général, et plus particulièrement l'une d'entre elles qu'il ne désigne pas nominativement, mais qu'il laisse deviner, l'usine de construction des locomotives de Baldwin, à Philadelphie.

Or, l'organisation de cette usine est exactement le contre-pied de celle demandée par Taylor.

Cet exemple suffit pour juger la valeur des arguments invoqués dans cette discussion.

Du côté des patrons, les efforts de certains industriels pour déformer le système Taylor et en retenir seulement les détails les plus favorables, en apparence du moins, à leur intérêt personnel sont également voués à un échec certain. Les grèves auront vite raison de ces tentatives néfastes.

Mais la plus grande difficulté pour appliquer les nouvelles méthodes sera de trouver un personnel technique assez nombreux et assez compétent. Il faudra décupler au moins le nombre des ingénieurs employés aujourd'hui dans les usines françaises et leur inculquer un respect de la science et de l'expérimentation, jusqu'ici trop rare.

Henry Le Chatelier,
Membre de l'Institut.

Digitized by Google

INDUSTRIE TEXTILE

LES MÉTIERS MODERNES A TULLES ET DENTELLES

Au Musée Communal de la ville de Bruxelles est exposée une admirable collection des vieilles dentelles de Belgique ; parmi

Fig. 1 — « Les Armes de Belgique », dentelle en valenciennes mécanique, exécutée par la maison Henninot-Henninot pour l'Exposition de Bruxelles en 1910.

ces œuvres d'art, on remarque une pièce de valenciennes représentant « les Armes de Belgique », dont l'exécution ne le cède en rien à celle des pièces voisines, et pourtant, cette dentelle ne sort pas des doigts patients des dentellières de l'ancien temps, mais a été fabriquée mécaniquement sur métier à Caudry (fig. 1).

Quels sont donc ces métiers qui permettent d'imiter à s'y méprendre la véritable dentelle à la main, ces métiers d'où sortent les voilettes légères et les lourds réseaux de grec, les larges volants et l'étroite bande de valenciennes?

Sans entrer dans l'exposé de la fabrication du tulle depuis le moment où l'esquisseur a tracé sur le papier le dessin qu'il veut faire reproduire, jusqu'à l'instant où la dentelle sort prête à expédier des mains de la plieuse, nous nous proposons d'examiner, dans cet article, les principes généraux de fonctionnement des métiers à tulle ainsi que les derniers perfectionnements qu'on y a apportés.

I. — Métiers circulaires.

Les métiers circulaires permettent d'obtenir le tulle proprement dit à maille déterminée pour chaque type de métier : tulles unis et grecs, à mailles hexagonales et arrondies, tulles fantaisie, points d'esprit, bruxelles, etc...

Le tulle uni et grec est obtenu par le croisement des fils de chaîne et des fils de trame (fig. 2).

Pour fabriquer le tulle, on emploie :

1° Les *fils de chaîne*, qui se déroulent verticalement et sont animés de mouvements alternatifs de gauche à droite du métier et *vice versa*;

2° Les *fils de trame*, qui se déplacent obliquement du fait de la combinaison de deux mouvements :

Le premier *oscillatoire* d'avant en arrière du métier;

Le deuxième *circulaire* d'une extrémité à l'autre du métier.

Fils de chaine. — Les fils de chaîne sont enroulés sur un gros rouleau ayant la longueur totale du métier.

Ils passent ensuite à travers la plaque du métier qui les sépare.

Enfin ils sont pris dans les anneaux de deux barres, dites *barres de guides*, situées à l'intérieur du métier entre les combs. Les barres de guides divisent la chaîne en deux parties égales ; leur déplacement détermine le mouvement de déviation des fils de la chaîne.

Fils de trame. — Les fils de trame sont contenus dans des bobines plates fixées dans des chariots d'acier de forme triangulaire. Ces chariots se déplacent d'avant en arrière du métier dans des rainures appelées *combs*, formant une table creuse semi-cylindrique, ayant pour axe la ligne où les *barres de pointes* viennent serrer la maille du tulle complètement terminé.

Les chariots sont divisés en deux jeux, en sorte que chaque rainure contient deux chariots situés l'un derrière l'autre.

Les combs sont divisés en deux tronçons situés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière du métier ; c'est entre ces deux tronçons que passent les fils de chaîne.

Les combs avant sont situés sur une barre, la *barre de combs*, qui peut recevoir un mouvement de déplacement de gauche à droite du métier et *vice versa*. Le but de ce mouvement est de faire avancer tous les chariots du jeu avant d'une rainure vers la droite, tandis que les chariots du jeu arrière avancent d'une rainure vers la gauche ; en même temps, le chariot de l'extrémité droite passe du jeu avant au jeu arrière, et le chariot de gauche passe d'arrière en avant.

En définitive, un chariot partant de l'extrémité gauche du jeu avant parcourt tous les combs, puis passe en arrière pour revenir à gauche. Le nombre des chariots est variable avec la largeur et le gauge du métier.

La *largeur* du métier s'évalue en *pouces*. On construit des métiers depuis 160 jusque 330 pouces, même au delà.

Le nombre de chariots par pouces détermine le *gauge* du métier que l'on évalue en *points*. Un métier d'un gauge de 9 points possède 9 chariots par jeu sur la largeur d'un pouce.

Un métier de 220 pouces 9 points possède, puisqu'il y a deux jeux :

$$220 \times 2 \times 9 = 3\,960,$$

3 960 fils de trame et, par suite, 3 960 fils de chaîne.

Le mouvement d'aller des chariots s'appelle *motion*. Chaque motion détermine le croisement d'un fil de trame avec un fil de chaîne. Pour du tulle à 6 motions, il faut 6 motions, soit trois tours de l'arbre principal pour faire une *treille*. Lorsque le métier a fait 1 440 motions, soit 720 tours, soit enfin 240 treilles, la longueur du tulle produit est de un

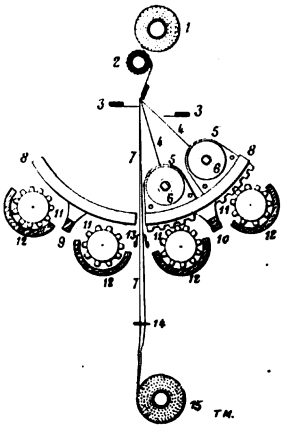


Fig. 2. — *Coupe schématique d'un métier à tulle, système rolling locker* : 1, rouleau de tulle achevé; 2, hérisson; 3, barres de pointes; 4, fils de trame; 5, chariots; 6, bobines; 7, fils de chaîne; 8, combs; 9, barre de combs mobile (avant du métier); 10, barre de combs fixe (arrière du métier); 11, lockers (rouleaux cannelés); 12, boites (coussinets); 13, barre de guide-fils; 14, plaque du métier; 15, rouleau de chaine.

Digitized by Google

rack. On voit qu'un métier faisant 60 tours par minute, et travaillant une heure entière sans arrêt produirait :

$$\frac{60 \times 60}{720} = 5 \text{ racks.}$$

La vitesse des métiers est constante pour un type déterminé. Suivant les modèles, elle varie de 50 à 70 tours par minute, correspondant à une production de tulle de 4 à 6 racks à l'heure. Les métiers à tulle peuvent être divisés en trois catégories suivant leur gauge :

1° Point inférieur à 8,5 : métiers à tulle *grec* ;

2° Point égal à 8,5 : métiers à tulle *demi-grec* ;

3° Point supérieur à 8,5 : métiers à tulle *uni*.

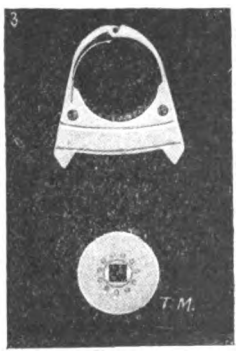


Fig. 3. — Chariot et bobine pour métier à tulle *système double locker*.

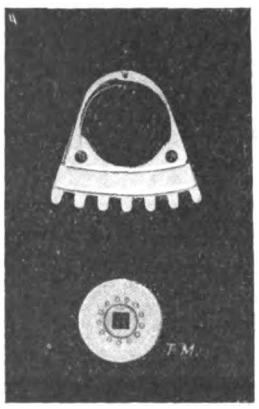


Fig. 4. — Chariot et bobine pour métier à tulle *système rolling locker*.

Au point de vue construction, il y a lieu de distinguer deux types de métiers différenciés par le mouvement de balancement des chariots d'avant en arrière du métier. Ces mécanismes différents donnent lieu à des formes différentes des chariots, et à des conditions un peu diverses du travail de la matière première.

1° *Métier double locker*. — Les chariots des doubles lockers ont une dent à chaque extrémité (fig. 3). Leur mouvement d'oscillation est produit d'une part par deux *arbres à ailes* qui les saisissent par les dents inférieures puis les abandonnent, d'autre part par les *pousse-barres* qui les frappent sur la tranche au-dessus des combs.

2° *Métier rolling locker*. — La partie inférieure des chariots est garnie de dents, en général 6 à 8, suivant le point (fig. 4). Le mouvement d'oscillation est produit uniquement par le jeu de quatre *arbres cannelés* situés au-dessous des combs, et qui, engrenant avec les dents des chariots, tournent dans un sens pendant une motion, en sens inverse pendant la suivante (fig. 5).

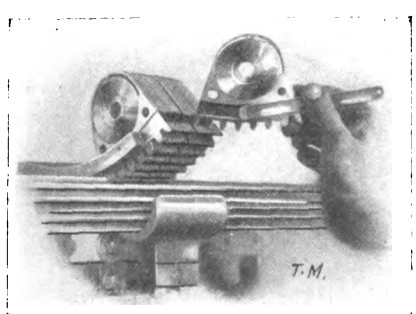


Fig. 5. — Vue d'un chariot à double rainure (système Jardine).

D'une façon générale, on emploie :

Les métiers rolling-locker pour les gros points, et les métiers double-locker pour les fins points. Le rolling-locker produit un tulle très régulier et peut être animé d'une grande vitesse. Le double locker permet d'employer des cotons de moins bonne qualité et sa production est plus faible que celle du rolling-locker. Etant donnée la disposition des fils de chaîne, on voit qu'en remplaçant les barres de guide par des barres actionnées par un jacquard, on pourra obtenir des déviations différentes pour les nappes de fils de chaîne, et par suite des mailles diverses.

Les métiers produisant du tulle *point d'esprit* sont encore montés d'une façon différente. Il y a arrêt dans l'avancement du tulle pendant la production des mouches. Dans ces métiers, les pointes de la barre de pointes sont aplaties au droit de la production de la mouche.

Métiers modernes. — Les constructeurs des métiers actuels ont cherché à réaliser une augmentation de production, tout en améliorant la qualité du tulle et en diminuant les risques de *blocs* ou *doublages* qui arrivent dans les métiers circulaires où tous les organes : chariots, combs, pointes et guides, changent de place constamment.

Ils ont été conduits à accroître la largeur du métier qui, dans certains types, atteint jusqu'à 330 pouces, et, par suite, à assurer la stabilité de l'ensemble en abaissant l'intérieur, partie lourde et délicate soumise à des chocs continuels du fait du mouvement de la barre de combs.

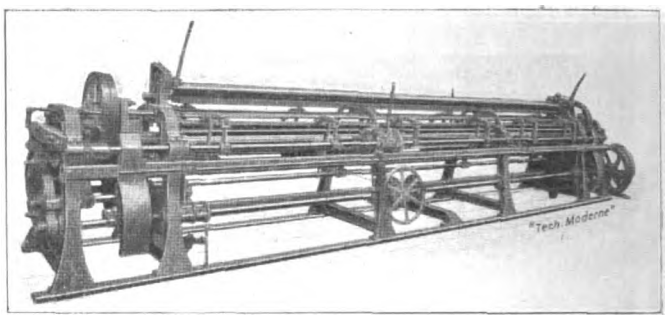


Fig. 6. — Vue du métier à tulle, de 300 pouces (système Kappel).

La photographie que nous donnons d'un métier Kappel (fig. 6) montre comment cette Société a réalisé le problème en répartissant les mouvements sur les deux côtés latéraux (au lieu d'un seul), en renvoyant vers le sol les mouvements les plus durs, notamment celui de la barre de combs, et en imaginant un mouvement de pousse-barres commandé par deux arcs latéraux aidés par des bras actionnés dans le bas du métier.

La stabilité est souvent augmentée par l'emploi d'une semelle de fonte sur laquelle repose l'ensemble du métier. Ce dispositif, employé par la maison Jardine, est complété par trois arcs reliant entre elles les deux parties supérieures du bâti, qui est sectionné afin de permettre d'une part le libre jeu des fils de chaîne, d'autre part l'adjonction d'un jacquard.

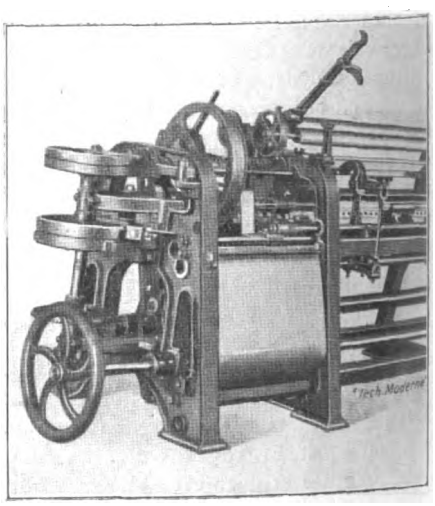


Fig. 7. — Vue d'ensemble de moulins verticaux (système Schubert et Salzer).

Le problème de l'augmentation de vitesse d'un métier rolling-locker est lié à l'étude du mouvement de la barre de combs. On ne peut effectuer ce déplacement avec sécurité à une vitesse aussi rapide que celle à laquelle peuvent se mouvoir les autres organes du métier qui, de ce fait, doivent être ralentis. En effet, en raison du mouvement alternatif imprimé aux rouleaux cannelés, la vitesse avec laquelle les chariots se déplacent atteint son maximum lorsqu'ils sont au milieu du métier.

A ce moment, la barre de combs de devant, ainsi que les barres de guides, doivent se déplacer latéralement, et comme on ne dispose pour produire ces déplacements que d'un laps de temps excessivement court, il en résulte que ces mouvements s'exécutent brusquement, produisant dans l'ensemble du métier un choc et une vibration nuisibles.

Digitized by Google

Pour remédier à cet inconvénient, la Société Schubert et Salzer supprime complètement l'arbre à manivelles du métier et adopte un système d'entraînement par excentriques à course forcée (fig. 7).

Ce système permet de ralentir la vitesse de marche des chariots aux différents points de leur course où des déplacements doivent se produire, et de disposer, pour les déplacements de la barre de combs et des barres de guide-fils, d'un laps de temps trois ou quatre fois plus grand que dans les métiers munis d'arbres à manivelles; les déplacements sont produits régulièrement sans chocs ni à coups, et la vitesse normale est portée à 70 tours de l'arbre d'excentriques par minute, correspondant à une production de près de 6 racks à l'heure.

La maison Jardine fournit la solution d'une façon toute différente par l'emploi d'une commande par friction à vitesse variable.

La vitesse convenant le mieux au mouvement de la barre de combs d'un métier Jardine de largeur et de gauge ordinaire est de 72 motions par minute, tandis que les autres mouvements peuvent supporter une vitesse de 90 motions. La commande du métier est faite par l'intermédiaire d'un disque de friction, sur la surface duquel vient appuyer à angle droit un pignon en cuir ou en papier comprimé solidaire d'une came (fig. 8).

Lorsque le métier en est au mouvement de la barre de combs, le pignon de friction se trouve sur le plus grand diamètre du disque; la came le ramène vers le centre pendant la commande des autres mouvements.

La vitesse normale du métier, lorsque le pignon se trouve sur le bord extérieur du disque, est de 72 tours par minute; elle est de 84 tours lorsqu'il se trouve sur le bord intérieur; dans ces conditions de fonctionnement, la vitesse moyenne du métier est de 78 motions par minute, d'où gain effectif de un demi-rack à l'heure.

Un autre avantage de ce dispositif est de permettre, par le jeu d'une vis de réglage, d'obtenir des vitesses moyennes du métier variables depuis 65 jusque 90 motions, la différence entre les vitesses extrêmes données par la came étant toujours de 12 motions. Ce réglage permet de conserver la même tension aux fils au fur et à mesure que les bobines se vident, ce qui augmente la régularité du tulle. Il est en outre impossible de mettre brusquement le métier en marche et d'occasionner un bloc par un démarrage trop rapide. Cet accident est d'ailleurs rendu très rare, grâce à un dispositif original des chariots Jardine à double rainure (fig. 5) qui sont rigoureusement équilibrés entre les barres de combs et qui conservent toujours la position verticale; la rupture des fils de trame est moins fréquente, même lorsqu'on emploie des matières de qualité inférieure.

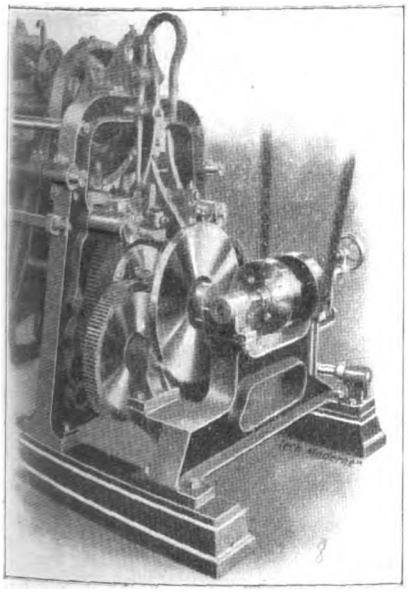


Fig. 8. — Vue d'ensemble de la commande par friction (système Jardine).

De tels métiers ont pu atteindre une production de *sept* racks à l'heure, notamment dans le cas de la commande électrique par moteurs individuels.

En effet, la création des puissantes usines centrales modernes et des vastes réseaux de distribution d'énergie, a montré tout l'avantage que l'on peut retirer de la commande individuelle pour la conduite des métiers à tulle. Divers dispositifs ont été préconisés à cet effet :

La commande par friction de Jardine se prête très bien à cette attaque, le moteur étant fixé sur la plaque de fondation du métier.

La commande par engrenages conduit à une liaison rigide entre le moteur et le métier. Il y a donc lieu de prévoir un dispositif destiné à prévenir la mise en route brutale du métier, ainsi que les chocs d'engrenages résultant d'un arrêt brusque. Le dispositif Kappel, dont nous donnons une photographie (fig. 9), consiste en un accouplement flexible à patins de friction combiné avec un débrayage automatique qui se déclanche dès que la puissance transmise par l'arbre devient supérieure à celle nécessitée pour le fonctionnement normal du métier. Le volant du métier est monté fou sur l'arbre *a*; il est relié d'une part à l'engrenage *t* au moyen de patins de friction *c*, d'autre part, à l'arbre *a* au moyen d'un accouplement instantané. La mise en route se fait progressivement, grâce au frottement des patins; en cas d'accident, l'accouplement instantané est libéré, le métier s'arrête et le moteur continue à tourner en entraînant uniquement l'engrenage et le volant.

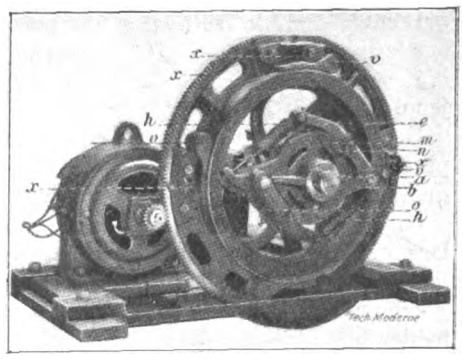


Fig. 9. — Dispositif de la commande par engrenages (système Kappel).

Dans le dispositif Bombled, l'engrenage est également fou sur l'arbre; deux leviers qui y sont fixés maintiennent douze petits patins de bois très dur qui entraînent par friction une poulie calée sur l'arbre. Deux ressorts réglables permettent de déterminer la tension nécessaire à l'entraînement du métier; en cas de bloc, ces ressorts cèdent, et les patins continuent à tourner sur la poulie.

II. — Détermination de la formule des métiers circulaires.

Nous avons eu l'occasion d'étudier à Caudry l'application de la commande électrique individuelle aux métiers à tulle, et les nombreux essais que nous avons effectués nous ont conduit à établir des formules générales représentant, avec des valeurs suffisamment rapprochées, la puissance absorbée par ces métiers.

De l'étude que nous avons faite, il ressort que la puissance prise par un métier n'est pas constante, certains mouvements n'étant qu'intermittents. C'est ainsi que la barre de combs, les barres de pointes et les barres de guides ne se déplacent que pendant une légère fraction du temps nécessaire à faire une treille; d'autres mouvements sont continuels : ce sont ceux des chariots et des organes de leur mouvement. La puissance enregistrée est la puissance moyenne, résultante de tous ces mouvements divers.

Ceci posé, trois facteurs paraissent *a priori* avoir une influence prépondérante dans la recherche que nous poursuivons : ce sont la vitesse du métier, sa largeur et son gauge.

D'autre part, en examinant les deux catégories de métiers circulaires, on voit de suite qu'il importe de distinguer deux classes au point de vue de la puissance nécessaire à leur fonctionnement.

En premier lieu, le déplacement de la barre de combs avant mettant en jeu une puissance importante, comparons les poids

Digitized by Google

respectifs de ces deux organes dans le rolling-locker et dans le double-locker.

Dans le premier métier, la partie mobile comprend : la barre de combs et les plombs de combs, deux rouleaux cannelés et les boîtes soutenant ces rouleaux.

Dans le deuxième, la barre de combs et les plombs de combs uniquement.

D'autre part, le frottement des parties dentées des chariots sur les rouleaux cannelés, et le frottement des rouleaux dans les boîtes qui les soutiennent, absorbent plus de puissance que le jeu des lockers à ailes.

Enfin, à égalité de point, les chariots des doubles lockers sont plus petits que ceux des rolling-lockers, et la matière première qu'ils emploient subit des tensions moins fortes.

On conçoit donc que, pour un même gauge et pour une même largeur, les rolling-lockers soient plus lourds que les doubles lockers.

L'augmentation de la vitesse et de la largeur de production du métier entraîne un accroissement proportionnel de la puissance. Quant à l'influence du gauge du métier, nous la considérons comme suit : dans les rolling-lockers, plus le point diminue, plus les chariots deviennent lourds, plus également la matière première devient lourde et résistante; à une diminution de points correspondra donc une augmentation de puissance. Dans les doubles lockers, au contraire, qui ne sont employés que pour les fins points, l'influence du poids des chariots est moindre devant celle de leurs frottements sur les barres de combs, en sorte qu'à une augmentation de points correspondra une augmentation de puissance.

C'est pourquoi, nous distinguons les deux types de métiers suivant deux formules différentes, non seulement au point de vue de la constante, mais encore des coefficients. Ces formules sont empiriques; leurs coefficients ayant été déterminés par l'interprétation de nombreux essais effectués sur des métiers de toute fabrication, elles sont générales.

Nous avons choisi comme *métier étalon* servant de terme de comparaison le 220 pouces, 10,5 points, tournant à 57 tours par minute.

Le coefficient K peut représenter différents facteurs dont nous donnerons la valeur, par exemple, la puissance en watts du métier, la puissance en chevaux du moteur nécessaire pour l'actionner, la consommation au rack, à la journée, à l'année, etc.; il suffit, pour avoir les renseignements sur un métier ayant pour largeur P pouces, d'un gauge de p points, tournant à une vitesse de t tours par minute, de remplacer dans la formule P, p, t, par leur valeur numérique et d'effectuer les calculs indiqués. Nous supposons que la préparation suit une augmentation proportionnelle à l'augmentation de puissance du métier.

Rolling-locker.

$$(1)\quad W = K\left(1 + \frac{5}{4}\,\frac{P-220}{220} + \frac{5}{4}\,\frac{10{,}5-p}{10{,}5} + 2\times\frac{t-57}{57}\right).$$

Double-locker.

$$(2)\quad W = K\left(1 + \frac{5}{4}\,\frac{P-220}{220} + \frac{p-10{,}5}{10{,}5} + 2\times\frac{t-57}{57}\right).$$

Pour la détermination du coefficient K, dans le cas où il représente une consommation annuelle, nous avons basé nos calculs sur une durée de travail effectif de 20 heures pendant 280 jours, soit 5 600 heures.

Dans ces conditions, on peut admettre qu'en déduisant le temps des racoupages et des arrêts dus à la casse des fils, un métier tournant à 57 tours par minute fait une moyenne de 80 racks par jour, soit 22 400 par an.

Les différentes valeurs de K que nous avons déterminées sont résumées dans les deux tableaux I et II; les chiffres sont donnés dans le cas d'une installation avec moteurs individuels et éclairage rationnel par lampes à filaments métalliques.

TABLEAU I. — *Métier rolling-locker.*

Puissance du métier	K = 800 à 850 watts
Puissance du moteur	K = 1,5 HP
Consommation par rack (force motrice)	K = 160 à 170 wh
Consommation par rack (métier et préparation)	K = 180 à 190 wh
Consommation journalière (force motrice)	K = 14 à 16 kwh
Consommation annuelle (force motrice)	K = 4 000 à 4 400 kwh
Consommation annuelle (force et éclairage)	K = 4 400 à 4 800 kwh

TABLEAU II. — *Métier double-locker.*

Puissance du métier	K = 525 à 550 watts
Puissance du moteur	K = 1 HP
Consommation par rack (force motrice)	K = 110 à 120 wh
Consommation par rack (métier et préparation)	K = 130 à 140 wh
Consommation journalière (force motrice)	K = 10 à 12 kwh
Consommation annuelle (force motrice)	K = 2 800 à 3 100 kwh
Consommation annuelle (force et éclairage	K = 3 200 à 3 500 kwh

PRÉPARATION. — La matière première, coton, soie, etc.... reçue en écheveaux ou sur bobines, doit être distribuée dans les bobines du métier et sur le rouleau de la chaîne. Elle subit les diverses manipulations suivantes :

La *machine à dévider* sert à transporter les fils de l'écheveau sur des bobines de bois. Ces bobines de bois sont ensuite placées sur un support appelé *jack* et les fils sont reportés suivant une nappe de 50 à 80 fils sur un petit tambour. On les fait ensuite passer du tambour dans les bobines à l'aide d'une *machine à bobiner*. Notons que certaines machines à bobiner sont prévues pour éviter la fabrication du tambour et que le fil passe directement du jack dans les bobines du métier.

L'opération qui consiste à mettre la bobine dans le chariot et à faire passer le fil dans le trou-guide du chariot, se fait généralement à la main; elle peut être effectuée automatiquement grâce à la *machine à remonter* les bobines. L'opération inverse peut également, grâce à la *machine à écosser* les bobines vides, remplacer le travail à la main.

Pour enrouler les fils de chaîne sur le gros rouleau, on emploie le *moulin à ourdir*. Les fils placés sur les bobines de bois ou sur les bobines venant directement de la filature sont enroulés sur le tambour du moulin par tranches successives. L'opération de report de la chaîne sur le gros rouleau s'effectue en sens inverse sur toute la longueur du moulin.

La longueur du fil de chaîne varie suivant le gauge du métier de 1 200 à 1 800 m.

Le temps nécessaire à la confection d'une chaîne variera en fonction de sa longueur, de sa largeur et aussi de la qualité du coton qui peut nécessiter des arrêts plus ou moins fréquents.

On peut admettre que, pour un 220 pouces 10,5 points, on peut ourdir une chaîne de coton en 60 heures, dont 45 pour enrouler les fils sur le tambour et 15 pour l'opération inverse.

FABRICATION. — Les chariots étant remontés, le gros rouleau chargé, il reste à les mettre en place sur le métier. Cette opération, à laquelle on donne le nom de *racoupage*, se fait entièrement à la main. Aussitôt après, le métier peut être mis en route. L'ouvrier tulliste n'a plus qu'à surveiller la casse des fils et l'entretien du métier. Il conduit en général deux métiers à la fois.

La pièce une fois terminée est mise entre les mains des *raccommodeuses*, qui réparent les déchirures et refont les mailles cassées. Elle est ensuite envoyée à l'*apprêt*, où elle subit les opérations du blanchiment (lavages, lessivages, essorages), de la teinture, de l'apprêt, du cadrage et finalement, après avoir été pliée, métrée et coupée, est emballée et expédiée.

Digitized by Google

III. — Métiers de dessin.

Les métiers de dessin permettent d'obtenir *toutes* les variétés de tulles et dentelles mécaniques, telles que : valenciennes, alençon, chantilly, calais, guipure, etc., sur le *même* métier, en modifiant le jeu des différents fils.

La dentelle se compose de deux parties :

1° D'un réseau appelé le fond;

2° De motifs formant dessin appliqués sur le fond ou faisant corps avec lui.

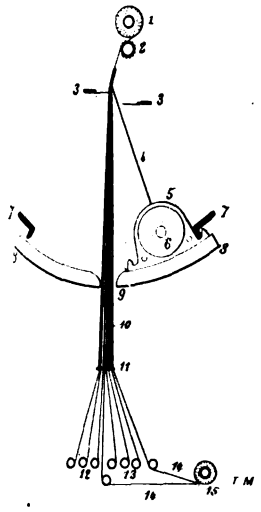


Fig. 10. — *Coupe schématique d'un métier système Leavers:* 1, rouleau de la dentelle achevée; 2, hérisson; 3, barres de pointes; 4, fils de trame; 5, chariots; 6, bobines; 7, catch-barres; 8, combs; 9, barres du jacquard principal; 10, fines barres; 11, plaque du métier; 12, rouleaux des fils brodeurs; 13, rouleaux des fils de guimpe; 14, fils de chaîne; 15, rouleau des fils de chaîne. Note : La disposition des petits rouleaux et du gros rouleau est schématique; elle sert à mettre en évidence les positions relatives des différents fils verticaux.

Fond. — Pour fabriquer le fond, on emploie :

1° Les *fils de trame*, qui sont animés uniquement d'un mouvement d'oscillation d'avant en arrière du métier et *vice versa*;

2° Les *fils de chaîne*, qui se déroulent verticalement dans un plan perpendiculaire au plan du fil de trame et passent tantôt à droite, tantôt à gauche de ce dernier.

Si tous les fils de chaîne reçoivent le même mouvement de déplacement, on obtiendra un fond à mailles, uniformes, carrées, rondes, hexagonales, etc.

Si, au contraire, on provoque l'accrochage de plusieurs fils de chaîne par un fil de trame, ou leur retrait devant le fil de trame, on obtiendra des effets de fonds particuliers ou l'ajourage du tulle.

Dessin. — Les fils de trame travaillent tous à chaque battement du métier. Au contraire, les fils qui servent à faire le dessin peuvent rester en réserve et n'intervenir qu'à certains moments.

Ce sont :

1° Les *fils brodeurs* ou gros fils, placés en avant de la chaîne et destinés à donner les reliefs et les contours déterminés;

2° Les *fils de guimpe* serrés au centre de la chaîne, qui donnent le mat ou renforcent le dessin à l'intérieur des contours tracés par les fils brodeurs.

Nous allons définir les mouvements des fils mis en jeu et décrire les organes permettant de les réaliser (fig. 10).

I. Fils de trame. — Les fils de trame sont contenus dans des bobines plates fixées dans des chariots d'acier de forme triangulaire. Ces chariots se déplacent d'avant en arrière du métier dans des rainures appelées *combs*, formant une table creuse, semi-cylindrique, divisée en deux tronçons entre lesquels passent les fils verticaux. Tous les chariots se déplacent ensemble en un seul jeu, en sorte que chaque rainure ne contient qu'un seul chariot, qui y demeure pendant tout le travail. Le nombre des chariots est variable avec la largeur et le gauge du métier.

La largeur du métier s'évalue en *pouces*; on construit des métiers depuis 140 jusque 260 pouces, même au delà.

Le nombre de chariots par pouces détermine le *gauge* du métier que l'on évalue en *points*. Un métier d'un gauge de 9 points possède $2 \times 9 = 18$ chariots sur la largeur d'un pouce. Un métier de 186 pouces 9 points renferme :

$$186 \times 18 = 3\,348,$$

3 348 fils de trame portés par 3 348 chariots. Les métiers les plus communément employés sont des 9 et des 12 points. Pour les articles très fins, on emploie des 14 et 16 points.

Le mouvement d'aller des chariots s'appelle *motion*. Chaque motion détermine le croisement d'un fil de trame avec l'un quelconque des fils verticaux. On fait des fonds variant de 2 à 12 motions. Lorsque le métier a fait 1 920 motions, soit 1 920 tours, la longueur du tulle produit est de un *rack*. On voit qu'un métier faisant 120 tours par minute ferait un rack en $\frac{1\,920}{120} = 16$ minutes; s'il travaillait sans arrêt pendant une heure entière, il produirait :

$$\frac{120 \times 60}{1\,920} = 3{,}75.$$

Au point de vue construction, il y a lieu de distinguer deux types de métiers différenciés par le mouvement de balancement des chariots d'avant en arrière du métier.

Les chariots des métiers de dessin portent un cran sur leur face latérale, au-dessus du niveau des combs (fig. 11).

Deux barres rigides, appelées *catch-barres*, situées de part et d'autre du métier, saisissent les chariots, puis les lâchent alternativement :

1° Dans le *métier Leavers*, les deux catch-barres s'éloignent et se rapprochent en même temps de l'axe central du métier. L'arbre de commande tourne de 100 à 125 tours par minute;

2° Dans le *métier Go-through*, le mouvement des catch-barres est alternatif. Chacune s'arrête près de l'axe central pendant le mouvement de l'autre (fig. 12).

Ces métiers sont plus rapides. Leur arbre de commande tourne de 125 à 150 tours à la minute. Ils peuvent donc faire en marche sans arrêt, 4,7 racks à l'heure, au maximum.

II. Fils de chaine. — Les fils de chaîne sont enroulés sur un gros rouleau ayant la longueur totale du métier :

1° *Barres de fond.* — Lorsque le fond doit être uniforme, la nappe des fils de chaîne est divisée en quatre, et chacun des fils est passé dans le trou correspondant de l'une des quatre barres de fond, en sorte que, lorsqu'une barre de fond se déplace, tous les fils d'un même quart de la chaîne sont animés du même mouvement. Le déplacement des fils de chaîne est provoqué par le jeu du *jacquard* principal.

Pour des fonds spéciaux uniformes, la nappe peut être divisée en 8, 12. ... 4 N, et le métier est monté avec 8, 12,... 4 N, barres de fond;

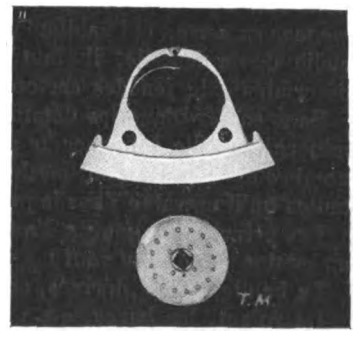


Fig. 11. — Chariot et bobine pour métier à dentelle.

2° *Fines-barres.* — Lorsque le fond doit présenter des effets (mats ou trous), chaque fil de chaîne doit en outre passer dans une barre spéciale dite fine-barre.

Ces fines-barres sont montées en dessous des barres de fond, en sorte que le fil de chaîne enroulé sur le gros rouleau passe à travers la plaque du métier qui le guide, puis dans sa fine-barre, enfin dans l'une des barres de fond.

Les fines-barres ne peuvent être animées que d'un mouvement alternatif de gauche à droite du métier et *vice versa* d'*amplitude constante*, destiné à rejeter le fil de chaîne d'un bord à l'autre du trou de la barre de fond. Ces trous ont comme largeur un *gate*, c'est-à-dire l'espace compris entre deux fils de trame consécutifs. Dans le cas d'un métier quatre barres, l'écartement de deux trous consécutifs sur une même barre est de quatre gates.

Digitized by Google

Les fines-barres sont actionnées par un jacquard spécial situé entre le jacquard principal et le métier.

III. Fils brodeurs et fils de guimpe. — Les fils brodeurs et les fils de guimpe sont enroulés sur les petits rouleaux. Chaque fil passe dans une barre spéciale. Ces barres sont actionnées par le jacquard principal. Elles sont animées de mouvements alternatifs de gauche à droite du métier et *vice versa*, d'*amplitude variable* avec l'épaisseur des *droppers*.

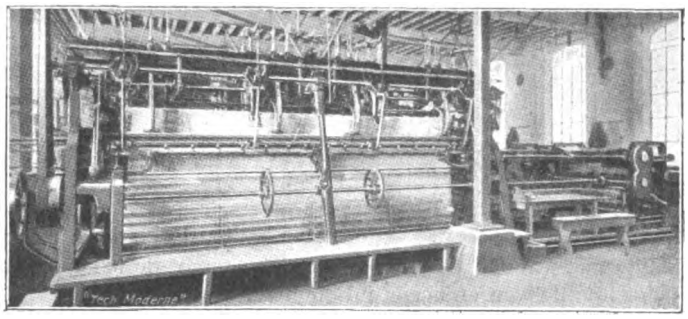


Fig. 12. — Vue du métier Jardine (système Go-through).

Le nombre de ces barres variable avec chaque dessin peut atteindre 200 à 250 au maximum. Les fils brodeurs sont situés en avant de la chaîne ; les fils de guimpe sont au contraire serrés entre les deux moitiés de la chaîne ; dans certains montages, entre les fils brodeurs et les fils de chaîne. Les déplacements de ces fils sont variables et peuvent être considérables, de deux à dix gates.

Ces montages classiques les plus employés peuvent être modifiés pour obtenir soit des dessins différents, soit une économie de matière première.

Nous citerons notamment un montage à *barres indépendantes*, dans lequel on n'emploie pas de fils de chaîne : chaque fil brodeur est monté dans sa barre, qui joue un rôle analogue à celui de la fine-barre, mais avec un déplacement d'amplitude bien plus considérable pouvant atteindre trente gates en plusieurs motions.

Dans un autre type de montage, on peut obtenir des pleins au moyen des fils de chaîne en modifiant la tension du gros rouleau.

En un mot, tandis que le métier circulaire ne nécessite que des ouvriers adroits, le métier de dessin met en œuvre les qualités artistiques de l'*esquisseur*, les procédés techniques du *metteur en carte*, et l'habileté du *tulliste*. Avant l'exécution matérielle de la dentelle, il faut réaliser son exécution idéale en déterminant le jeu des cartons du jacquard.

Sans entrer dans les détails de cette élaboration, nous examinerons quelle influence le genre de dessin peut avoir sur le nombre de barres d'un métier, à cause des variations importantes qu'il entraîne dans la puissance mise en jeu.

Les principaux genres d'articles que l'on peut exécuter sur un métier de dessin sont :

La bande et ses dérivés, entre-deux, galon, etc. ;

Le volant, les laizes, etc. ;

L'écharpe encadrée ou voilette encadrée.

Nous étudierons la confection du plus simple, de la bande.

La *bande* se compose d'une dentelle ayant une dimension déterminée, la *hauteur*, et l'autre indéfinie ; mais, en l'examinant, on constate que, suivant cette deuxième dimension, les motifs se reproduisent périodiquement suivant une *largeur* déterminée. Dans le montage d'un métier de dessin, les bandes sont produites les unes à côté des autres, et sont reliées par des fils d'attache que l'on effile pour les séparer ; la hauteur de la bande est donc déterminée par le nombre de chariots compris entre deux fils d'attache ; la largeur est fonction du nombre de cartons du jacquard, et par conséquent du nombre de motions. On conçoit que la longueur du tulle varie suivant le serrage des mailles ; la longueur au rack ou rendement permet de déterminer le nombre de cartons. Par exemple, si le rendement est de 64 cm, et la largeur de la bande 8 cm, le nombre de motions nécessaires pour obtenir cette largeur sera :

$$\frac{1\,920 \times 8}{64} = 240.$$

Il faudra donc 240 cartons. On voit qu'en augmentant le nombre de cartons, on peut réaliser des bandes aussi larges que l'on voudra.

Nous allons chercher combien de fines-barres peuvent être mises en jeu dans l'exécution de ces bandes :

Reprenant l'exemple d'un 186 pouces 9 points, 4 barres de fond, nous avons vu qu'il y avait :

$$186 \times 18 = 3\,348 \text{ fils de trame,}$$

et par suite

$$3\,348 \times 2 = 6\,696 \text{ fils de chaîne.}$$

Supposons que la bande à exécuter ait une hauteur de 12 cm, ce que l'on peut obtenir avec 88 fils de trame, et par suite : $2 \times 88 = 176$ fils de chaîne. Chacun des fils de chaîne pouvant être pris dans une fine-barre spéciale, le montage pourra exiger au maximum : 176 fines-barres.

Un raisonnement analogue montrerait qu'une bande de 25 cm en hauteur 88 pour un 9 points conduirait à 352 fines-barres. La même bande pour un 12 points, en hauteur 120, conduirait à 480 fines barres.

Pour des articles très spéciaux, le nombre de fines-barres peut dépasser 600.

Indépendamment des fines-barres et des barres de fond, le dessin peut nécessiter l'emploi de barres de gros fils et de fils de guimpe, en nombre parfois considérable, 150 à 200, et si l'on considère que toutes ces barres sont équilibrées par des ressorts antagonistes, on voit combien leur présence peut augmenter la puissance prise par le métier.

La pièce de dentelle « Les Armes de Belgique », dont nous donnons la photographie en tête de cet article (fig. 1, p. 451) a été exécutée sur un métier avec jacquard, système Leavers, largeur 152 pouces 14 points, montage guimpes devant, guimpes derrière, tournant à 115 tours à la minute. Le jacquard de gros fil était monté avec 160 barres ; le jacquard de fines-barres avec 600 fines-barres ; le nombre de cartons employés pour ce dessin fut de 2264 pour les gros fils, et autant pour les fines-barres, la hauteur étant 96 ; enfin, le nombre total de fils dans le métier (chaînes, guimpes et brodeurs), était de 7 108.

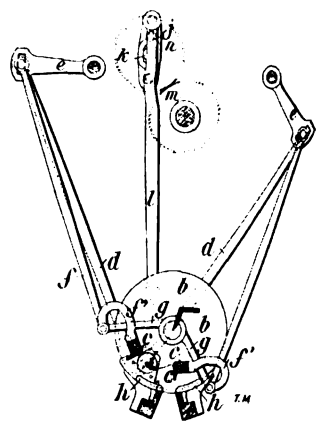


Fig. 13. — Dispositif de commande des catch-barres.

C'est encore à la maison Henninot-Henninot que nous devons « La Corbeille de Fleurs », exécutée sur le même métier pour l'Exposition de Turin en 1911 (fig. 15).

Cette corbeille de fleurs dite « Imitation vrai Chantilly » est la pièce la plus importante faite à ce jour sur un métier à tulle système Leavers. C'est le vrai *mat bobines*, et ce qu'il faut remarquer, c'est la finesse des mats et l'ombre des feuilles avec un fond alençon très régulier, quoique étant fait en même temps que le mat.

Ces deux exemples montrent tout le parti que l'on peut tirer

Digitized by Google

d'un métier de dessin, et prouvent que la dentelle mécanique peut devenir œuvre d'art et être confondue avec la dentelle à la main. Toutefois, pour les nécessités de l'industrie ordinaire, les constructeurs ont été amenés à réaliser des métiers à grande production. La maison Jardine a construit des Leavers atteignant jusque 230 pouces de largeur utile; elle a surtout recherché l'accroissement de vitesse dans l'étude des métiers Go-through. Le dispositif de commande des catch-barres de ces métiers étant original, nous en donnons le dessin (fig. 13) et une brève description.

Tout en conservant l'arbre à cames dans l'axe du métier, on peut obtenir un mouvement rigoureusement semblable des

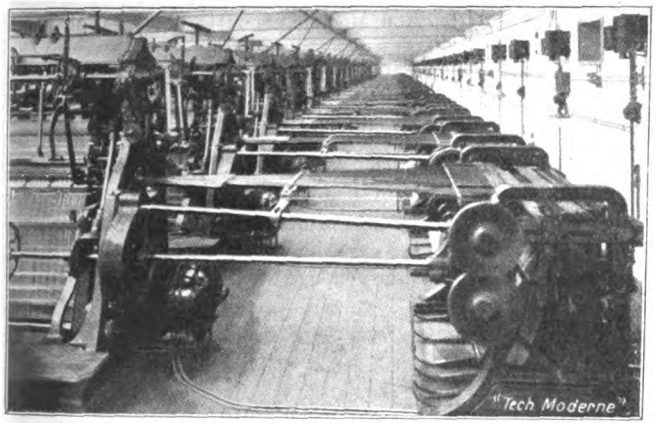


Fig. 14. — Vue de métiers (système Jardine) actionnés par moteurs électriques.

catch-barres, et réaliser un mouvement identique à celui du pendule pour le déplacement des chariots qui passent au maximum de vitesse dans la verticale, et s'arrêtent un instant aux extrémités de leur course. Ce résultat est obtenu grâce à l'emploi de deux engrenages elliptiques, dont l'un est fixé sur l'arbre à cames, tandis que l'autre fait mouvoir le plateau des manivelles. On peut régler le temps d'arrêt des chariots en faisant varier le rapport des engrenages sans toucher à aucun autre organe du métier. Dans un go-through, les fils de bobine passent deux fois à travers la nappe des fils de chaîne à chaque révolution de la manivelle. On peut, dans ces conditions, atteindre des vitesses de 150 tours par minute au volant du métier.

Ainsi que pour les métiers circulaires, la commande électrique est très avantageuse pour le fonctionnement des métiers de dessin. Nous donnons (fig. 14) une vue d'atelier où est appliquée la commande par engrenages avec moteurs de 2,75 HP (1).

Préparation. — La matière première, coton, soie, métal, etc., reçue en écheveaux ou sur bobines doit être distribuée dans les bobines du métier, sur le gros rouleau et sur les petits rouleaux. Elle subit diverses manipulations analogues à celles examinées dans le cas des métiers circulaires.

Nous retrouvons avec les mêmes usages les machines à *dévider*, à *bobiner*, à *ourdir* la chaîne, à *remonter* et à *écosser* les bobines.

Les petits rouleaux sont faits par une machine spéciale, qui permet de faire passer les fils directement de la bobine sur le rouleau.

Enfin, les bobines qui contiennent de la soie sont, après achè-

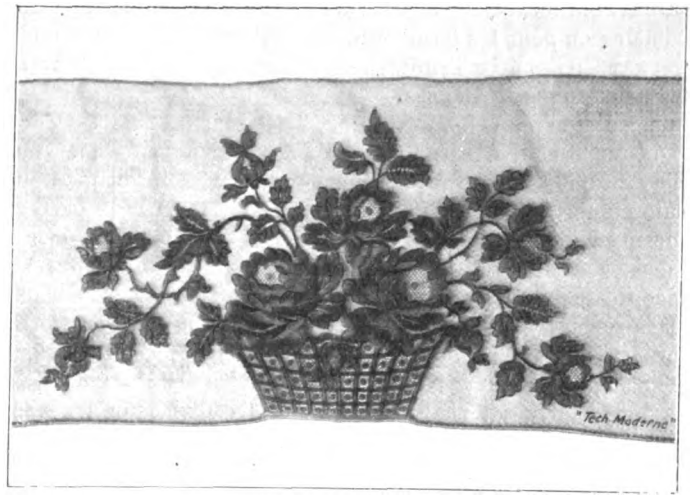


Fig. 15. — Corbeille de fleurs, dentelle en « imitation vrai Chantilly », exécutée pour l'Exposition de Turin, en 1911.

vement du dessin, portées à la machine à *survider*, qui permet de reporter cette soie sur une bobine de bois afin de l'utiliser ultérieurement.

Fabrication. — Lorsque les fils ont été mis en place sur le métier, les cartons sur les jacquards, le métier peut être mis en route sous la surveillance de l'ouvrier tulliste qui conduit un seul métier à la fois.

Les opérations de *raccommodage*, de *teinture* et d'*apprêt* se font en dehors de l'atelier. Elles sont complétées par l'*effilage*, qui permet de séparer les bandes, et par le *découpage*, qui permet d'enlever les fils laissés en réserve entre chaque motif.

La dentelle est alors métrée, pliée, emballée et expédiée.

Léon Melot,
Ingénieur de l'Institut Industriel du Nord.

(1) Consulter : Formules des métiers de dessin et commande électrique : *L'Electricité dans l'Industrie des Tulles, Dentelles et Broderies*, par Léon Melot.

ELECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES GROUPES TURBO-ALTERNATEURS

DE 10 000 ET DE 20 000 CHEVAUX DE LA SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS A SAINT-DENIS

La Technique Moderne a récemment donné la description des nouvelles usines de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité (C. P. D. E.) (1) et en particulier des turbo-alternateurs système Rateau d'une puissance de 20 000 ch chacun. Il

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 5; n° 2 (15 janvier 1913), p. 59; n° 3 (1er février 1913), p. 95; n° 4 (15 février 1913), p. 129.

Digitized by Google

est intéressant de compléter cette étude par la description de la nouvelle turbine de 20 000 ch installée au commencement de 1912 à l'usine de la Société d'Electricité de Paris à Saint-Denis par la Compagnie Electromécanique du Bourget. Cette turbine est d'autant plus remarquable que les constructeurs ont réussi à diminuer sa longueur de façon à la faire tenir dans l'emplacement occupé précédemment par une turbine de 10 000 ch.

Voyons tout d'abord les caractéristiques de l'usine de Saint-Denis, ainsi que celles des groupes de 6 000 kw.

L'installation de la Société d'Electricité de Paris fut étudiée en vue de fournir du courant triphasé et du courant diphasé; le courant continu n'étant produit que pour les besoins intérieurs de l'usine ou pour les besoins locaux (tels que l'alimentation du tramway Enghien-La Trinité) ne rendant pas nécessaire le transport à de longues distances.

Le projet adopté comportait :

Dix turbo-alternateurs, prévus chacun d'une puissance normale de 5 000 kw pouvant atteindre 6 000 kw, soit une puissance totale comprise entre 60 000 et 72 000 kw, les trois quarts en courant triphasé à 10 250 volts, 25 périodes; un quart en courant diphasé à 12 300 volts, 42 périodes; le sixième de cette puissance totale devant constituer une réserve.

Des turbo-dynamos pour le courant continu; des convertisseurs (triphasé-continu et diphasé-continu); un ou plusieurs groupes mixtes ou polymorphiques (triphasé-diphasé-continu). Les douze turbo-alternateurs devaient être divisés en trois sections de quatre groupes, chaque groupe d'une section formant un rectangle dont les alternateurs marqueraient les angles.

L'usine de Saint-Denis a commencé son service en 1905 en fournissant environ 70 000 kw-h par jour au Métropolitain et au Secteur Edison à l'aide de quatre turbo-alternateurs de 6 000 kw. A la fin de 1906, elle possédait dix turbo-alternateurs de 6 000 kw; actuellement et devant la demande toujours croissante d'énergie elle vient d'installer une unité de 12 500 kw, pouvant, à elle seule, assurer le service de tout le Métropolitain, réduisant ainsi les frais de conduite et de surveillance.

La fourniture de tout le matériel producteur de l'énergie électrique a été confiée à la Compagnie Electro-Mécanique, concessionnaire pour la France et ses colonies des turbines à vapeur Brown-Boveri-Parsons.

Turbo-alternateurs Brown-Boveri-Parsons de 6 000 kw. — Ces turbo-alternateurs sont constitués chacun : par une turbine à vapeur entraînant directement un alternateur triphasé, 10 250 volts, 25 périodes, à la vitesse de 750 tours par minute. L'alternateur peut produire plus de 6 000 kw et la turbine développer jusqu'à 10 000 ch. Les dimensions d'encombrement du groupe sont les suivantes : longueur 14m,50, largeur 4m,75, hauteur 3m,50.

Turbine. — La turbine du système bien connu Brown-Boveri-Parsons est axiale à la fois d'action et de réaction. Elle ne comprend qu'un seul tambour équilibré, porté sur deux paliers extrêmes, la vapeur entrant à l'une des extrémités pour ressortir à l'autre après détente complète.

La turbine est pourvue d'un régulateur de vitesse Parsons et d'un dispositif d'arrêt automatique de vapeur fonctionnant pour une vitesse supérieure de 15 % à la vitesse normale.

La vitesse du groupe électrogène reste pratiquement constante entre des limites dont l'écart est, au plus, de 3 %. En coupant brusquement la charge de 6 000 kw à 10 250 volts, l'augmentation de vitesse n'est pas supérieure à 4 %. Elle est réduite dans les mêmes proportions en chargeant brusquement le groupe. On conçoit qu'une telle régularité facilite la marche en parallèle des alternateurs qui, au début de l'apparition des turbines à vapeur, semblait présenter quelques difficultés.

Alternateur. — L'alternateur du type Brown-Boveri débite du courant triphasé à 10 250 volts, 25 périodes, et est construit pour fournir en marche normale 5 000 kw, soit environ 5 500 kilovolt-ampères pour une valeur du cosinus de l'angle de décalage égale à 0,90, mais il peut fournir pendant deux heures jusqu'à 6 000 kw et exceptionnellement pendant quelques instants jusqu'à 7 300 kw.

L'excitation est fournie par un service auxiliaire indépendant à la tension de 220 volts.

Le stator, ou induit, est divisé en deux parties, ce qui facilite la construction et le montage. Dans le bâti, complètement fermé, sont aménagés des canaux de ventilation prenant, dans le sous-sol de le salle, l'air qui est aspiré par deux ventilateurs placés sur l'arbre de l'inducteur. L'air, entrant par le bas, entoure ou traverse l'inducteur et les enroulements de l'induit, dans lequel on a ménagé, à cet effet, des canaux, et est refoulé par un large orifice formant cheminée au-dessus de la carcasse. Des coupe-circuits sont disposés sur les enroulements connectés en étoile. Les bobines qui composent les enroulements sont fixées par des cales en bois dur dans les rainures. L'isolation des enroulements a été résolue de telle sorte que chaque bobine a résisté, avant la mise en place, à une tension de 35 000 volts appliquée pendant cinq minutes et que l'ensemble, entièrement monté, a été éprouvé pendant trente minutes à la tension de 21 000 volts.

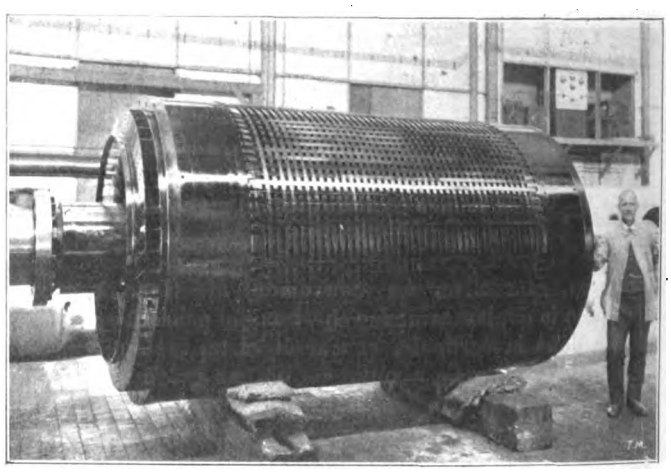


Fig. 1. — Vue du rotor d'un alternateur de turbine à vapeur de 25 000 chevaux.

On peut visiter facilement les enroulements du stator complètement fermé, en enlevant les couvercles placés de chaque côté.

Pour annuler, aussi complètement que possible, les vibrations, autant que pour assurer la résistance mécanique de l'ensemble, le rotor est monté sur un arbre creux, de 1 m environ de diamètre.

Le champ magnétique est produit par des tôles d'acier clavetées sur l'arbre et sectionnées de manière à réserver les intervalles assurant une bonne ventilation. Elles comportent, longitudinalement, des rainures qui reçoivent les bobines d'excitation maintenues par des barres métalliques.

La figure 1 représentant le rotor d'un alternateur de 15 000 kw, permet de se rendre compte des dispositions adoptées.

Les barres sont enfermées dans des calottes faites d'un métal antimagnétique. Contre ces calottes sont fixés les ventilateurs. Enfin, il y a à chaque bout une bague collectrice, de telle sorte que le rotor est tout à fait symétrique. Le courant d'excitation, dont l'intensité peut dépasser 200 ampères, est amené aux bagues en cuivre au moyen de balais en charbon.

Le rendement de l'alternateur et l'augmentation de température, par rapport à l'air ambiant, à pleine charge, ont été mesurés à l'usine de Saint-Denis.

L'élévation de température est au plus de 30° C. Quant au rendement, il est de 96,2 %, en dehors des pertes dues au frottement et à la ventilation et du travail nécessité par l'excitation.

Digitized by Google

Installation des unités principales. — La figure 2 représente une coupe transversale de l'usine de Saint-Denis indiquant clairement la disposition adoptée. Les unités sont groupées deux par deux se faisant vis-à-vis, de part et d'autre d'une fosse centrale, dans laquelle en sous-sol on a rassemblé les organes mécaniques de la condensation.

Conduites à vapeur. — Nous avons vu que les turbo-alternateurs étaient divisés en groupes de quatre. Le groupement des quatre corps à haute pression d'un même groupe de turbines permet de simplifier considérablement les tuyauteries d'admission et d'échappement de vapeur. Les premières, établies en acier soudé à recouvrement, ont une section extrêmement réduite

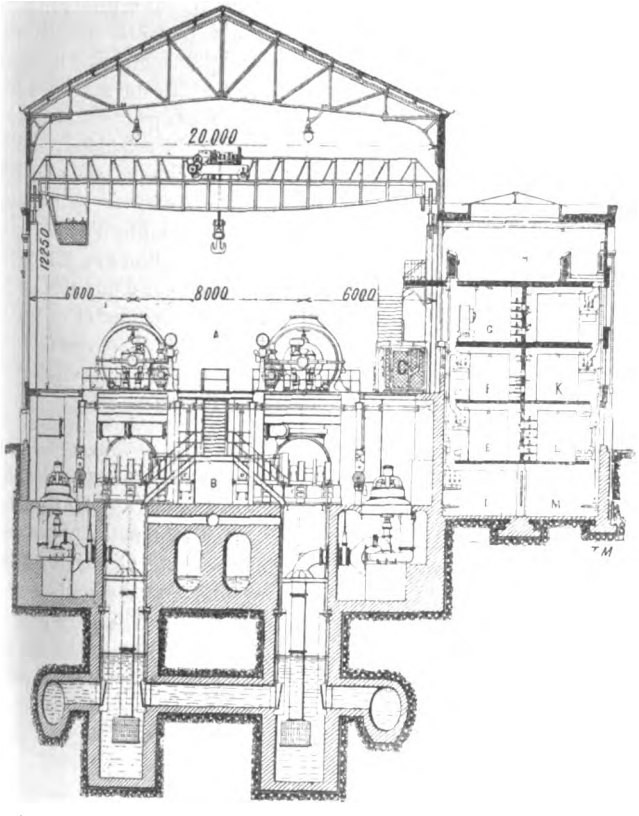


Fig. 2. — *Coupe transversale du bâtiment des machines et du tableau.* — A, salle des machines; *b*, pont roulant de 40 tonnes; B, sous-sol de la salle des machines; D, M, étage inférieur du tableau; D, arrivée du courant des alternateurs; *d*, coupleurs de phases associant les conducteurs correspondants des 3 câbles d'amenée de courant de chaque alternateur; E, L, 2e étage du tableau principal; *e*, interrupteur à bain d'huile et à relais; e^2, e^1, anneau collecteur de courant; F, K, 3e étage; *f*, interrupteur à huile reliant l'alternateur aux barres de charges; φ, barres de charge; G, J, 4e étage; *g*, rhéostat d'excitation de l'alternateur; e^1, partie supérieure de l'anneau collecteur du courant triphasé, prévue en double ultérieurement; H, 5e étage ou étage de manœuvre, exclusivement à basse tension; h^1, pupitre de manœuvre et de contrôle des alternateurs; h^2, pupitre de manœuvre et de contrôle des feeders; h^3, compteurs et enregistreurs à maxima des feeders; *j*, interrupteur principal de feeder; *k*, interrupteur principal des barres de charge; *l*, limiteurs de tension des tensions des feeders; *m*, boîte d'accouplement pour le départ des feeders; N, plancher de la salle des machines, à la cote 34,50; O, sol extérieur de l'usine à la cote 32; P, plancher du sol à la cote 29,50; R. R, turbo-alternateurs de 5 à 6 000 kw (5 000 kw en régime normal et 6 000 kw en surcharge continue); S, S, condenseurs à surface de R. R; T, T, pompes à air des condenseurs S S commandés par moteurs électriques de 32 ch; U, U, pompe de circulation des condenseurs SS; V, V, moteurs électriques commandant les pompes U U; X, X, galeries d'amenée d'eau de la Seine de débit maximum 9 mc par seconde chacune; Y, Y, puits de prise d'eau des pompes de circulation; Z, Z, Z, galerie transversale permettant d'alimenter un puits quelconque avec l'une quelconque des galeries; *vvvv*, vannes coniques réglant les communications Y Z X; *aa*, galeries d'évacuation de l'eau de refroidissement des condensateurs.

le 300 mm de diamètre; les joints sont en cuivre ondulé. La vapeur, qui y circule sous 16 kg de pression, est protégée contre les condensations par un calorifuge en diatomite de Grunzweig et Hartmann. Quant à la tuyauterie d'échappement, c'est une tôle rivée avec joints au plomb.

Condensation. — La vapeur n'étant jamais en contact avec l'huile de graissage, la Compagnie électro-mécanique a adopté son type condenseur à surface, qui laisse pure l'eau condensée et permet de l'utiliser immédiatement pour l'alimentation des chaudières.

Chaque groupe a son condenseur immédiatement au-dessous de la turbine, relié à l'espace réservé dans la turbine pour l'échappement, après le dernier étage des aubages.

Il est aussi relié, par une conduite de 350 mm, à l'avant de la turbine, entre le dernier piston d'équilibre et le joint à cannelures.

Le condenseur est constitué par une enveloppe cylindrique à axe horizontal, de près de 5 m de longueur, et d'un diamètre d'environ $2^m,50$, à l'intérieur de laquelle est disposé le faisceau des tubes de circulation d'eau froide. La vapeur circule à travers ce faisceau dans l'espace formé par l'enveloppe et deux plaques de tête en bronze où les tubes viennent déboucher.

Les tubes droits en laiton étamé, au nombre de 2 650 environ, sont disposés de telle sorte que l'eau, entrant par un bout du condenseur, parcourt un trajet égal à trois fois la longueur de l'appareil pour sortir par l'autre bout du condenseur. Une valve à main, pouvant fonctionner automatiquement en cas d'accident, permet l'échappement à l'air libre.

La décharge d'eau du condenseur se fait par une conduite noyée, qui travaille en siphon et réduit ainsi le travail de la pompe de circulation. Celle-ci aspire l'eau de circulation par une crépine et une tuyauterie de 600 mm. C'est une pompe verticale, fournie par la maison Sulzer, commandée par un moteur électrique à accouplement élastique.

Le graissage automatique se trouve assuré par une vis sans fin portée par l'arbre.

La pompe à air est à trois cylindres et à pistons plongeurs, la partie mobile sans clapets, la partie fixe munie de clapets en caoutchouc. Elle prend l'eau et l'air en même temps, évacue l'air par un tuyau de dégagement spécial, et l'eau par une conduite de décharge qui la dirige sans contre-pression, sur un compteur du système Schilde. L'eau se rend ensuite au réservoir d'alimentation sans qu'aucun nettoyage lui soit nécessaire, puisque, en raison du mode de condensation, elle est indemne de toute trace d'huile.

Fonctionnement des groupes. — Les groupes de 5 000 kw ont été poussés jusqu'à 7 300 kw, surcharge qu'ils supportent parfaitement. Pratiquement, la quantité de vapeur condensée par unité peut atteindre jusqu'à 50 000 kg à la puissance de 7 500 kw, et le vide atteint la valeur inusitée de 95 °/₀ à 6 000 kw, alors que la régulation de la vitesse est assurée avec une exactitude que manifeste un coefficient d'irrégularité inférieur à 3,5 °/₀ quand on supprime brusquement la pleine charge. La Compagnie électro-mécanique avait garanti les consommations de vapeur suivantes :

6,8 kg de vapeur par kilowatt-heure à la charge de 5 000 kw.
8,25 — — — 2 500 kw.

Les essais effectués et la marche normale des turbos depuis 1906 ont permis de se rendre compte que les consommations réelles de vapeur sont sensiblement inférieures à ces chiffres.

Le nouveau groupe turbo-alternateur de 20 000 ch. — Devant la demande toujours croissante d'énergie électrique, la Société d'électricité de Paris a confié à la Compagnie électro-mécanique du Bourget la fourniture d'une nouvelle turbine de 20 000 ch et de son condenseur, réalisant de ce fait la puis-

Digitized by Google

sance prévue au projet primitif qui, nous l'avons vu, comportait 12 turbo-alternateurs de 10 000 ch, soit 120 000 ch de puissance totale.

Cette nouvelle turbine (fig. 3) du type combiné Brown-Boveri-Parsons, étudiée de façon à permettre une réduction de longueur sensible par rapport aux turbines du type Parsons pur,

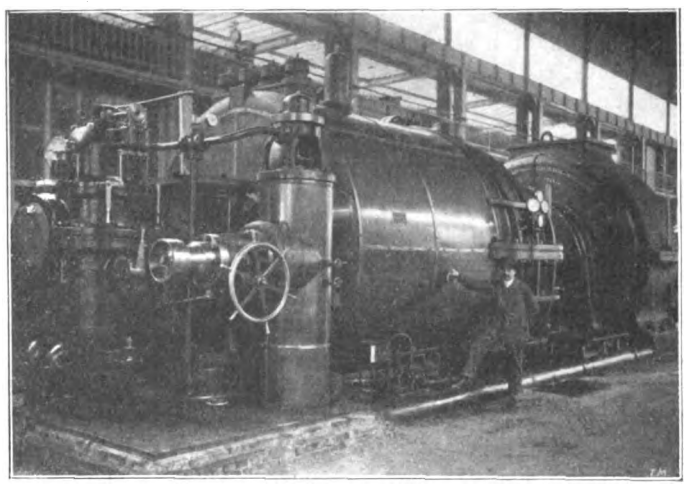


FIG. 3. — Vue, à l'usine de Saint-Denis, du turbo-alternateur système Brown-Boveri-Parsons de 20 000 chevaux (750 tours).

a eu comme avantage de pouvoir tenir dans l'emplacement réservé précédemment à un groupe de 10 000 ch semblable aux 10 groupes déjà en fonctionnement.

La figure 4 donne une vue générale actuelle de la salle des machines. On voit au centre et à droite le groupe de 20 000 ch et le peu de différence qu'il a par rapport aux autres de puissance moitié moindre. La puissance normale de cette turbine est de 14 200 ch, et elle peut être poussée jusqu'à 20 000 ch. Elle est accouplée directement à un alternateur triphasé de 10 250 volts, 25 périodes par seconde, et le groupe tourne à la vitesse de 750 tours par minute. Les consommations de vapeur qui ont été garanties par la Compagnie électro-mécanique sont les suivantes :

5 800 kg	de vapeur par	kilowatt-heure	à la charge de	12 500 kw.
5 700	—	—	—	10 000 kw.
6 250	—	—	—	5 000 kw.

Le groupe peut supporter, sans échauffement dangereux, les surcharges suivantes :

En marche continue	10 %
Pendant deux heures	25 %
Pendant une heure	30 %
Pendant une demi-heure	40 %
Pendant un quart d'heure	50 %

Les dimensions d'encombrement du groupe complet sont :

Longueur totale 13 m 600, se décomposant en 8 m 500 pour la turbine et 5 m 100 pour l'alternateur. La largeur est de 3 m 400.

CONDENSEURS. — La nécessité de créer des installations de condensation de dimensions convenables, étant donnée l'influence d'un vide élevé sur le rendement économique de la turbine à vapeur, a amené la Compagnie électro-mécanique à entreprendre elle-même l'étude et la construction de ses condenseurs pour turbines.

Les appareils qu'elle a mis sur le marché se caractérisent par une étude soignée et une disposition appropriée de toutes les parties, ils offrent toutes les garanties de bon fonctionnement et de durée et ils ont l'avantage de présenter une grande capacité sous des dimensions réduites.

Nous avons vu que, pour les groupes de 10000 ch, on avait adopté le condenseur du système à surface. Dans ce système de condenseur, la vapeur d'échappement de la turbine pénètre dans un récipient le plus souvent horizontal, appelé corps du condenseur, et muni d'un grand nombre de tubes refroidisseurs, à travers lesquels circule l'eau de refroidissement; en raison de la basse température qui y règne, la vapeur se condense au contact de la surface externe de ces tubes. L'eau ainsi formée s'amasse dans la partie inférieure du corps du condenseur et doit en être extraite au moyen d'une pompe. En dehors de la vapeur condensée, il se trouve, dans le condenseur, de l'air qui, d'une part, est amené par l'eau d'alimentation des chaudières et, d'autre part, pénètre d'une façon continue par suite des défauts d'étanchéité des tuyauteries et des joints; cet air doit donc être également extrait d'une façon continue. Il faut aspirer, en même temps que cet air, la vapeur qui n'a pas été complètement condensée; ce travail d'évacuation est exécuté par la pompe mentionnée plus haut, qui prend, par suite du service qu'elle effectue, le nom de pompe à air humide. La vapeur d'échappement n'entre donc pas en contact avec l'eau de refroidissement du condenseur. L'eau qui se forme dans le condenseur et qui est aspirée par la pompe à air humide est, d'après ce que nous avons vu précédemment, complètement exempte d'huile et peut être immédiatement utilisée pour l'alimentation des chaudières. Cet avantage de la condensation à surface est d'une très grande importance, surtout pour les unités de moyenne et de grande puissance; de plus, avantage considérable, ce système de condensation permet d'obtenir un vide élevé qui influe favorablement sur le rendement économique de l'installation.

PARTIES ESSENTIELLES DU CONDENSEUR A SURFACE. — Les parties essentielles du condenseur à surface sont exécutées de la façon suivante : le corps du condenseur de forme cylindrique contient les tubes de refroidissement déjà mentionnés; ceux-ci sont en laiton et sont étamés extérieurement et intérieurement. A leurs deux extrémités, ces tubes sont fixés dans des plaques en bronze appelées plaques tubulaires. La fixation et le joint des tubes sur ces plaques se fait au moyen de presse-étoupes, avec garniture en coton, et de telle façon qu'ils puissent librement se dilater et suivre sans difficulté les variations de température auxquelles ils sont soumis. On évite complètement ainsi les fuites qui se produisent lorsque l'on fixe par mandrinage les tubes refroidisseurs dans les plaques tubulaires en fer. Sur ces deux plaques tubulaires sont boulonnés, de part et d'autre, les couvercles du condenseur, qui portent respectivement les tubulures pour l'entrée et l'évacuation de l'eau de refroidissement. La circulation de l'eau à travers les tubes refroidisseurs est obtenue à l'aide d'une pompe centrifuge ordinaire directement commandée par un moteur.

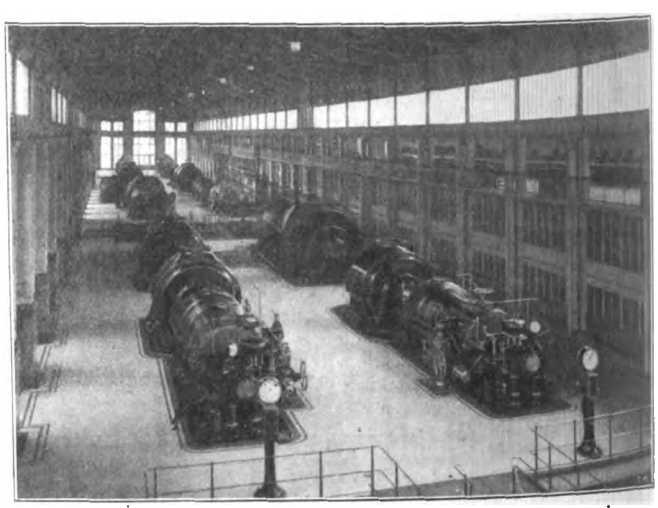


FIG. 4. — Vue générale de la salle des machines de l'usine de Saint-Denis.

Digitized by Google

La pompe à air humide est à deux étages et, suivant les dimensions du condenseur, à un ou plusieurs cylindres ; elle n'a pas de clapets d'aspiration, mais seulement des clapets de refoulement ; son fonctionnement consiste à aspirer dans le vide du condenseur la vapeur condensée pure, ainsi que l'air et la vapeur non condensée, et à refouler ce mélange à l'atmosphère, ce qui a lieu, ainsi que l'indique la désignation « à deux étages », par deux refoulements successifs. L'eau est d'abord aspirée à une pression intermédiaire inférieure à la pression atmosphérique, pour être ensuite refoulée dans le second étage à la pression atmosphérique.

L'avantage de la disposition à deux étages est que les clapets s'usent moins et que l'étanchéité des pièces mobiles est plus facile à obtenir. La pompe à air humide peut être actionnée au moyen d'un moteur électrique soit directement, soit par l'intermédiaire d'une courroie ou d'une chaîne ; là où les dispositions locales le permettent, on peut aussi actionner la pompe à air humide et la pompe centrifuge par un seul moteur accouplé directement à cette dernière.

Condenseur de la turbine de 20 000 ch. — L'emploi souvent inévitable, pour les condenseurs horizontaux à surface, d'eau réfrigérante impure qui encrasse les tubes, oblige à les nettoyer assez fréquemment. Cette nécessité est évidemment une gêne pour la marche, à moins qu'on ne dispose d'un condenseur de rechange que l'on met en service à la place du condenseur à nettoyer ; mais alors un tel appareil augmente le coût et complique énormément la tuyauterie de l'installation. D'un autre côté, un condenseur de rechange, pour une turbine de grosse puissance, nécessite une place qui n'est pas négligeable. Aussi a-t-on employé, pour le groupe turbo-alternateur de 20 000 ch de l'usine de Saint-Denis, un modèle de condenseur tout à fait original permettant son nettoyage sans arrêter la marche de la turbine. Ce condenseur, dont la figure 5 représente la face avant, a été breveté par la Société Brown-Boveri et Cie en 1910.

C'est un condenseur à surface, dont la chambre tubulaire est munie d'une cloison séparatrice horizontale et dont les deux fonds portent chacun une porte à deux battants, de manière à pouvoir mettre une partie du condenseur hors service pendant la marche, procéder à son nettoyage et continuer la marche normale avec l'autre.

Les deux compartiments à eau, placés à chaque extrémité du condenseur, sont eux-mêmes subdivisés par de petites cloisons horizontales dans le but d'obliger l'eau réfrigérante, qui entre par deux tubulures séparées à la partie inférieure de la chambre du fond, à changer plusieurs fois de direction pour sortir par deux conduites placées sur la chambre avant.

La pompe à air aspire par deux conduites différentes, visibles à la partie inférieure (fig. 5), et crée dans la chambre tubulaire supérieure un vide aussi parfait que possible. Celle-ci, ainsi que les compartiments à eau, sont également traversés par une cloison de séparation verticale assurant, dans le compartiment à eau arrière, la complète indépendance des compartiments inférieurs et supérieurs de chaque côté de la cloison verticale.

En outre, à l'intérieur du compartiment supérieur de la chambre tubulaire, la cloison verticale est moins haute, afin de ne pas gêner l'entrée de la vapeur.

D'autre part, cette cloison verticale n'est pas raccordée dans le bas avec l'enveloppe du condenseur, mais il existe au contraire, à cet endroit, une communication entre les compartiments de chaque côté de cette cloison, pour que l'eau qui y est condensée de chaque côté soit au même niveau, de manière à former un véritable joint hydraulique, capable d'assurer l'étanchéité pendant la marche avec une seule moitié du condenseur.

En marche normale, on se sert du condenseur entier ; l'eau réfrigérante entre à la fois par les deux conduites aboutissant à la chambre à eau arrière, parcourt d'abord les compartiments inférieurs de celle-ci, puis les tubes accessibles du compartiment supérieur, rencontre la petite cloison de la chambre à eau avant, qui la force à faire demi-tour vers les compartiments supérieurs de la chambre à eau avant et à retourner à travers d'autres tubes aux compartiments de la chambre à eau arrière, où elle doit à nouveau changer de direction pour se rendre au compartiment de la chambre avant, d'où elle s'échappe à travers les deux conduites dont nous avons déjà parlé plus haut.

Pour procéder au nettoyage du condenseur, on ferme par exemple l'admission de l'eau de l'une des conduites d'arrivée et l'aspiration d'air placées du même côté du condenseur ; on ouvre les battants avant et arrière correspondants et on peut alors nettoyer dans cette partie l'intérieur des tubes pendant la marche de l'installation.

La vapeur admise au condenseur possède le même débit qu'auparavant et elle est entraînée, à partir du point d'admission, par le vide qui règne d'un côté de la cloison séparatrice supérieure immédiatement vers la partie du condenseur qui est en marche et y est condensée. Du côté opposé à la cloison, la vapeur

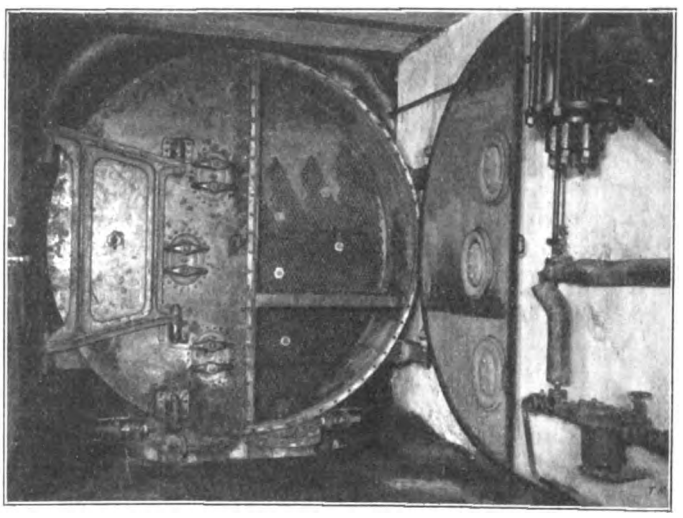


Fig. 5. — Vue face avant du condenseur de la turbine de 20 000 chevaux de l'usine de Saint-Denis. (Appareil à nettoyage pendant la marche.)

est empêchée de pénétrer plus loin par la nappe d'eau qui en effectue même en partie la condensation.

On nettoie à son tour la partie du condenseur qui était en service auparavant. Pour cela, on met en service, par une manœuvre convenable des vannes et des portes, le condenseur ; on isole comme précédemment la nouvelle partie à nettoyer ; le groupe est alors en ordre pour effectuer l'opération.

Ce modèle de condenseur, par sa conception ingénieuse, permet une marche absolument sûre des grosses unités modernes qui tendent de plus en plus à s'imposer dans les stations centrales de production d'énergie électrique, car, si un accident vient à se produire au condenseur, on peut isoler la partie avariée et continuer la marche avec l'autre, pendant que l'on effectue la réparation nécessaire.

Transport de la turbine de 20 000 ch du Bourget a Saint-Denis. — L'ensemble complet de la turbine de l'alternateur et de son condenseur pèse environ 300 t, la turbine seule 140 t et l'alternateur 90 t.

Le poids du rotor est de 40 t et celui de la partie inférieure du stator de 41 t 1/2. Si l'on songe que le chariot qui portait ces pièces pesait plus de 12 t et les pièces de calage environ 3 t, on comprendra que ces transports aient nécessité des attelages de 32 ch pour le premier et de 35 ch pour le second.

En raison de leurs dimensions (le rotor avait 3m,060 de dia-

Digitized by Google

mètre et 7m.675 de longueur; le demi-stator, 5m,605 de longueur, 2 m de hauteur et 4 m de largeur), ces pièces indivisibles n'ont pu être transportées par chemin de fer depuis les ateliers de la Compagnie Electro-Mécanique du Bourget jusqu'à l'usine de Saint-Denis; d'ailleurs les gares de Saint-Ouen-les-Docks ou de la Chapelle ne possèdent pas d'engins de levage suffisants pour la manutention de tels fardeaux, ni aucune autre gare de la région. En outre, la hauteur du chargement rendait impossible le passage sous certains ponts. La Compagnie Electro-Mécanique sollicita alors l'autorisation d'effectuer ces transports par les voies de terre. Après de nombreuses études et démarches, l'itinéraire fut déterminé d'accord avec l'Administration des Ponts et Chaussées. Cet itinéraire représente une longueur totale de 8 900 m environ. Il comportait :

1° La traversée du passage à niveau du chemin de fer de Grande Ceinture au Bourget;

2° Le passage sur le pont à tablier métallique du canal Saint-Denis, route de la Révolte;

3° Le passage sur le pont de la Révolte, au-dessus des voies du chemin de fer du Nord.

Cet itinéraire n'empruntait que des chaussées pavées; aucune chaussée empierrée.

Le transport de la charge de 53 t 1/2 a été fait sur un chariot à quatre roues et les charges étaient réparties de telle manière que les roues d'avant portaient chacune 12 t et les roues d'arrière 14 t 800. La largeur de la jante du chariot étant de 0m,31, on avait, par centimètre carré de génératrice des roues d'arrière, un poids de 477 kg environ.

Dans un centre plein de ressources comme Paris, il n'y a guère que deux maisons de camionnage qui disposent du personnel, des chevaux et du matériel convenables pour pouvoir mener à bien des entreprises de cette importance.

Dans le cas présent, on n'était pas sans avoir quelque appréhension au sujet de la solidité des chaussées empruntées, car la charge par centimètre carré dépassait considérablement celle qu'il est question d'admettre comme limite dans le nouveau code de la route.

Le pont s'est bien comporté. On n'a constaté aucune détérioration dans la rivière. Le nivellement des repères qui a eu lieu quelque temps après le passage du convoi n'a accusé aucune déformation permanente.

Les chaussées pavées empruntées se sont également bien comportées.

Nous dirons en terminant que le transport des trois pièces principales de la turbine de 20 000 ch a coûté de 9 000 à 10 000 fr. Ce chiffre ne comprend que le camionnage proprement dit et les frais qui s'y rattachent immédiatement. Il ne tient compte ni des frais généraux, ni des démarches, et frais du personnel, ni du transport du complément de la fourniture, ni enfin des sommes qui ont été réclamées par l'Administration des Ponts et Chaussées à la Compagnie Electro-Mécanique.

La création d'unités de plus en plus puissantes soulève le problème extrêmement complexe du transport des pièces indivisibles les plus lourdes. Le constructeur doit donc, avant de mettre à exécution ses plans, se rendre compte, d'après la situation du lieu d'utilisation de la machine par rapport à son usine de construction, comment il effectuera le transport. Il devra au besoin rectifier son étude pour que celui-ci soit pratiquement réalisable.

V. Sylvestre.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LES CHARIOTS TRANSBORDEURS ÉLECTRIQUES DANS LES CHEMINS DE FER[1]

(*Suite et fin.*)

Transbordeur a poutres intérieures. — Le prototype de cet appareil est le transbordeur *Dünn*, plus connu encore sous le nom classique de *chariot P.-L.-M.*, et qui se trouve répandu à un grand nombre d'exemplaires. Cet appareil se construit couramment à deux files de rails jusqu'à 7 m d'écartement, longueur utile de la table de roulement 9 m, pour voitures de 25 t à deux essieux.

Sa construction est caractérisée nettement (fig. 9, coupe transversale) par la position du rail de la table de roulement, qui est fixé sur l'aile de la cornière extérieure de la poutre. L'avantage principal de ce dispositif est d'assurer une faible valeur à la cote *b* de différence de niveau; par contre, il a l'inconvénient de charger la poutre d'une façon dissymétrique et d'occasionner une tendance à la torsion ou dévers des âmes. Cette tendance nécessite l'emploi de fers roidisseurs verticaux à l'intérieur, et d'un contreventement horizontal d'une certaine importance entretoisant les deux poutres principales sur toute la hauteur de leurs âmes.

La figure 9 reproduit l'ensemble d'un chariot Dünn, de 6 m de longueur utile, pour véhicules de 25 t. Les poutres sont formées d'âmes et de cornières en acier doux, de fort échantillon; la partie supérieure est fortement infléchie aux deux extrémités pour respecter le gabarit inférieur lors de la montée du véhicule sur les aiguilles. Au droit de chaque file de rails, deux entretoises robustes supportent les paliers des galets de roulement, au nombre de quatre par file, montés tous à l'intérieur, à cause même du mode de construction. En général, on ne prend aucune précaution particulière pour faire porter tous les galets; cependant, il existe des transbordeurs dans lesquels les paliers sont boulonnés avec intermédiaire élastique (forts ressorts ou rondelles Belleville), de façon à assurer une meilleure répartition des charges.

Dans ce type de chariot transbordeur, la nécessité de loger tous les galets de roulement sous le gabarit fait qu'ils sont de petit diamètre, et le rapport $\frac{r}{R}$ des rayons des tourillons et des galets est en général de 1/6 ou même moins. Aussi, pour conserver un coefficient de roulement suffisant, on fait souvent usage de paliers à rouleaux remplaçant le frottement de glissement des tourillons par un frottement de roulement. On parvient ainsi à maintenir, pour le coefficient de traction, une valeur acceptable de 0,015 et au-dessous.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 11 (1er juin 1913), p. 416.

Digitized by Google

L'emploi des chariots Dünn tend à se restreindre pour une des raisons indiquées au paragraphe précédent : l'abaissement progressif des gabarits inférieurs. Le chariot de 6 m, représenté figure 9, exige en effet une hauteur de 270 mm entre le plan de la table de roulement et le dessous du gabarit, alors qu'un grand nombre de véhicules actuellement en service ne laissent pas une telle latitude. Aussi la plupart de ces appareils en service dans

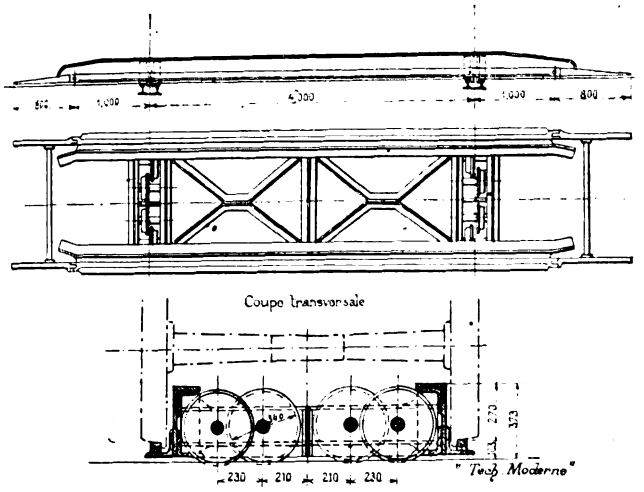


Fig. 9. — Chariot transbordeur, type Dünn, de 6 mètres pour voitures de 25 tonnes.

les compagnies de chemins de fer servent à la manutention de wagons à marchandises d'anciens modèles et de petites dimensions.

Transbordeurs a poutres sous rails. — Ce type de transbordeur est actuellement celui qui se rencontre de plus en plus dans la pratique, mais sa réalisation conduit, dans beaucoup de cas, à une construction compliquée et coûteuse qu'il a été impossible d'éviter.

Le type le plus caractéristique de ce genre d'appareil est l'ancien transbordeur modèle P. O. (la Compagnie de Paris à Orléans en possède encore plusieurs en service), dont la figure 10 donne le schéma; la conception en est simple, mais on se rend compte qu'elle ne puisse plus répondre aux nouvelles exigences du matériel roulant, long et lourd, avec essieux très chargés. La poutre est constituée par le rail lui-même, sous forme d'un profilé rectangulaire en acier de 140 mm de hauteur sur 80 mm de largeur, dont la partie supérieure est légèrement galbée pour servir de rail de roulement. Elle est soutenue tous les $2^{m},60$ environ par des sommiers transversaux formés chacun de deux larges

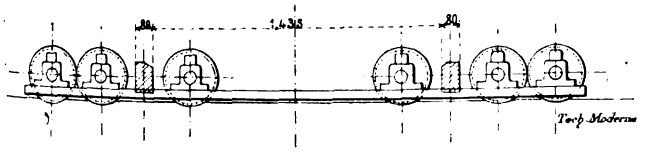


Fig. 10. — Coupe transversale d'un chariot à niveau ancien type du chemin de fer de Paris à Orléans.

plats de 210 × 35, chaque large plat boulonné a une file de paliers. Les galets de roulement sont au nombre de six par file, répartis à l'extérieur et à l'intérieur du châssis. L'ensemble est entretoisé par un croisillonnement en fers plats et forme un appareil assez léger, mais qui ne conviendrait pas pour un service chargé en voitures lourdes.

De ce mode de construction élémentaire dérive celui des chariots à niveau modernes; les poutres sous rails sont constituées (fig. 11) par des profilés en acier doux d'épaisseur renforcée, assemblés par rivets, tandis que les larges plats transversaux indiqués plus haut sont remplacés par de véritables plateaux d'acier laminé ou forgé, de très fortes dimensions.

Ce mode de construction, lourd et coûteux, mais inévitable, exige, en outre, un jeu notable sous la charpente, à cause des flexions considérables qui se produisent sous charge. Les poutres sous rails sont exécutées couramment avec une hauteur égale à 1/25 de la portée, c'est-à-dire une hauteur moitié moindre que celle qu'on admettrait dans une poutre normale de même résistance.

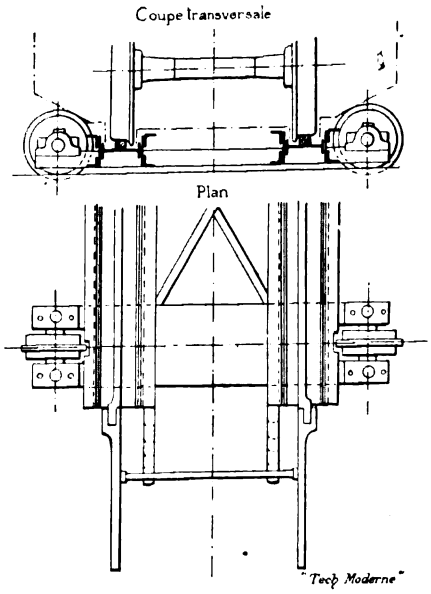


Fig. 11. — Détails de construction d'un chariot à poutres sous rails.

Or, si l'on considère (fig. 12) deux poutres, l'une *a* normale, et l'autre *b* de hauteur moitié moindre, travaillant à une même fatigue moléculaire sous l'action d'un même moment de forces extérieures, c'est-à-dire possédant un même module de section $S = \frac{I}{n} = \frac{I_1}{n_1}$, on voit que, dans la seconde, $n_1 = \frac{n}{2}$ et que, par conséquent, le moment d'inertie $I_1 = \frac{I}{2}$. D'autre part, la formule générale établissant la valeur de la flèche sous charge, soit $f = \frac{Pl^3}{KEI}$, indique que la flexion est inversement proportionnelle au moment d'inertie. La poutre *b* prendra donc une flèche deux fois plus grande que celle permise par la poutre *a*, toutes choses égales d'ailleurs.

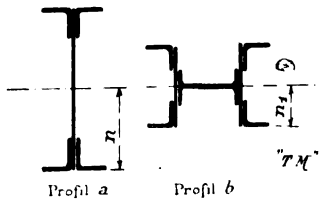


Fig. 12. — Comparaisons de poutres de hauteur différente et de même module de section $\frac{I}{n}$.

Ce fait est plus sensible encore dans les plateaux d'acier tenant lieu de poutres transversales, qui sont relativement minces par rapport à leur largeur. Aussi faut-il considérer comme tout à fait normal d'obtenir, pour l'ensemble d'un transbordeur à niveau, une somme de flèches égale à 20 ou 30 mm, ce qui conduit à garder un jeu à vide de 30 à 40 mm.

Comme type de ce genre de constructions, nous citerons le transbordeur construit par la Compagnie d'Orléans pour le service des locomotives électriques au cul-de-sac de la gare du Quai d'Orsay (1); la figure 13 en donne une coupe schématique. Les poutres sous rails sont formées de cornières de 80 × 80 × 10 relativement peu robustes, mais supportées par sept plateaux d'acier de 650 × 70, espacés de $1^{m},50$ d'axe en axe. Cet appareil est destiné au transbordement de locomotives électriques de 48 t (4 essieux de 12 t) et, accessoirement, de locomotives à vapeur

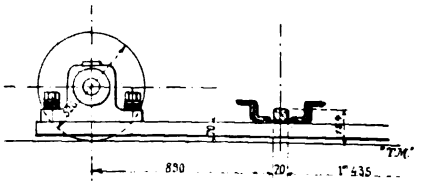


Fig. 13. — Coupe transversale du transbordeur de 50 tonnes de la gare d'Orsay à Paris.

(1) *Revue générale des chemins de fer*, n° 5, 1901.

Digitized by Google

de 52 t à 3 essieux. Ce matériel exigerait une différence de niveau extraordinairement réduite : aussi eut-on recours, dans l'établissement des voies, à un artifice que l'on examinera plus loin.

Les plateaux transversaux sont en acier forgé offrant une résistance à la rupture de 56 kg par millimètre carré avec allongement de 20 °/₀. Ils sont soumis à un travail moléculaire de 11 kg par millimètre carré au passage d'un essieu de 12 t, et, atteignant par moment 16 kg par millimètre carré sous l'essieu de 18 t de la locomotive-tender. Les paliers des galets à coussinets d'acier, avec interposition de rouleaux, sont fixés élastiquement par des boulons serrant sur rondelles Belleville. Le poids à vide est de 25 t environ.

Telle est actuellement la construction normale des chariots à niveau; toutefois, les plateaux d'acier transversaux sont, en général, plus écartés que dans l'exemple précédent.

Ces plateaux sont, comme nous l'avons vu plus haut, soumis à des flexions notables sous charge; il faut considérer, en effet, qu'ils reposent généralement sur des galets écartés de 3 m à 3m,50, alors que leur épaisseur ne dépasse pas 80 à 90 mm, pour une largeur de 500 à 700 mm. Aussi, a-t-on cherché à réduire cette flexion par l'emploi d'un galet de roulement intermédiaire placé au milieu de la portée, dans l'axe de la voie de la table de roulement. Cette solution toujours difficultueuse, et souvent impossible quand le gabarit est très bas, ne permet pas de placer les paliers du galet, ni de donner un diamètre suffisant à ce galet.

Quoi qu'il en soit, ce galet supplémentaire n'est pas utilisé comme les autres roues porteuses, mais simplement comme limiteur de flexion. A cet effet, on règle l'appareil pour que ce galet ne porte pas à vide, et ne vienne en contact avec le rail que lorsque le plateau d'acier a pris une certaine flèche, correspondant à une charge dont il est facile de déterminer l'ordre de grandeur. C'est le cas particulier d'une poutre à trois appuis, dans laquelle l'appui milieu, au lieu de donner une réaction correspondant au relèvement total de la flèche fictive que la pièce prendrait sans cet appui, donne une réaction moindre, correspondant à un relèvement partiel de cette flèche, et que l'on fixe *a priori*.

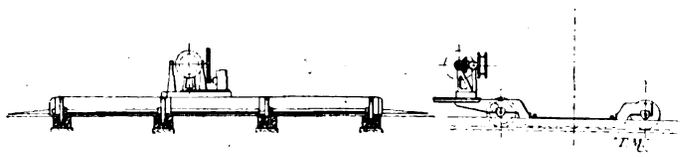


FIG. 14. — Chariot à ornières (type des chemins de fer de l'État).

On citera comme exemple de cette construction le chariot transbordeur de 50 t de la Société de Savigliano, ayant figuré à l'exposition de Milan. Cet appareil, de 18 m de longueur, repose sur sept plateaux d'acier auxquels on a donné une légère contre-flèche à vide, de façon à ne faire supporter qu'une partie de la charge aux galets intermédiaires (deux par file de galets). Ces galets centraux sont d'ailleurs munis d'une suspension par rondelles Belleville (1).

Enfin, pour terminer l'examen des chariots transbordeurs du second genre, on peut signaler les transbordeurs du type *à ornières* en service dans certains dépôts de matériel roulant (Nord, Etat, Est).

Ces appareils (fig. 14) sont caractérisés par des poutres transversales de grande hauteur soutenant les longerons sous rails et logées, ainsi que les galets, dans des caniveaux de 80 à 100 mm de largeur au fond desquels sont posés les rails de la voie du chariot. On conçoit que cette solution nécessite des coupures importantes dans les voies desservies, ce qui prohibe son emploi ailleurs que dans des ateliers ou dépôts, et d'autre part la position très basse des essieux constitue une quasi impossibilité pour l'application de la commande électrique.

(1) *Revue générale des chemins de fer*, n° 4, 1908.

TRANSBORDEURS A POUTRES EXTÉRIEURES. — Ces appareils sont construits comme les transbordeurs à fosse du même genre (fig. 5), mais on s'attache à donner aux entretoises supportant les longerons sous rails une hauteur aussi faible que possible, en multipliant leur nombre. La figure 15 donne les détails de construction d'un appareil de ce genre, pour voitures de 26 t, de la Kansas City Railway (1), constitué entièrement en profilés normaux, et dont la construction est assez simple.

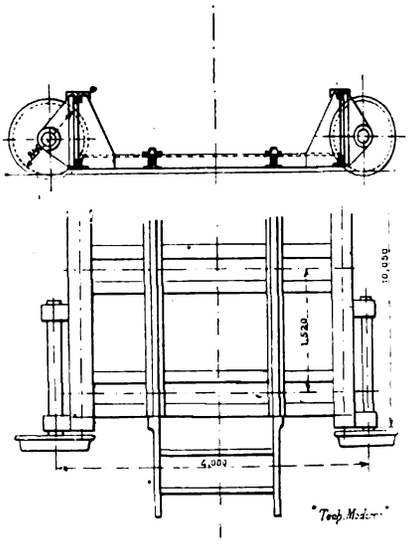


FIG. 15. — Transbordeur à niveau de 26 tonnes, à poutres extérieures.

Les poutres principales sont soumises à des efforts de torsion inévitables dans ce mode de construction. Aussi, a-t-on cherché comme dans le chariot Dünn, à les entretoiser par des pièces transversales à la partie supérieure, soumises à un effort de compression. Les ateliers Borsig, de Berlin, ont ainsi construit des transbordeurs pour locomotives tenders, dans lesquels les poutres principales sont de hauts longerons en treillis, avec consoles d'arcboutement au-dessus de l'espace libre, maintenues au dehors au moyen de consoles renversées, supportées par les chaises des quatre galets de roulement.

Mais la solution rationnelle employée dans les chariots transbordeurs du troisième genre est sans aucun doute dans le *transbordeur à arcades* de la Compagnie du Nord (fig. 16). Dans cet appareil, véritable transbordeur *cantilever*, les entretoises transversales sont supprimées et remplacées par des consoles travaillant en porte-à-faux, fixées aux poutres principales extérieures. Ces dernières étant soumises à un effort de torsion, on leur a donné la forme circulaire qui convient logiquement à ce genre de travail, et les réactions du système sont reçues à la partie supérieure par des traverses en treillis travaillant par compression. Les rails de la table de roulement sont réunis par des entretoises légères avec plancher de service en tôle.

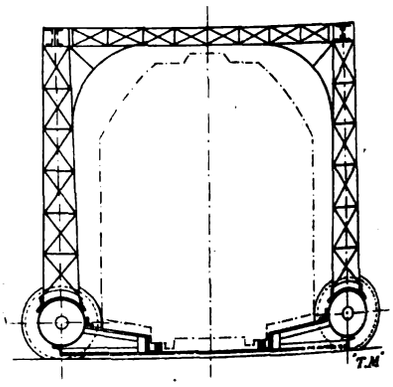


FIG. 16. — Coupe transversale d'un transbordeur à arcades.

Le transbordeur à arcades type Nord, de 6m,50 de longueur de table, comporte deux poutres tubulaires de 700 mm de diamètre, en tôle de 8 mm; elles sont écartées de 4m,360 d'axe en axe, ce qui donne aux consoles, dont la cornière extrême supporte le rail, une longueur ou portée de 1m,430.

Cette solution donne un appareil assez encombrant, engageant

(1) *Electric Railway Journal*, 28 janvier 1911.

Digitized by Google

le gabarit de la voie voisine si la distance d'axe en axe des voies est inférieure à 4m,35, mais elle offre l'avantage d'une faible hauteur entre le rail du transbordeur et le plan général des voies, soit 90 mm. Par contre, elle nécessite un mode de construction un peu spécial et qui ne répond plus aux exigences de robustesse et de compacité requises pour la translation électrique à une vitesse relativement élevée.

Il apparaît, en résumé, que la tendance moderne pour les transbordeurs à niveau destinés au service des véhicules longs et lourds, devant être manutentionnés rapidement par le moyen de l'électricité, réside exclusivement dans l'emploi des chariots du second genre (à poutres sous rails).

IV. — Commande électrique des transbordeurs à niveau.

Conditions d'établissement. — Ces appareils comportent généralement, comme les transbordeurs à fosse, un mouvement de halage et un mouvement de translation, commandés soit par moteur unique, soit par une série de moteurs correspondants pour chaque mouvement. L'espace disponible est toujours très réduit, car il y a lieu de tenir compte de ce que le transbordeur doit occuper le minimum d'encombrement en dehors de la voie desservie. On admet comme règle qu'il ne faut encombrer au maximum qu'une seule des voies voisines de celle desservie, et encore cette tolérance est-elle souvent une cause de gêne dans les gares à trafic intense.

Les vitesses admises sont de 1 m environ par seconde pour chaque mouvement; on dépasse souvent cette vitesse dans la translation des chariots des gares devant traverser des voies principales, de façon à permettre des déplacements rapides pour gêner le moins possible, mais les grandes vitesses, sur une voie à coupures fréquentes, amènent une destruction rapide du matériel par suite des chocs répétés.

Les transbordeurs à niveau sont *automoteurs* ou *remorqués*. On classera dans la première catégorie tous les chariots dans lesquels on utilise tout ou partie du poids pour obtenir l'adhérence, autrement dit ceux qui possèdent un ou plusieurs galets *moteurs*. La seconde catégorie comprend les chariots mus par un organe extérieur, et, dans ce cas, le transbordeur proprement dit est simplement *porteur*. Il y a lieu de remarquer que l'un quelconque des types de chariots à niveau, dont on a examiné la construction, peut être équipé électriquement en chariot *automoteur* ou *remorqué*.

Transbordeurs automoteurs. — La Compagnie P.-L.-M. a construit, il y a quelques années, un chariot Dünn automoteur étudié par M. Dujour, ingénieur du matériel fixe, qui présentait quelques particularités intéressantes (1). L'auteur du projet s'était imposé de commander électriquement un chariot du type ordinaire P.-L.-M., de 8 m de longueur utile, pour voitures de 18 t, le tout conçu de telle façon que l'appareil, occupant une voie à desservir, n'engageât pas le gabarit de la voie voisine dont l'axe était distant de 3m,57. L'espace disponible entre les deux gabarits est de 0m,37 seulement, soit environ 0m,70 entre deux véhicules occupant ces voies, et cet espace devait contenir le wattman et son démarreur; le treuil de halage, avec tambour à axe vertical, était très bas pour se loger dans une partie rentrante inférieure du gabarit.

Cet appareil était du type à 2 moteurs, le moteur de translation, d'un modèle spécial très aplati, était fixé dans l'intérieur du chariot porteur et commandait, par engrenages et chaînes Galle, les 8 galets de roulement, tous intérieurs et munis de paliers à rouleaux. Une petite plate-forme extérieure en tôle, portant d'un côté sur la poutre du transbordeur et de l'autre sur deux petits galets, supportait le treuil de halage et son moteur, ainsi que le poste de manœuvre. Les vitesses étaient assez réduites, soit 0m,75 par seconde pour la translation en charge, et 0m,65 par seconde pour le halage. Avec une charge de 11 t, le moteur de translation absorbait 40 à 45 ampères sous 115 volts après démarrage.

La prise de courant avait lieu par plots placés à la surface du sol et dans lesquels le courant était lancé par le basculage d'un levier attaqué par une came fixée au transbordeur lui-même.

Cette application est très intéressante, mais ne pouvait avoir de lendemain pour les mêmes raisons qui font disparaître les chariots à poutres intérieures. Bien rares sont actuellement les gabarits inférieurs qui permettraient d'inscrire un moteur électrique, même construit spécialement, et ses engrenages, entre les rails.

En ce qui concerne les transbordeurs à poutres sous rails, le mode classique de commande consiste (fig. 17) à disposer en dehors une plate-forme portant sur deux galets et rattachée au chariot porteur. Le moteur unique commande, par l'intermédiaire d'un embrayage, soit le treuil de halage, soit les galets placés d'un côté du chariot. Les dispositions électro-mécaniques sont, d'une façon générale, identiques à celles que nous avons décrites plus haut pour les transbordeurs à fosse. Toutefois, en ce qui concerne le moteur, il y a lieu de noter que la montée des véhicules sur des aiguilles dont la pente est de 10 % ou plus nécessite un effort de traction considérable pendant un temps très court, et l'on fera bien de prévoir largement la puissance disponible, surtout si l'on utilise du courant alternatif avec moteurs asynchrones.

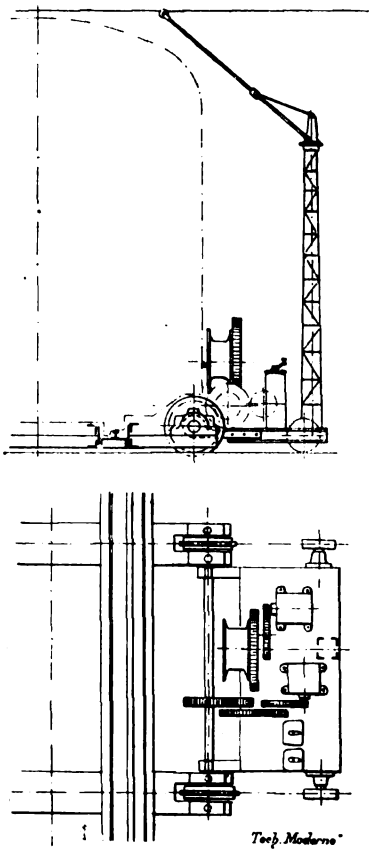


Fig. 17. — Schéma d'un chariot transbordeur automoteur (type à deux moteurs).

D'autre part, la translation même de l'appareil est assurée dans des conditions moins satisfaisantes que pour les transbordeurs à fosse : galets de roulement de petit diamètre, voie coupée à chaque traversée de voie desservie. Le démarrage du transbordeur peut être très pénible si l'appareil s'est arrêté dans une position telle que les galets moteurs soient tombés dans une coupure; on peut cependant remédier à cette difficulté en munissant les galets moteurs de boudins très hauts venant porter au fond des coupures, de façon à atténuer la solution de continuité existant dans le chemin de roulement.

Parfois, les transbordeurs ne comportent pas de mouvements de halage des véhicules : c'est le cas de celui de la gare du Quai d'Orsay, qui manutentionne en général des locomotives électriques amenées par leurs propres moyens (1). Cet appareil possède un moteur commandant des galets de 510 mm de diamètre placés d'un même côté du chariot. Son poids à vide est de 25 t et il marche à vide à une vitesse de 1m,10 par seconde en absorbant aux bornes du moteur 7 200 watts.

Avec une locomotive de 48 t, le moteur absorbe 14000 watts

(1) *Revue générale des chemins de fer*, n° 6, 1901.

(1) *Revue générale des chemins de fer*, n° 5, 1901.

Digitized by Google

au démarrage et 10 000 watts à la vitesse de 0m,80 par seconde. En admettant un rendement électromécanique de 65 °/o environ, l'effort restant à la jante des galets moteurs fait ressortir un coefficient de roulement de 0,012 environ, valeur très peu élevée, qu'on peut attribuer au diamètre assez grand des galets, et aux paliers à rouleaux dans lesquels tournent leurs tourillons.

On emploie exclusivement des engrenages comme organes de transmission entre le moteur et les galets. Nous signalerons seulement que le transbordeur de la Société Savigliano (Exposition de Milan), cité plus haut, comportait une transmission par roue hélicoïdale à vis sans fin, organe dont le défaut est un rendement peu élevé, à moins d'un montage irréprochable et de conditions d'établissement tout à fait spéciales. Aussi, pour des vitesses en charge assez modérées, soit 0m,50 par seconde pour le halage, et 0m,60 pour la translation, cet appareil (du type à 2 moteurs) nécessite l'emploi de moteurs de 25 HP et 35 HP respectivement.

L'ensemble du mécanisme sera établi en ne perdant pas de vue qu'un transbordeur à niveau parcourt une voie à coupures fréquentes; quoique la largeur normale des coupures soit de 45 mm, il n'est pas rare d'en rencontrer de 60 mm et plus. Aussi, quand un galet de petit diamètre franchit un tel intervalle, il se produit une véritable chute. La translation comporte donc une série de chocs très violents qui nécessitent un matériel extraordinairement robuste; la fonte étant exclue de toutes les pièces sujettes à une forte fatigue à cause de sa fragilité, on doit employer presque exclusivement l'acier.

Enfin, en ce qui concerne les transbordeurs du troisième genre, dont les applications sont, à la vérité, assez rares, signalons la commande électrique d'une remarquable simplicité du chariot de la Kansas City Railway, dont nous avons indiqué (fig. 15) le mode de construction. Cette commande est faite par le moyen d'un moteur de traction type normal GE-67, fixé en applique sur l'un des hauts longerons extérieurs et attaquant les galets d'un côté par engrenages droits.

Transbordeurs remorqués. — La solution du transbordeur remorqué qui s'impose pour un mouvement de matériel très intense, est adoptée généralement par les Compagnies de chemins de fer pour le service des gares, comme conséquence de l'usure et de la destruction rapide des transbordeurs à niveau signalées plus haut. En effet, dans cette solution, l'appareil est scindé en deux parties bien nettes : le *chariot porteur*, soumis aux chocs sous charge et construit en grosse charpente, et le *chariot tracteur*, comportant les organes plus délicats de l'équipement électro-mécanique. De cette façon, dès qu'un chariot porteur, relativement peu coûteux, est mis hors de service, on le remplace rapidement par un autre, pour le réparer.

La condition essentielle à remplir est que le chariot tracteur ait un poids moteur adhérent suffisant pour assurer la traction de l'ensemble, avec un coefficient d'adhérence égal à 1/10, le tout étant prévu très largement pour assurer, en tous cas, des démarrages rapides sur une voie souvent défectueuse.

Le tracteur est, en général, monté sur deux essieux moteurs, couplés par engrenages droits, ou par chaînes de transmission à grandes surfaces de portées. On doit rejeter l'emploi de la chaîne Galle ordinaire, à cause de l'usure rapide produite par le cisaillement et le matage des axes sur les mailles, aux vitesses relativement élevées.

L'écartement de la voie est généralement celui du chariot porteur, déterminé par sa longueur utile. Cependant, dans le cas d'un chariot porteur à plus de deux files de rails, on n'utilise, pour le tracteur, qu'une seule travée de deux files de rails. Il existe aussi certains tracteurs établis pour voie normale de 1m,440 et possédant leur voie propre dans l'intérieur de celle, plus large, du chariot porteur (chemins de fer du Nord et de l'Etat).

On a vu que toutes les grandes Compagnies de chemins de fer ont adopté le chariot remorqué par tracteur électrique : la figure 18 représente le schéma de la disposition du transbordeur, type P.O., de la gare de Paris-Austerlitz, que l'on peut donner comme modèle du genre. Le porteur d'un type courant du premier ou du second genre, remorque un tracteur monté sur des paliers à rouleaux du modèle de ceux du chariot porteur, ce qui assure un très bon roulement. L'ensemble électro-mécanique, comportant un moteur de 15 HP avec engrenages droits et embrayage à griffes, est enfermé dans un grand carter en tôle, laissant seulement dépasser le tambour du treuil de halage, sur lequel vient s'enrouler un câble en fil d'acier. Tous les galets sont moteurs; sur chaque file de quatre galets, deux sont attaqués par des arbres longitudinaux recevant la commande du moteur, les autres sont couplés par chaînes. Une cabine abrite le poste de manœuvre où se trouvent l'appareil de démarrage, type contrôleur de tramway, et le levier de commande de l'embrayage permettant d'actionner séparément les mécanismes de halage ou de translation. Les vitesses sont de 1 m par seconde en charge pour chaque mouvement.

L'attelage réunissant le tracteur au porteur se fait généralement par une ou deux bielles rigides, articulées aux points d'attache. On recommandera l'emploi de bielles d'attelage comportant un amortisseur à ressorts, dans le cas où le porteur est muni de verrous d'arrêt, de façon à atténuer les chocs transmis au tracteur si on arrive sur les verrous avec une vitesse appréciable.

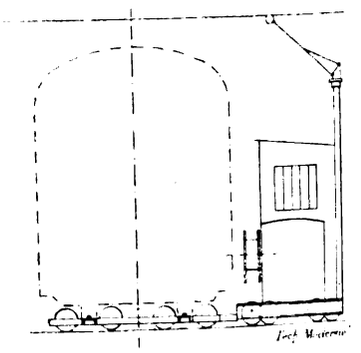


Fig. 18. — Schéma d'un chariot à niveau remorqué (type du chemin de fer de Paris à Orléans).

Les tracteurs électriques pour transbordeurs seront toujours munis au minimum d'un frein très puissant, permettant au conducteur de faire des arrêts très nets sans tâtonnement au droit de la voie à desservir. On prévoit généralement un frein à sabots ou à lame d'acier, serrant sur une poulie calée sur un arbre intermédiaire; on emploie aussi le freinage électrique par la mise en circuit de l'induit du moteur sur des résistances appropriées.

Dans les tracteurs rapides servant à remorquer des chariots de grandes gares, le dispositif de freinage sera particulièrement étudié pour les arrêts d'urgence en cas d'arrivée d'un train; la Compagnie du Nord a adopté, dans ce cas, un frein à air comprimé, agissant sur les roues mêmes du tracteur.

L'emploi de chariots remorqués peut convenir encore, sous une autre forme, dans le cas particulier d'un trafic peu chargé et d'un trajet très court. Dans ce cas, il est tout indiqué d'employer un chariot porteur d'un type courant, actionné par un treuil ou par un cabestan électrique, placé à une extrémité du parcours agissant sur un câble attaché d'autre part au chariot. Ce même cabestan peut d'ailleurs faire le service de halage pour amener les véhicules sur le chariot, à l'aide de poulies de renvoi disposées entre les voies desservies.

La Compagnie du Nord emploie une variante de ce dispositif, permettant de ne pas encombrer les voies par les câbles de halage. A cet effet, on ménage, dans l'axe de la voie sur laquelle roule le chariot, un caniveau dans lequel passe une chaîne Galle, mue par un treuil électrique placé à une extrémité du parcours, avec poulie de retour à l'autre extrémité. Le chariot est amarré en un point de cette chaîne par une pièce d'attache engagée dans le caniveau. Comme on l'a indiqué, ces dispositifs ne conviennent que sur des voies très courtes, car ils exigent une vitesse modérée, et présentent une certaine difficulté pour l'arrêt précis de l'appareil en face d'une voie à desservir.

Digitized by Google

V. — Détails de construction des transbordeurs à niveau.

Voie. — La voie de roulement des transbordeurs à niveau, établie en rails normaux, Vignole ou à coussinets, s'assemble avec chacune des voies desservies au moyen d'éclisses d'angle. Si le transbordeur est à deux files de rails, ces files sont posées avec des contre-rails, de façon à présenter une ornière de guidage dans laquelle s'engagent les boudins des galets; si la voie comporte plus de deux files, les files extrêmes sont seules munies de contre-rails. A chaque croisement, les rails des voies du chariot et des voies desservies sont coupés pour laisser passer

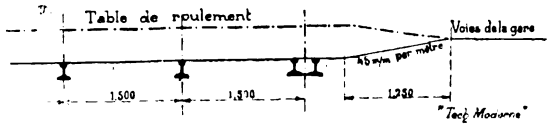


Fig. 19. — Voie en cuvette pour transbordeur à niveau.

respectivement les boudins des roues du matériel roulant et du chariot; ces coupures ont environ 45 mm de largeur et 40 mm de profondeur. Trop souvent, on peut constater, sur certaines voies, des coupures de largeur excessive dont l'inconvénient est d'accentuer les chocs reçus par les appareils.

On ne décrira pas le mode de construction des voies spéciales, telles les voies de chariots à ornières (fig. 14) qui se rencontrent peu fréquemment. Toutefois, il faut signaler l'artifice employé par la Compagnie d'Orléans à la gare du Quai d'Orsay et dans d'autres installations, pour diminuer la hauteur réelle à faire franchir aux locomotives à plusieurs essieux et aux voitures à bogies, matériel qui, nous l'avons vu, ne s'accommode pas de différences de niveau trop prononcées. Les voies desservies s'infléchissent légèrement sur toute la longueur des aiguilles (fig. 19), de sorte que le transbordeur se déplace dans une cuvette, assez peu sensible cependant, pour ne pas gêner le passage du matériel. Il en résulte que les véhicules ne montent en réalité que de la moitié de la hauteur de la charpente.

Galets et paliers. — Les galets de roulement sont en acier coulé dur, en fonte trempée, ou munis d'un centre en acier coulé avec bandage d'acier forgé. On a vu que les files de rails extrêmes sont doublées pour servir d'ornières de guidage; les galets correspondants portent donc un boudin en saillie passant, avec quelques millimètres de jeu, dans cette ornière.

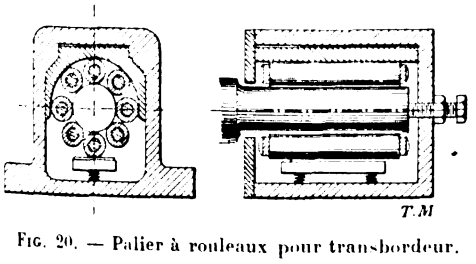


Fig. 20. — Palier à rouleaux pour transbordeur.

En ce qui concerne les paliers dans lesquels tournent les fusées des axes de galets, on a établi plus haut que, pour obtenir un coefficient de traction acceptable, il y a lieu d'employer des coussinets à rouleaux dès que le rapport $\frac{r}{R}$ est notablement inférieur à 1/10. Or, c'est le cas dans la grande majorité des chariots à niveau, notamment dans ceux des premier et second genres; les galets ont assez fréquemment un diamètre de 350 à 400 mm, alors que les fusées ne peuvent avoir moins de 60 à 70 mm de diamètre pour qu'elles présentent une résistance suffisante.

Les paliers à rouleaux des transbordeurs seront établis très solidement pour résister aux chocs, et très largement pour que l'usure y soit pour ainsi dire nulle, afin d'éviter l'emploi de dispositifs de rattrapage de jeu plus ou moins délicats. La figure 20 donne la disposition d'un palier à rouleaux d'un type généralement employé; il comporte une boîte de palier en acier coulé, dans laquelle est ajustée une demi-coquille supérieure d'acier forgé de dureté moyenne (nuance demi-dur tenace). La couronne de rouleaux montée à frottement doux entre cette coquille et le tourillon de l'arbre, comporte des rouleaux d'acier dur trempant ou de métal moins fragile (acier doux de cémentation), avec surface cémentée, trempée et rectifiée.

Aiguilles. — Les aiguilles d'accès sont en acier forgé; il faut écarter l'emploi d'acier coulé, toujours plus fragile, dans une pièce soumise à des chocs. Elles sont articulées en leur point d'assemblage avec la charpente, et soumises à l'action d'un ressort, de façon à se relever à vide, en gardant un jeu de 25 à 30 mm au-dessus des voies desservies. L'articulation doit être très libre pour que les aiguilles descendent en position sur le rail, dès que leur pointe est sollicitée par l'action de la roue du véhicule en halage. Plusieurs dispositifs sont employés pour cette articulation (fig. 21); tous ont pour but d'obtenir que l'aiguille porte le mieux possible sur le rail, au moment où elle est sous charge, de façon à ne pas faire travailler l'axe d'articulation, qui serait vite faussé sous les chocs produits par l'abaissement brusque des aiguilles, à l'arrivée des essieux.

La disposition la plus usitée est celle à relèvement parallèle

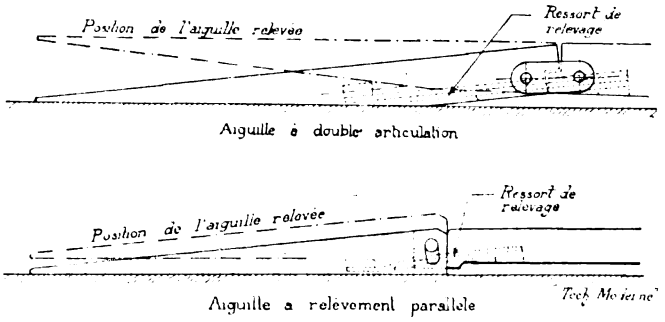


Fig. 21. — Dispositifs d'aiguilles d'accès.

de la figure 21, qui consiste à faire coulisser l'axe dans un œil elliptique pratiqué dans le talon de l'aiguille.

Poids et prix. — Comme on l'a indiqué à plusieurs reprises, il est nécessaire de construire les chariots transbordeurs à niveau d'une manière tout à fait spéciale; il en résulte que ces appareils, comprenant des éléments d'un prix élevé, sont assez coûteux.

Un chariot transbordeur automoteur du second genre, capable de manutentionner des véhicules de 25 à 30 t avec essieux distants de 3m,50 à 4m,50, et complètement équipé en courant continu, pèse 10 à 11 t; son prix est d'environ 18 000 fr, sans la ligne aérienne de prise de courant.

Le chariot automoteur de la gare du Quai d'Orsay, dont on a parlé plus haut, a une longueur utile de 11 m environ et reçoit des véhicules de 50 t; son poids est de 25 t et il a coûté 40 000 fr. Il est vrai qu'il est supporté par des plateaux transversaux d'acier forgé à intervalles très rapprochés (7 plateaux écartés de 1m,50 d'axe en axe); en conceyant d'une manière un peu différente la construction d'un appareil semblable, on pourrait en ramener le prix à 30 000 ou 35 000 fr environ.

La solution assez employée du transbordeur avec chariot porteur remorqué est intéressante. Pour la manutention de voitures de 25 à 30 t, on peut faire usage d'un chariot porteur Dünn d'un type courant, de 6 à 7 m de longueur utile, pesant 5 500 kg et dont le prix est de 5 000 fr. Le tracteur électrique nécessaire pour ce porteur, devant donner un effort de traction de 500 kg à la jante des galets, pèsera 5 000 kg pour assurer le service avec un coefficient d'adhérence de 1/10; son prix sera, tout équipé, de 8 500 fr environ, soit 13 500 fr pour l'appareil complet.

A. Frémeaux,
Ingénieur.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Influence sur la végétation de la lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure.

Pendant l'hiver 1910 et le printemps 1911, Miss Dudgeon a fait des expériences suivies pour déterminer l'influence sur la végétation de la lumière obtenue avec la lampe à vapeur de mercure. Ces expériences sont, à notre connaissance, les premières qui aient été réalisées dans ce but. La lampe employée se compose d'un long tube de verre d'environ 0m,025 de diamètre, comportant à l'une de ses extrémités une ampoule dans laquelle se trouve une petite quantité de mercure. Lorsqu'on fait passer le courant, une partie du mercure se volatilise en donnant une lumière jaune bleu d'un très curieux effet.

Les expériences ont eu lieu dans une serre mesurant environ 6 m de long sur 3 m de large, prolongée par une seconde serre plus petite servant de pièce témoin.

Les premiers essais ont eu pour but de déterminer l'influence de la lumière ainsi obtenue sur la germination. Des graines diverses ont été semées le 7 décembre dans des pots de 0m,15 de diamètre qui ont été placés dans la serre d'expérience et la pièce témoin. On a constaté que les graines soumises à l'action de la lumière produite par la lampe à vapeur de mercure ont germé beaucoup plus rapidement que les autres. Les résultats comparatifs sont les suivants :

NATURE DES GRAINES	DURÉE DE LA GERMINATION	
	Dans la serre d'expérience	Dans la serre témoin
Haricot vert	13 jours.	21 jours.
Carotte	11 —	26 —
Chou-fleur	6 —	26 —
Laitue	6 —	12 —
Pois	6 —	16 —
Avoine	7 —	12 —
Orge	7 —	12 —
Blé	8 —	16 —

Pour que les conditions de germination soient tout à fait comparables, la température de l'air et celle de la terre ont été maintenues aussi semblables que possible dans les deux serres; les indications du thermomètre étaient relevées chaque matin à 9 heures.

La serre témoin a cependant toujours bénéficié d'un léger avantage provenant de son orientation, de telle sorte qu'on a constaté les différences ci-après pendant les trois premiers mois de l'année :

MOIS	SERRE D'EXPÉRIENCE		SERRE TÉMOIN	
	maximum	minimum	maximum	minimum
Janvier	10°0	7°7	15°0	8°8
Février	15,5	6,6	19,4	12,7
Mars	22,8	8,3	25,5	10,0

La température moyenne a varié de 10° à 17°, sauf pendant les journées très ensoleillées.

La lampe fut maintenue allumée pendant cinq heures environ à partir du coucher du soleil.

Les laitues, les carottes et les choux-fleurs ont paru très sensibles à la lumière de la lampe à vapeur de mercure et ont poussé vigoureusement, alors que les laitues de la serre témoin ne sont jamais venues à maturité, et que les carottes ont accusé un retard de trois semaines.

Les fraises fleurirent abondamment, et les fruits mûrirent très bien. On constata une augmentation de récolte de 25 %.

Le professeur Priestley a remarqué que des pois de senteur soumis à l'action de la lampe présentaient des couleurs plus vives et une plus grande vigueur que les pois ordinaires.

La chlorophylle était plus abondante et les feuilles contenaient une grande quantité de fibres, alors que les plantes témoin n'en possédaient pas.

Les expériences ont porté également sur plusieurs autres végétaux; on a toujours observé une germination plus rapide, une très grande vigueur et une coloration plus intense.

H. PILLAUD.

Action de l'acide sulfurique sur les plantes.

Il y a actuellement, dans le midi de la France, une tendance très nette à employer l'acide sulfurique dilué pour détruire les ravenelles et autres mauvaises plantes qui envahissent les champs de céréales. M. Rabaté a fait de nombreuses expériences pour déterminer quelle est la proportion d'acide sulfurique qu'il convient d'employer. Il a obtenu les résultats ci-après :

Avec 5 litres d'acide sulfurique à 60 ou 66° B pour 100 litres d'eau, le blé conserve deux ou trois feuilles indemnes sur les six qu'il présente.

Les ravenelles sont brûlées en un ou deux jours, mais les vesces et les gesces sauvages peuvent résister et envahir le blé au point de provoquer une verse prématurée.

A mesure que la dose augmente de 5 à 10 % en volume, les résultats sont plus marqués et plus rapides.

Avec 10 litres d'acide sulfurique pour 100 litres d'eau, toutes les feuilles de blé sont brûlées, mais la tige reste indemne et le temps d'arrêt est rattrapé en huit ou dix jours. On détruit d'une façon complète les ravenelles, les vesces et les gesces; par contre, la folle avoine, le chiendent et le chardon résistent et repoussent.

Le résultat est sensiblement le même avec 8 litres d'acide par 100 litres d'eau et c'est cette dose qui est la plus employée.

On peut l'augmenter un peu lorsque le liquide est répandu avec des appareils à traction animale.

La pulvérisation s'effectue quand le blé d'automne a pris de la force et présente cinq à six feuilles. L'action est favorisée lorsque le liquide gèle sur les plantes pendant la nuit.

Il faut environ 10 hl de solution par hectare. M. Rabaté a constaté que cet acide ne corrode pas seulement les feuilles, mais qu'il attaque les minéraux et l'humus du sol pour former des sulfates dont l'action fertilisante se fait parfois sentir. La verse se trouverait aussi atténuée dans les sols riches en azote.

Les inconvénients signalés sont les suivants :

Traitement assez coûteux (35 à 40 fr par hectare);

Retard momentané dans la végétation du blé;

Réduction de la récolte en paille.

On peut y ajouter le danger que présente la manipulation de l'acide sulfurique concentré.

Malgré cela, ce procédé a beaucoup de succès dans le midi de la France, où la température très douce rend inefficaces les solutions de sulfate de cuivre à 4 % ou de sulfate de fer à 15 %, qui sont employées dans le Nord pour les céréales de printemps.

H. P.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Les locomotives à hydrocarbures.

Les Usines du Creusot viennent de construire une locomotive à hydrocarbures de 70 ch destinée au service même de leurs ateliers. Cette locomotive (fig. 1) passant sous le tunnel servant à la circulation du personnel, devait fonctionner sans dégagement de fumée ni projection d'escarbilles. De plus, cette locomotive devait satisfaire aux conditions suivantes :

Vitesse maximum : 20 km à l'heure;
Effort de traction maximum : 2 500 kg;
Passage dans des courbes de petit rayon;
Gabarit restreint.

La machine qui a été établie comporte, en principe : un moteur à hydrocarbure de 70 ch dérivé du type général en usage pour les automobiles, et une transmission de mouvement comprenant : un transformateur d'énergie à air comprimé qui permet de faire varier le couple moteur en sens inverse de la vitesse, de façon à réaliser un changement de vitesse continu donnant le couple maximum au démarrage.

Les données principales sont ;

Longueur totale (tampon à tampon), en m . . .	5,800
Deux essieux : empattement, en m	1,600
Diamètre des roues, en m.	0,720
Poids total adhérent, en t.	18

Moteur : *Dispositions générales.* — Le moteur est à quatre cylindres jumelés deux par deux; alésage : 140; course : 200.

Les soupapes sont disposées d'un même côté du moteur; elles sont superposées; celles d'aspiration, disposées à la partie supérieure, sont commandées par des culbuteurs actionnés par des tiges de poussage, ce qui permet l'emploi de soupapes de grand diamètre.

L'arbre vilebrequin est tenu en place par des paliers fixés au bâti, indépendants du carter inférieur.

Un régulateur de vitesse, combiné avec une manette qui agit sur la tension du ressort, permet toute la gamme des vitesses depuis 250 jusqu'à 1000 tours.

Le graissage est automatique et à pression, au moyen d'une pompe.

L'allumage se fait par magnéto à haute tension et bougies. La commande de la magnéto comporte un régulateur de calage qui donne, automatiquement, l'avance convenant à chaque vitesse angulaire du moteur.

Le moteur est muni d'un démarreur, système Letombe, permettant la mise en marche par l'air comprimé; il comporte également une manivelle de mise en marche.

Carburation. — Le moteur est établi pour pouvoir fonctionner, soit au moyen d'un carburant volatil liquide, essence, benzol, alcool carburé, soit au moyen de la naphtaline.

Le principe de l'emploi de ce dernier carburant consiste à le fondre par les chaleurs perdues du moteur pour l'employer liquide dans un carburateur convenablement réchauffé; la mise en marche s'effectue avec un carburant liquide, jusqu'à ce que la fusion de la naphtaline ait été effectuée. La température de fusion est de 79°.

Le moteur comporte donc deux carburateurs : l'un, pour la marche au benzol, présente les dispositifs classiques : niveau constant à flotteur, gicleur, soupape d'air automatique; l'autre, pour la marche à la naphtaline.

Un robinet à trois voies permet de passer de l'un à l'autre carburant. Le carburateur à naphtaline est solidaire du réservoir où s'effectue la fusion du combustible; l'ensemble est entouré d'une double paroi dans laquelle circule l'eau du moteur maintenue à 100°. La fusion s'effectue donc à température constante, contrairement à ce qui se passe lorsque l'on utilise les gaz de l'échappement.

Le réservoir à naphtaline est accolé au moteur, le carburateur est disposé au-dessus; il est alimenté par une pompe mue par le moteur et dont le débit est notablement supérieur à celui nécessaire pour la carburation; cette pompe alimente une cuve munie d'un déversoir, qui constitue ainsi un récipient à niveau constant.

Les autres éléments du carburateur sont ceux classiques : gicleur alimenté par ce récipient, air primaire très réchauffé, air secondaire admis par soupape automatique.

A noter que, lorsque le moteur est froid, la pompe à naphtaline ne peut pas fonctionner, étant plongée dans une masse solide; sa commande comporte, en conséquence, un organe élastique susceptible de se déformer tant que le piston est immobilisé, c'est-à-dire tant que la naphtaline n'est pas fondue.

La circulation d'eau s'effectue par thermo-siphon et ébullition. La vapeur produite va se condenser dans un radiateur disposé sur le toit de l'abri, l'eau de condensation fait retour dans la circulation.

La puissance du moteur est de 70 ch environ, à 950 t : m, tant pour la marche à la naphtaline que pour la marche au benzol. La consommation spécifique en pleine charge est de 260 à 280 gr de combustible. Il est fait usage de naphtaline brute, pressée, à 80 ou 100 fr la tonne; le prix du cheval-heure ressort à 0 fr 05

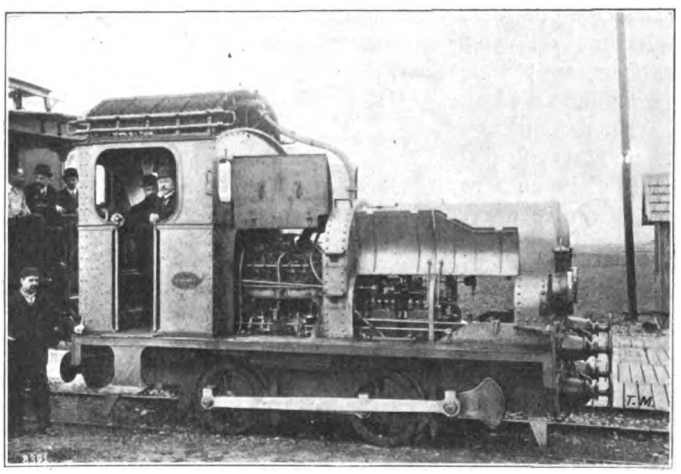


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la locomotive à hydrocarbures de 70 chevaux (système Schneider).

environ, en tenant compte de l'essence pour la mise en marche. Au point de vue locomotive, la dépense en combustible serait sensiblement la même qu'avec la vapeur, et même inférieure dans certains cas. Toutefois, il convient de prévoir une hausse sur la naphtaline, dont la production est très limitée, en France surtout. Dans ces conditions, la locomotive à naphtaline trouvera surtout des applications dans des cas particuliers, lorsqu'il y aura à tenir compte d'avantages spéciaux : suppression des prises d'eau, mise en marche immédiate, etc.

Il est à prévoir, d'ailleurs, que les moteurs à hydrocarbures liquides économiques se perfectionneront et que, dans un avenir plus ou moins prochain, ils pourront s'adapter à la traction sur rails; en attendant, le moteur à naphtaline aura permis de créer la locomotive à hydrocarbures. La substitution d'un nouveau moteur ou l'adoption d'un nouveau carburant pourrait se faire, par la suite, sans toucher aux autres dispositifs mécaniques, et sans changer le type de la machine.

Transmission : *Appareil Hautier.* — Le moteur à hydrocarbures nécessite un transformateur d'énergie permettant de faire varier en sens inverse la vitesse et le couple moteur.

Dans la locomotive Schneider, il est fait usage du transformateur aérothermique Hautier, qui permet de graduer les efforts d'une façon continue, depuis le démarrage jusqu'à la marche normale, en prise directe.

Digitized by Google

La disposition est figurée par le tracé schématique (fig. 2).

Sur l'arbre N, commandé directement par le moteur à hydrocarbures, est calé un pignon E qui engrène avec des pignons F montés sur un croisillon G, solidaire de l'arbre de transmission LL.

D'autre part, un tambour H, disposé pour tourner fou sur les arbres N et L, comporte intérieurement une denture *h* qui engrène avec les pignons F.

Un pignon K, solidaire du même tambour H, engrène avec un pignon K' monté sur l'arbre d'un compresseur d'air à quatre cylindres P.

Un dispositif commandé par une manette A permet, dans la position « arrêt », de maintenir les soupapes d'aspiration ouvertes et, par suite, de laisser le compresseur tourner à vide, c'est-à-dire sans résistance.

Symétriquement par rapport à l'arbre L, est disposé un moteur à air comprimé J à quatre cylindres, dont l'arbre comporte en Q un pignon engrenant avec une roue dentée Q' calée sur l'arbre L.

L'arbre à cames commandant la distribution du moteur à air J est susceptible d'un mouvement de déplacement longitudinal commandé par une manette C, de façon à pratiquer des admissions plus ou moins réduites.

Les conduits de refoulement du compresseur sont reliés aux conduits d'admission du moteur à air et à un réservoir d'air S, qui s'alimente par un petit orifice avec soupape de retenue.

Véhicule à l'arrêt. — Supposons le véhicule arrêté, les manettes A et C dans la position représentée figure 2, et le moteur M en marche.

Le pignon E, dans sa rotation, tend à entraîner les pignons F et, par suite, le croisillon G et la transmission LL qui commande les roues; mais cet entraînement ne peut s'effectuer que si les pignons F éprouvent une réaction de la denture *h* du tambour H.

Or, ce tambour, sous l'action des pignons K, K', entraîne le compresseur qui tourne à vide, puisque ses soupapes sont levées; le tambour H tournant alors sans résistance, aucune action motrice ne s'exerce sur l'arbre L; donc aucune force ne tend à faire démarrer la machine.

Démarrage. — Voyons ce qui va se passer quand on va mettre la manette A dans la position « marche ».

Les soupapes d'aspiration du compresseur vont être rendues libres, le compresseur va fonctionner, créant une résistance à la rotation du tambour H et en même temps envoyant de l'air dans le moteur J.

L'action motrice du pignon E, par l'intervention du train épicycloïdal différentiel (F, *h*, G) se décomposera en deux couples :

Couple sur l'arbre L tendant à faire avancer le véhicule;

Couple sur le tambour H, qui mettra le compresseur en fonctionnement.

Au fur et à mesure que la pression montera, la réaction motrice du compresseur se transmettra par le train épicycloïdal pour augmenter le couple sur l'arbre L; en même temps le moteur à air donnera un couple moteur qui se transmettra par les engrenages QQ' pour se superposer au couple précédent. Sous l'influence de la force tangentielle résultante, le véhicule démarrera.

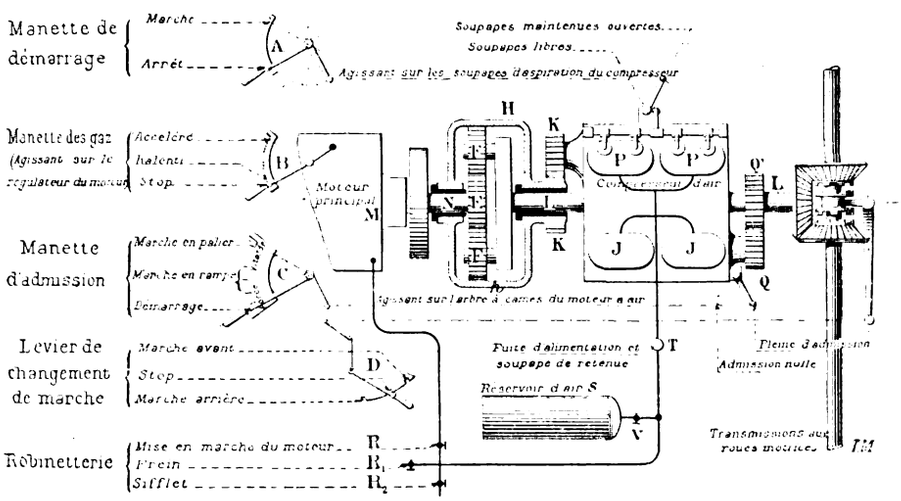


Fig. 2. — Schéma de la transmission aérothermique, système Hautier, de la locomotive à hydrocarbures de 70 chevaux (système Schneider).

Véhicule en marche. — Une fois démarré, le mécanicien déplacera graduellement le levier C de droite à gauche pour réduire l'admission du moteur à air; dans ces conditions, il augmentera la résistance du compresseur dont la vitesse ralentira. Par l'effet du train différentiel (F, *h*, G), ce ralentissement provoquera l'accélération de l'arbre L, c'est-à-dire du véhicule.

Si l'on est en côte, le mécanicien déterminera la position de la manette B qui convient le mieux pour utiliser toute la puissance du moteur M.

Si les circonstances le permettent, en palier par exemple, il ramènera le levier C complètement à gauche. Dans ces conditions, le moteur J ne dépensant plus d'air, le compresseur sera forcé de caler, de stopper; le tambour H s'immobilisera et la transmission entre le moteur M et l'arbre L s'effectuera par l'entraînement mécanique des pignons *h* fixe, E et F mobiles. La transmission sera directe, sans transformation d'énergie, le train différentiel fonctionnant dans ces conditions comme réducteur de vitesse.

Arrêt du véhicule. — Pour stopper, il suffit de mettre le moteur au ralenti et de ramener la manette A dans sa position de droite.

Si l'arrêt doit être prolongé, arrêter le moteur en ramenant la manette B à droite.

Pour remettre le moteur en marche, on replacera la manette B dans une position légèrement accélérée, et l'on ouvrira le robinet R.

Frein moteur. — Pour un cran spécial du secteur G, le moteur à air fonctionne comme compresseur dans des conditions analogues à la marche à contre-vapeur. Un robinet de fuite permet de graduer l'action de freinage.

Alimentation d'air. — Le réservoir S s'alimente automatiquement toutes les fois que la pression d'air atteint une valeur suffisante. L'appareil d'alimentation T est constitué par un orifice de petit diamètre, avec une soupape de retenue. En V est un robinet d'isolement pour éviter toute perte d'air pendant les arrêts prolongés.

Une soupape de sûreté disposée à la sortie du compresseur limite la pression à 18 kg : cm².

Changement de marche. — L'arbre principal L porte, à son extrémité, un pignon d'angle qui engrène avec deux roues montées folles sur un arbre transversal. Un manchon d'accouplement commandé par un levier D permet d'embrayer sur l'arbre l'une ou l'autre des deux roues et, par suite, de déterminer sa rotation dans l'un ou l'autre sens.

Cet arbre transversal commande, par engrenages, un faux essieu qui transmet son mouvement aux roues par bielles d'accouplement.

Toute la partie du mécanisme comprenant le train planétaire jusqu'au pignon d'angle (N, E, F, G, L de la fig. 2) est montée sur billes.

Les autres parties (compresseur, moteur à air, arbre transverse) comportent le graissage sous pression, par pompe.

Economie du système. — La transformation d'énergie, dans l'appareil Hautier, s'effectue dans les meilleures conditions de rendement, puisque l'air, après avoir subi une compression adiabatique, passe directement, à haute température, dans le moteur où il se détend adiabatiquement.

Digitized by Google

D'autre part, cette transformation n'intéresse qu'une fraction de l'énergie produite par le moteur, fraction qui est même nulle dans les parcours faciles.

Dans ces conditions, le rendement final est assez élevé, ce rendement pouvant atteindre, en prise directe, 90 °/₀ (chiffre constaté dans les premiers essais).

Fonctionnement. — Les tableaux ci-après donnent un aperçu du travail que peut effectuer cette machine.

Le tableau I indique les efforts disponibles à la jante et au crochet suivant les vitesses ; il a été supposé que le rendement était de 90 °/₀ en prise directe et qu'il pouvait varier de 65 à 75 °/₀ dans la marche en transformation ; la puissance du moteur étant de 70 ch à 1 000 tours.

Le poids de la machine est de 18 t et sa résistance au roulement de 8 kg par tonne, environ.

Tableau I : Efforts disponibles a la jante et au crochet suivant les vitesses.

VITESSES en km : h	VITESSES en m : s	RENDEMENT supposé °/₀	PUISSANCE disponible à la jante en kgm	EFFORT à la jante en kg	EFFORT au crochet en kg
5	1,50	65	3.400	2.400	2.250
10	2,80	70	3.600	1.300	1.150
15	4,15	75	3.900	950	800
20	5,55	90	4.700	850	700

Les rendements présentés sont vraisemblablement au-dessous de la réalité.

Le tableau II indique les conditions de marche suivant la charge du train et la déclivité de la voie, en supposant la résistance du train de 4 kg environ par tonne.

Tableau II : Conditions de marche suivant la charge du train et la déclivité de la voie.

PROFIL DE LA VOIE en mm par m	VITESSES POSSIBLES (en km : h) avec charges remorquées de			
	50 t	75 t	100 t	125 t
Palier	20	20	20	20
R. de 2 mm	20	20	20	15
4	20	20	14	11
6	20	14	11	8
8	20	11	8	6
10	15	8	6	4

Les essais ont démontré que l'effort de traction au démarrage était de 3 000 kg environ, et que, à 20 km à l'heure, il pouvait atteindre 750 kg.

Essais du 17 avril 1913. — Ces essais avec des trains variant de 80 à 160 t, ont été faits sur le parcours Le Hoc-Harfleur (fig. 3) ; l'Administration des Chemins de fer de l'Etat avait mis pour la circonstance, son wagon-dynamomètre à la disposition des ingénieurs de MM. Schneider et Cie. Les résultats de ces essais peuvent être ainsi résumés :

Si l'on considère le diagramme (fig. 3), on voit que le train démarre en A, en palier : la vitesse monte assez rapidement à 8 ou 9 km : h. Le train s'engage ensuite dans la rampe en courbe, il ralentit à 7 km : h environ ; puis, dans la partie de la ligne sensiblement en palier, il y a accélération jusqu'en F, où le maximum est atteint à 23 km : h. A ce moment, le moteur tourne à 1 200 tours : m et le régulateur agit pour empêcher toute augmentation de vitesse. L'effort de traction tombe alors, en D, à une valeur qui représente la résistance du train à vitesse uniforme, valeur variable suivant le profil ou les inégalités de la voie. Enfin, l'effort remonte graduellement, en raison de la rampe, jusqu'en E, où l'action motrice est supprimée.

Connaissant la puissance du moteur, on peut analyser les indications du diagramme pour déterminer approximativement le rendement mécanique de la machine entre le moteur et la jante.

Marche en prise directe. — En B, la vitesse est de 20 km : h avec un effort de traction de 810 kg ; en C, la vitesse est de 23 km : h avec un effort de 760 kg.

Comme on est sensiblement en palier, l'effort à la jante se déduit de l'effort au crochet augmenté de la résistance au roulement de la machine, supposée de 5 kg par tonne environ, soit pour un poids de 19 t en ordre de marche : $19 \times 5 = 95$ kg.

On a donc, à la jante : en B, un effort de 905 kg à 20 km : h, correspondant à 67 ch ; en C, un effort de 855 kg à 23 km : h, correspondant à 72 ch.

Pour les deux points considérés, la vitesse et la puissance du moteur étaient :

A 20 km : h. . . . . 1 050 tours : m, 75 ch
A 23 km : h. . . . . 1 200 tours : m, 77 ch

Le rendement serait donc de 90 °/₀ en B et de 93 °/₀ en C.

Le rendement en prise directe, c'est-à-dire dans les conditions *normales* de marche, serait de 90 °/₀ environ.

Marche en transformation. — Etant donnée la constance du

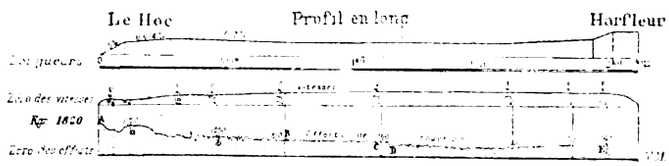


Fig. 3. — Diagramme d'essais relevé le 17 avril 1913 entre Le Hoc et Harfleur, sur la locomotive à hydrocarbures (système Schneider).

couple moteur, tout effort dépassant, par exemple, 920 kg à la jante, soit 820 au crochet, ne peut être réalisé que par une marche avec transformation d'une partie de l'énergie par le fonctionnement de l'appareil Hautier.

Considérons le point *b*, où nous relevons 1 000 kg au crochet, à une vitesse de 16 km : h (le moteur à air fonctionnait avec une admission de 8 °/₀). L'effort à la jante sera : $1\,000 + 95 = 1\,095$ kg, ce qui, à 16 km : h, correspond à 65 ch.

Il y a indétermination pour la vitesse du moteur ; si l'on admet que cette vitesse était de 1 000 ou 1 100 tours : m correspondant à 72 ou 76 ch, le rendement serait de 85 ou 90 °/₀.

Donc, dans une marche avec une partie relativement faible de l'énergie dérivée en transformation, le rendement serait de 85 à 90 °/₀.

Considérons maintenant le point *a* :

Effort au crochet	1 520 kg
Résistance de la machine due à la rampe : 19×5	95 kg
Résistance due au roulement (en courbe de 100 m) : 19×10	190 kg
Effort à la jante.	1 805 kg

Vitesse de 7 km : h.
soit à la vitesse de 7 km : h, 47 ch.

A ce moment, la vitesse du moteur pouvait être de 900 à 1 000 tours : m, c'est-à-dire que la puissance était comprise entre 67 et 72 ch. Le rendement serait donc de 67 à 70 °/₀.

La proportion de l'énergie dérivée en transformation devait

Digitized by Google

être environ les deux tiers de l'énergie totale; le moteur à air comprimé fonctionnait à une pression de 10 kg : cm² environ, et avec une admission de 30 °/₀; il est certain qu'avec des cylindres plus grands permettant de mieux utiliser la détente, le rendement pourrait être augmenté.

Il résulte de ce qui précède que le fonctionnement et le rendement mécanique de l'appareil Hautier sont excellents.

Cet appareil remplit donc bien le but auquel il est destiné; il est l'auxiliaire indispensable du moteur à explosion, auquel il apporte la souplesse du moteur à vapeur.

Parmi les divers essais effectués, quelques-uns l'ont été en serrant graduellement le frein d'un wagon, pour déterminer l'effort maximum de traction de la locomotive, effort qui s'est élevé à 3 500 kg, soit plus du sixième du poids adhérent. Avec la locomotive seule, les démarrages ont été effectués en prise directe, ce qui peut éviter quelques petites pertes de temps dans les manœuvres. L. G. L.

Désignation des locomotives modernes.

Les types principaux des locomotives modernes sont habituellement désignés par des noms ou des notations qui ont été déterminés par l'usage, d'une manière généralement arbitraire (1).

La figure 1 montre la représentation schématique des types les plus courants, et la disposition des essieux moteurs et porteurs,

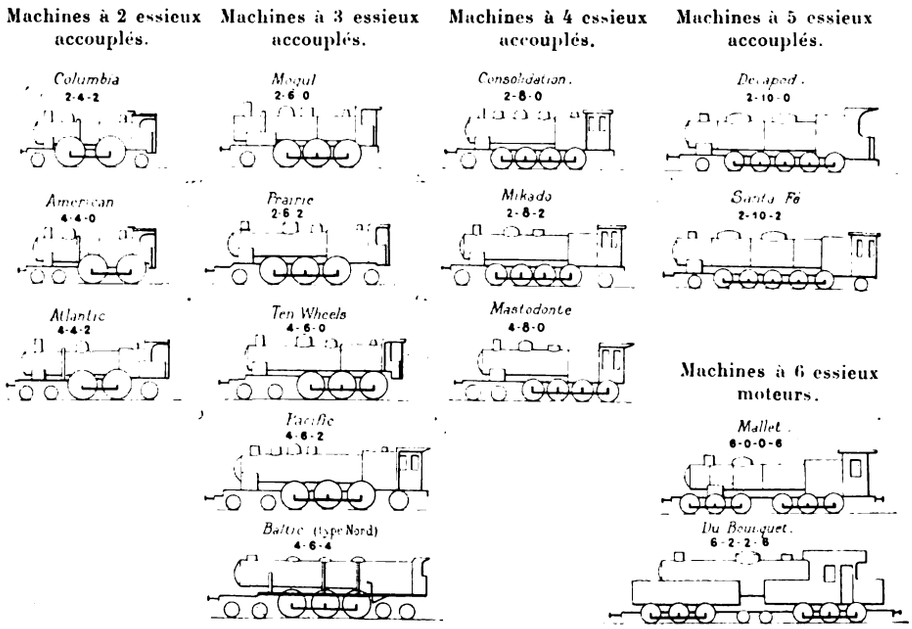


Fig. 1. — Disposition des essieux moteurs et porteurs dans les principaux types de locomotives actuellement en service.

dont le nombre et la position relative constituent les caractéristiques essentielles des différentes locomotives, tout au moins en ce qui concerne leur désignation. A. S.

Régulateur de pression pour le chauffage à vapeur des trains.

Ce nouveau type de soupape de réduction, qui a récemment fait l'objet de nombreuses expériences en Amérique, fonctionne de la manière suivante (fig. 1) :

La vapeur arrive par la conduite C, située à droite, et atteint directement la soupape de commande en remplissant une cavité annulaire entourant cette soupape.

La manette W sert à régler la pression; elle permet de comprimer le ressort V, lequel agit sur le plateau N, reposant sur le diaphragme R; la tige S de la soupape de commande prend appui contre la face inférieure de ce diaphragme et en épouse les mouvements.

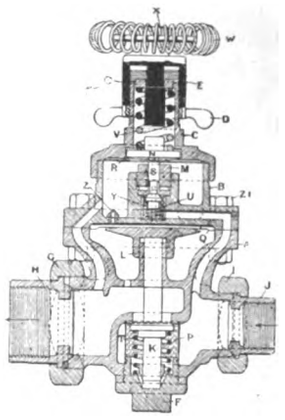


Fig. 1. — Régulateur de pression pour le chauffage à vapeur.

Quand la pression descend, dans la conduite générale, au-dessous de la limite prévue, la soupape de commande entre en action par suite de la pression du diaphragme R sur la tige S; la vapeur vient alors agir sur la face supérieure du diaphragme Q, la pression s'exerce sur la soupape principale K, en provoque l'ouverture et permet le passage de la vapeur.

La pression limite, rapidement atteinte, agit sur la face inférieure du diaphragme R, provoque le relevage du plateau N et la fermeture de la soupape de commande sous l'action du ressort U.

La pression réduite s'exerce aussi sur la face inférieure du diaphragme Q, de sorte qu'après la fermeture de la soupape de commande, la soupape principale peut se refermer elle-même sous la pression du ressort T.

Un bouchon de fuite Z est disposé pour la vapeur qui peut fuir autour de la soupape de commande; des crépines Y et P protègent les sièges des soupapes.

Ce régulateur, construit par la Gold Car Heating and Lighting C° de New-York, a fait l'objet de toute une série d'essais consistant :

1° A ouvrir les robinets d'accouplement du chauffage sur chacune des voitures d'un train au moment où la vapeur commençait à sortir au purgeur de la voiture précédente; les robinets de trois voitures furent parfois ouverts en même temps, sans que le manomètre accusât de modification sensible; la valve était réglée à 2 kg 11 par centimètre carré.

2° A laisser, pendant deux minutes, la valve de queue ouverte, puis à arrêter brusquement le chauffage sur toutes les voitures en fermant le robinet du tender, ou bien à former l'accouplement au tender et à laisser la vapeur s'échapper dans l'atmosphère; les variations du manomètre furent, dans l'un et l'autre cas, insensibles, sur le manomètre de pression réduite.

3° A ouvrir la conduite de vapeur en queue du train; le régulateur était alors réglé pour une pression de 2 kg 81 par centimètre carré; aucune variation ne fut constatée au manomètre. A. S.

Wagon-ambulance des chemins de fer de l'État d'Oldenbourg.

Cette voiture, construite par la Hannoversche Waggonfabrik, à Hanovre-Linden, est à deux essieux; sa longueur hors tampons est de 10m,80 et son empattement de 5 m; les essieux sont convergents du type Verein, la suspension a été particulièrement soignée.

L'embarquement des blessés se fait par l'une des extrémités, munie d'une plate-forme à garde-fou rabattable (fig. 1 et 2).

La caisse comporte deux compartiments indépendants; l'un, destiné aux blessés, offre huit places; l'autre, constituant une salle d'opérations, est réservé au personnel médical; les instru-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 11 (1er juin 1913), p. 420.

Digitized by Google

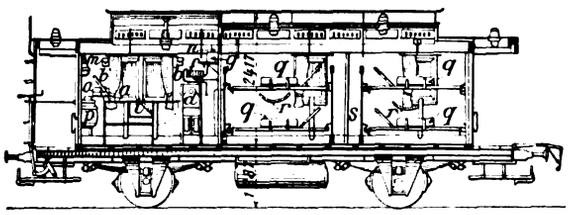
ments, les produits pharmaceutiques et les pansements sont enfermés dans des armoires spécialement aménagées.

Les huit civières, superposées sur deux plans, sont munies d'appareils de suspension élastique aussi parfaits que possible, amortissant au mieux les chocs dus au roulement.

Les parois intérieures sont lisses; leur nettoyage peut être ainsi parfaitement opéré.

La voiture est munie de conduites pour le chauffage par la

Fig. 1. — *Elévation.*



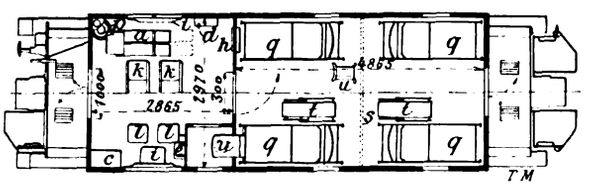


Fig. 2. — *Plan.*

Fig. 1 et 2. — Voiture d'ambulance des chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg. — *Compartiment pour médecins* : *a*, Table d'opération; *b*, récipient pour irrigateurs; *c*, Armoire pour pansements et instruments; *d*, Armoire-lavabo avec deux brocs à eau; *e*, Boîte en fer-blanc avec deux brocs à eau; *f*, Appareil à chauffer l'eau; *g*, Réservoir d'eau avec console; *h*, Fourneau à gaz; *i*, Table à charnières; *k*, Fauteuil pliant; *l*, Tabouret pliant; *m*, Etagère avec carafe et verres; *n*, Coffre pour manteaux d'opération; *o*, Stérilisateur; *p*, Tonnelet en verre. — *Compartiments pour blessés* : *q*, Civières; *r*, Poignées; *s*, Rideau en laine; *t*, Chaise longue pliante; *u*, Escabeau. — *Cabinet de toilette* : *v*, Water-closet.

vapeur à haute pression; un fourneau à gaz permet, en outre, un chauffage indépendant. A. S.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Mise en service et entretien des batteries d'accumulateurs Edison.

L'élément d'accumulateur Edison, comme l'accumulateur au plomb, se compose d'électrodes positives et négatives, d'électrolyte et d'un bac servant à contenir l'ensemble. L'électrode positive (nickel) est constituée par des tubes d'acier de 6 mm de diamètre intérieur et de 10 cm de longueur plaqués au nickel et remplis par bourrage d'un mélange d'hydroxide de nickel, de glucose et d'écailles d'un alliage nickel-cobalt. Après remplissage, ces tubes sont assemblés dans une grille support. L'électrode négative (fer) est constituée par une plaque alvéolée d'acier nickelé laminé à froid, dans laquelle sont introduites des briquettes constituées par un mélange de fer métallique et d'oxydes de fer. Le bac est composé d'un caisson en tôle d'acier nickelé, dont le fond et les côtés sont rapportés et soudés électriquement. Les parois sont ondulées pour augmenter la résistance mécanique. Le couvercle hermétique, de même nature que le bac et soudé à ce dernier, est perforé pour laisser passer, à travers des joints en caoutchouc, deux prises de courant, ainsi qu'une tubulure à soupape servant à la fois à l'échappement des gaz et à l'introduction de l'électrolyte ou de l'eau distillée nécessaire au remplissage.

Le bloc des plaques est isolé intérieurement du bac par des séparateurs en ébonite pure. Extérieurement, les parois sont recouvertes d'un vernis spécial évitant le rayonnement calorifique et permettant ainsi à l'élément de conserver une température favorable à ses meilleures conditions de fonctionnement.

L'électrolyte est composé d'une solution de potasse dans l'eau distillée additionnée de lithine. D'ailleurs, la composition de la solution restant invariable pendant la charge aussi bien que pendant la décharge, l'emploi d'un densimètre ne devient plus nécessaire.

L'élément d'accumulateur Edison se fabrique en deux types : l'un particulièrement approprié aux besoins de l'industrie automobile, l'autre destiné à des usages restreints, tels que l'allumage des moteurs à gaz et certaines petites installations d'éclairage. Les données électriques de ces deux types d'éléments font l'objet du tableau I.

Les régimes de charge et de décharge spécifiés à ce tableau ont été déterminés par les constructeurs en vue de réunir les meilleures conditions compatibles avec la pratique commerciale usuelle. A cet effet, ces données ont été basées sur une charge à courant constant, poursuivie pendant sept heures consécutives et à laquelle correspondent un rendement et une capacité optimes.

Une méthode différente consistera à charger la batterie sous tension constante en intercalant en série une résistance réglable, de sorte que le courant moyen au cours de sept heures de charge reste sensiblement égal au courant de régime normal. Toutefois, dans les cas où la durée de la charge doit être réduite, il devient préférable d'élever le régime en adoptant par exemple, pour une charge répartie en cinq heures, deux fois l'ampérage normal pendant les deux premières heures, une fois un tiers l'ampérage normal pendant l'heure et demie suivante et enfin les deux tiers de l'ampérage normal, jusqu'en fin de régime.

Les régimes de charge et de décharge sont facultatifs, sous réserve de deux observations suivantes :

1° Un faible régime de charge, bien que de nature à augmenter légèrement le rendement en ampères, n'assurerait pas une complète réduction, autrement dit ne chargerait pas entièrement l'élément fer, de sorte que le voltage de décharge deviendrait très irrégulier. Toutefois, un tel régime ne peut donner lieu à aucune avarie permanente et les conditions normales de la décharge seront rétablies après que l'élément aura été à nouveau soumis à son régime normal de charge. Dans le cas contraire,

Tableau I. — Données électriques des deux types d'élément d'accumulateur, système Edison.

Type d'accumulateurs	B2	B4	B6	A4	A6	A8	A10	A12
Capacité normale en ampères-heures	40	80	120	150	225	300	375	450
Voltage moyen de décharge par élément, en volts	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Régime de charge en 7 heures, en ampères	8	16	24	30	45	60	75	90
Régime de décharge en 5 heures, en ampères	8	16	24	30	45	60	75	90
Capacité normal en watt-heures	48	96	144	180	270	360	450	540
Voltage de charge maximum en volts	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Voltage de charge minimum en volts	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Digitized by Google

une charge continue à régime normal suivie d'une décharge à complet épuisement rétabliront les conditions de fonctionnement normal. Dans tous les cas, il importe que le régime de charge ne soit pas inférieur à la normale, sauf en fin de charge où ce régime peut sans inconvénient être réduit au tiers de la normale.

2° On devra observer que, malgré l'endurance des éléments fer-nickel contre les échauffements anormaux, un fonctionnement continu à haute température, occasionné par une succession de décharges excessives et plus particulièrement par des charges à fort régime, ont un effet destructif de nature à réduire la durée de la batterie.

L'effet d'un appel soudain du courant sur la tension aux bornes de l'élément est fonction de la résistance interne de ce dernier. Celle-ci est légèrement plus élevée dans l'élément Edison que dans la batterie au plomb ordinaire.

Il est intéressant de noter que la capacité de l'accumulateur alcalin augmente sous l'effet des premières successions de charge. Ce phénomène résulte vraisemblablement de l'amélioration apportée à la constitution chimique de l'électrode positive par les premiers cycles de fonctionnement qu'on lui fait subir. Cette progression de la capacité se poursuit souvent au delà des vingt premiers cycles ; elle est d'ailleurs activée par l'application de charges prolongées.

Au point de vue de la conservation des éléments, il suffit en pratique d'observer les deux recommandations suivantes : maintenir les électrodes immergées par l'addition ménagée d'eau pure ; conserver la siccité et la propreté de chaque élément en appliquant à ses parois externes un nettoyage mensuel.

Le remplacement de l'électrolyte ne devient nécessaire qu'après environ 250 décharges complètes. D'ailleurs, en dehors des opérations de charge régulières, ce type d'accumulateur n'impose aucune autre manipulation. En raison de la nature de l'électrolyte, la sulfatation si fréquente avec les accumulateurs au plomb n'est plus à craindre, de sorte qu'il n'y a lieu d'envisager aucune opération de réduction. Pour la même raison, les éléments Edison peuvent être abandonnés indéfiniment à eux-mêmes sans préjudice et la charge peut être prolongée indéfiniment sans danger.

Nous ne rappellerons, que pour mémoire, les avantages principaux de ce genre d'accumulateur, dont les propriétés ont été fréquemment citées. Indépendamment de leur faible poids, ces éléments sont caractérisés par leur robustesse et leur compacité. Ils présentent l'avantage d'éviter l'emploi d'acides et par suite de supprimer toute sulfatation et toute émanation de fumées corrosives, bien qu'il y ait également dégagement d'hydrogène.

A.-R. GARNIER.

La protection des bâtiments contre la foudre.

On n'est pas encore entièrement d'accord au sujet des meilleures dispositions à employer pour protéger les bâtiments contre la foudre (1) ; la hauteur à donner aux tiges, le nombre des tiges nécessaires, le métal à utiliser pour les constituer, le mode de liaison avec le sol, etc., ce sont autant de points auxquels les techniciens donnent souvent des solutions différentes.

Un spécialiste américain, M. E.-J. Berg, professeur d'électrotechnique à l'Université de l'Illinois, énonce à ce sujet les règles suivantes (2) :

1° *Efficacité du paratonnerre.* — L'expérience démontre que, pour des bâtiments qui étaient fréquemment sinistrés par la foudre, les accidents ont été rendus beaucoup moins fréquents après l'installation de paratonnerres; cependant, s'il est vrai que l'on peut protéger un bâtiment contre les décharges primaires, il est impossible de réaliser une protection parfaitement sûre contre les décharges secondaires; pour arriver à une certaine protection contre ces dernières décharges, il faudrait employer des toitures entièrement métalliques ou les recouvrir d'un filet; on ne saurait réaliser une sécurité parfaite qu'avec des constructions entièrement métalliques et mises à la terre.

2° *Degré de protection obtenu.* — Le degré de protection est élevé, mais à la condition que l'installation soit bien faite; la présence de joints mal conditionnés peut introduire des résistances excessives et faire se dévier la décharge sur les bâtiments.

3° *Nombre de tiges à employer.* — Le plus possible; la protection est d'autant meilleure que le nombre de tiges mises à la terre est plus élevé; pour un bâtiment de 30 m sur 15 m, une demi-douzaine de tiges n'est pas de trop.

4° *Installation des tiges.* — Les tiges doivent être placées à la plus grande distance possible des conduites de gaz, à eau, à vapeur, des balcons, des cheminées, des endroits où peuvent se trouver les occupants, etc.; il serait bon de les placer à quelque distance de la maçonnerie et même de les en isoler.

Les gaz chauds d'une cheminée sont bons conducteurs, par eux-mêmes ou par les parcelles qu'ils entraînent, et il est bon de placer un conducteur sur l'ouverture des cheminées; le conducteur doit être en cuivre (corrosion).

Il est bon de placer des herses aux angles des bâtiments, mais pour être efficaces, ces herses doivent être assez hautes; il est peu important que les tiges soient appointies ou non.

Les tours ou parties surélevées doivent être pourvues de tiges spéciales; celles-ci doivent être reliées directement à la terre, tout en étant reliées à l'ensemble du système protecteur; sur une cheminée de fabrique, on placera deux ou trois tiges sur le bord et une tige supplémentaire au sommet.

5° *Métal à employer.* — Dans les villes, où il y a toujours, plus ou moins, de fumée et de suie dans l'air, le cuivre vaut mieux; il n'y a pas d'avantage à employer un câble; une tige pleine est aussi bonne; un conducteur plat peut être un peu meilleur; mais cette forme de conducteur présente des difficultés d'emploi constituant un obstacle.

A la campagne, des tiges en fer galvanisé sont préférables; elles sont moins coûteuses et leurs caractéristiques électriques sont un peu plus favorables.

D'une façon générale, on peut dire en effet qu'au point de vue de l'obstacle offert à la décharge, la grandeur de la résistance a peu d'importance pourvu qu'elle soit faible, mais qu'il y a avantage, pour dissiper le plus rapidement possible l'énergie, à avoir une tige présentant quelque résistance.

6° *Forme et hauteur des tiges.* — Les conducteurs plats ont un léger avantage au point de vue électrique; mais cet avantage est peu appréciable en pratique; il ne compense pas les difficultés que présentent ces conducteurs comparativement aux conducteurs ronds ou aux tuyaux au point de vue du placement. On doit éviter autant que possible les coudes marqués. Il y a peu d'intérêt à employer des conducteurs ou des câbles de cuivre; ces conducteurs sont onéreux et ils ne sont pas plus efficaces que les autres. De même, il est sans avantage appréciable de recourir à l'emploi de tiges effilées spéciales; il suffit que les tiges se terminent par quelques pointes se projetant au-dessus du bâtiment à protéger.

7° *Prise de terre.* — La prise de terre peut être effectuée au moyen d'un tuyau à gaz galvanisé; un sol humide est avantageux; il semble y avoir intérêt à saler le sol dans le voisinage de la prise de terre, mais les prises de terre ainsi faites doivent être examinées périodiquement.

8° *Conduites d'eau et de gaz.* — Les conduites d'eau doivent être reliées au réseau protecteur; quant aux canalisations à gaz, il est préférable de les laisser isolées.

(1) Voir *Technique Moderne*, t. VI, n° 8 (15 avril 1913), p. 312.

(2) E.-J. BERG : Lightning protection of buildings, *General Electric Review*, janvier 1913, p. 50.

Digitized by Google

9° *Courants d'air.* — Les courants d'air peuvent introduire des volumes de gaz ionisés ou rendus conducteurs par une précédente décharge et il est désirable de les éviter.

10° *Voisinage du paratonnerre.* — Il peut être dangereux de se tenir à proximité des conducteurs d'un paratonnerre; en temps d'orage, il vaut mieux d'ailleurs éviter le voisinage de toutes les structures métalliques de quelque importance, de même que des cheminées, etc. H. M.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Artifice de montage pour tourner avec un tour ordinaire une pièce de forme elliptique.

Beaucoup d'ateliers manquant de tours spéciaux permettant de tourner des pièces de forme elliptique, il est intéressant de signaler un artifice de montage grâce auquel on peut se servir à cet effet d'un tour ordinaire. L'application de la méthode est limitée au cas où la pièce à tourner est calée en bout d'arbre et où le grand axe de l'ellipse est relativement court : de plus, le rapport de la longueur du grand axe à celle du petit axe ne doit pas être trop grand. Ces conditions sont remplies par une pièce que les constructeurs de freins continus ont à fabriquer en série et qui est la came correspondant à l'arrêt d'urgence. On peut aussi obtenir cette pièce au moyen d'une fraise de forme, en lui donnant le profil elliptique approché de la figure 2, tandis que la figure 1 représente la forme que l'on peut lui donner au moyen du tour et qui est celle d'une véritable ellipse.

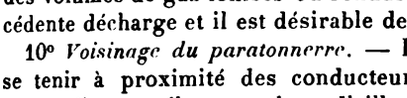


Fig. 1. — Came elliptique de frein à action rapide tournée avec un tour ordinaire.

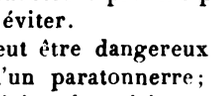


Fig. 2. — Profil primitif de la came, obtenu au moyen d'une fraise de forme.

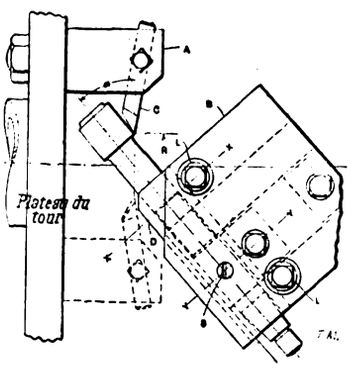


Fig. 3. — Montage pour obtenir une pièce elliptique au moyen d'un tour ordinaire.

Les figures 3 et 4 représentent, en plan et en vue latérale, le dispositif permettant d'obtenir ce résultat.

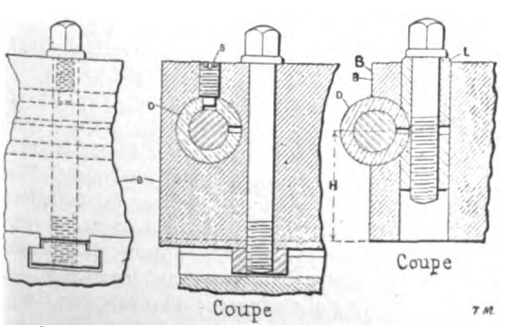


Fig. 4. — Vue latérale et coupe du montage.

A est un bloc porte-outil dans lequel l'outil C est assujetti au moyen d'un boulon de serrage.

B est le porte-ouvrage consistant en un chariot de fonte; la pièce à tourner, prise entre des coussinets D, est serrée au moyen de vis S; la hauteur H (fig. 4) de l'axe de ces coussinets au-dessus de la face dressée du banc du tour est exactement la même que celle de l'axe de la poupée du tour au-dessus du banc. L'axe de la pièce à tourner fait un angle a avec une droite parallèle au plateau du tour. Cet angle a détermine la longueur du petit axe de l'ellipse.

Le tracé très simple de la figure 5 permet de déterminer l'angle a en projetant un cercle dont le diamètre est égal au grand axe de l'ellipse, sous un angle suffisant pour que le petit axe ait la longueur voulue. Dans le triangle ABC, AC est le grand axe, AB est le petit axe et on a angle $BAC = a$.

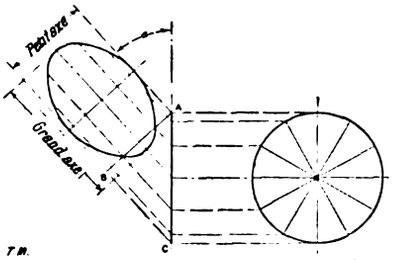


Fig. 5. — Détermination de l'angle a.

Le rapport des deux axes $\frac{AB}{AC}$ est égal au cosinus de l'angle dont on doit faire tourner le chariot porte-ouvrage pour obtenir le résultat cherché. C. L.

Bagues de graissage, système Tête.

Les bagues de graissage ordinaires présentent les inconvénients suivants :

1° La bague ne tourne pas régulièremet, elle saute;

2° La plus grande partie de l'huile entraînée par la bague est projetée contre les parois du palier et, de ce fait, le but à atteindre est manqué et on obtient un échauffement des paliers;

3° La bague n'étant pas parfaitement équilibrée, s'arrête par moments et il se produit des méplats sur la partie intérieure du roulement.

Pour remédier à ces inconvénients, on a essayé pour ces bagues différents alliages : le métal blanc coulé en coquilles est celui qui a donné les meilleurs résultats. La bague en laiton repoussé est bien supérieure (1).

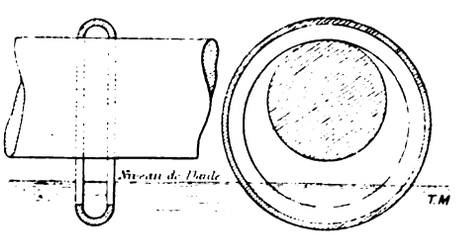


Fig. 1. — Bague de graissage (système Tête).

Cette bague, représentée sur la figure 1, est prise dans un flanc rond de laiton de 1 mm d'épaisseur, qui est couché sur un mandrin extensible présentant la forme à obtenir. La pièce est ensuite prise dans un mandrin creux pour l'alésage intérieur qui est fait au chariot.

L'huile remplit la gorge intérieure et se répand sur l'arbre au point de contact. La bague étant légère n'est pas entraînée au même nombre de tours que l'arbre, mais reçoit une vitesse réduite, ce qui évite les projections d'huile; elle ne saute pas et tourne régulièrement étant bien équilibrée.

L'expérience a montré qu'avec cette bague on empêche tout échauffement, quelle que soit la vitesse de rotation.

Dans le cas de machines tournant à plus de 3 000 tours, on emploie les mêmes bagues en aluminium.

Dans le cas de machines tournant à 200 tours et pour les gros moteurs électriques, on emploie, pour la fabrication, de la planche de laiton de $1^{mm},5$.

P. B.

(1) *Bulletin technologique*, septembre 1912.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Essais sur l'élément Edison. — Des essais effectués sur un élément Édison de 300 ampères-heure, établi pour un courant de charge et de décharge de 60 ampères, ont fait constater un rendement en watt-heure de 55 °/₀ et en ampère-heure de 85 °/₀: ces valeurs tombent à 32 et 60 °/₀ respectivement, lorsque l'on décharge l'élément en quarante minutes; la tension diminue d'une façon continue à mesure de la décharge; l'élément peut être laissé chargé pendant un temps indéfini. Abandonné à lui-même, l'élément perd environ 10 °/₀ de sa capacité pendant les trente premières heures, après quoi il ne bouge plus. La tension ne se relève pas complètement lorsque, après un certain temps de décharge, on rouvre le circuit.

(Communication de M. *C. W. Bennett*, American Electrochemical Society, Atlantic City, avril 1913.)

La protection et le renforcement des poteaux de lignes électriques. — Les lignes électriques, aussi bien pour la télégraphie et la téléphonie que pour la transmission et la distribution de l'énergie, se développent de plus en plus en tous pays.

Ces lignes sont en immense majorité aériennes et nécessitent de nombreux supports, qui sont le plus souvent en bois.

Il est impossible de donner une statistique précise, ni même une évaluation approximative du nombre de poteaux de support de ces lignes.

Les quelques chiffres suivants montrent que ce nombre est considérable :

On évaluait, en 1910, le nombre des poteaux en service aux Etats-Unis à 32 millions.

Si l'on tient compte que la durée moyenne d'un poteau en bois, très variable suivant les conditions où il est placé, ne dépasse guère une quinzaine d'années (en France, elle est de dix-sept à dix-huit ans), on voit que la consommation des poteaux dans le monde entier, tant pour l'entretien des lignes actuelles que pour la création des lignes nouvelles, est sûrement considérable.

C'est ainsi qu'en France, par exemple, pour les Télégraphes et Téléphones, la consommation annuelle a passé d'une centaine de mille seulement, il y a quinze ans, à 506 000 environ en 1912 (en deux séries, l'une de 299 525 et l'autre de 206 000). On pourrait considérer cette consommation comme absolument exceptionnelle; mais, avec les nouvelles extensions prévues tout dernièrement, il semble qu'on doive s'attendre à consommer, en France seulement, encore pendant deux ou trois ans au moins, de 400 000 à 500 000 poteaux par an, rien que pour les Télégraphes et Téléphones.

Si l'on ajoute à cette consommation celle des entreprises de transmission et de distribution d'énergie, qui ont employé en 1912 une quantité de poteaux en bois qu'on peut évaluer à 100 000 au moins, quantité qui ira nécessairement en croissant, avec les nombreuses extensions prévues, on voit combien la question de la prolongation de la durée utile des poteaux présente d'intérêt, puisque, s'en tenant aux résultats acquis, la durée moyenne des poteaux en bois tels qu'on les emploie actuellement ne dépasse pas dix-sept à dix-huit ans, et est dans certains cas bien inférieure à cette limite.

Cette question prend encore plus d'importance si l'on réfléchit que, lorsqu'il faut remplacer un poteau hors de service, la plus grande dépense est constituée, non pas par le poteau lui-même, mais bien par la main-d'œuvre de dépose de la ligne et de sa repose sur le support neuf, dépenses qui peuvent atteindre plusieurs fois le prix du poteau lui-même.

Depuis longtemps, cette question a attiré l'attention des spécialistes et les procédés pour prolonger la durée utile des poteaux sont nombreux, en tenant compte du fait constaté par l'expérience que les poteaux en bois plantés à même le sol, comme on le fait généralement, périssent toujours par dégradation localisée dans une zone très peu étendue au niveau du sol, alors que, si cette zone était efficacement protégée, la durée utile des poteaux pourrait être très notablement prolongée.

On peut classer les procédés employés en trois catégories :

1° Préparation préalable du bois par un antiseptique quelconque, le rendant moins sensible à l'action de l'atmosphère et du sol;

2° Protection du bois contre le contact du sol par une gaine protectrice ;

3° Substitution à la partie en bois placée dans le sol d'une base inaltérable.

M. Lecler examine successivement ces divers procédés de protection, en indiquant qu'il importe de tenir compte que les conditions à remplir sont différentes : pour les lignes télégraphiques et téléphoniques souvent remaniées, à fils multiples, et pour les lignes industrielles qui présentent un nombre de conducteurs plus réduits et moins sujets à modifications.

Les trois procédés les plus en usage sont le procédé *Boucherie* au sulfate de cuivre, employé par l'administration française des Postes et Télégraphes; le procédé *Kyan* au bichlorure de mercure, par trempage, et les divers procédés qui emploient la créosote.

La conservation des poteaux dépendant non seulement du traitement qu'ils ont subi, mais surtout de la nature du sol où on les plante, il est pratiquement impossible de demander des garanties de durée : tout ce qu'on peut exiger, c'est un traitement bien fait.

Toutes choses égales d'ailleurs, il est donc évident qu'un procédé permettant une vérification facile de la bonne exécution du traitement sera préférable à un autre pour lequel cette vérification sera impossible, et où il faudra s'en remettre aveuglément au fournisseur. Les divers procédés proposés, bien exécutés, donnent au reste tous de bons résultats et présentent chacun des avantages et des inconvénients qu'on trouvera décrits plus en détail dans le mémoire.

De tous ces procédés, le créosotage est celui qui donnerait la plus grande durée aux poteaux, mais il est coûteux, d'application difficile et, de plus, ne convient pas pour les pays chauds, sans parler des inconvénients qu'il présente au point de vue de la manipulation des poteaux.

On a créé un certain nombre de procédés modifiés pour remédier aux inconvénients du créosotage complet mais, en présence des frais et des difficultés entraînés par l'injection des poteaux entiers, et étant donné que ces divers procédés donnent une protection insuffisante dans certains cas, notamment dans les terrains contaminés ou infectés de champignons (par exemple le long des lignes de chemins de fer), on a été conduit à appliquer la seconde catégorie de procédés, qui consiste à protéger la partie la plus attaquable du poteau, le collet, par un revêtement extérieur.

On peut considérer comme un intermédiaire entre cette catégorie de procédés et la catégorie précédente, un procédé partiel, qui consiste à ne protéger que la base du poteau avec de la créosote ou avec une substance analogue.

C'est ainsi, par exemple que, dans ces dernières années, on a essayé sur une assez grande échelle un nouveau produit, l'*injectol*, qui s'applique par aspersion sur des poteaux préalablement traités au sulfate de cuivre (Boucherie).

C'est dans le même ordre d'idées que l'on a essayé le goudronnage, qui, à la différence du créosotage sous pression et de l'injectolage, reste absolument superficiel et, par suite, peut être enlevé facilement et cesse vite d'être efficace.

On a aussi essayé des cartons enroulés autour du collet des poteaux, par exemple du carton d'amiante.

Un des inconvénients de ces dispositifs est leur faible résistance mécanique, qui fait qu'ils sont exposés à disparaître facilement.

On a donc songé à employer des dispositifs plus résistants au point de vue mécanique et, en même temps, inattaquables par le sol. C'est ainsi qu'on a songé à mettre à la base des poteaux des gaines en ciment armé. Mais pour que ces gaines puissent être employées d'une manière pratique, il fallait qu'elles fussent d'un prix peu élevé et facilement applicables au besoin par le personnel d'entretien des lignes, sans spécialistes.

En vue de cette application, M. Lecler avait présenté au Congrès International d'électricité de Turin, en 1911, des dispositifs de gaines étudiés pour répondre à ces conditions. Sur l'initiative de M. Balling, ingénieur de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans,

Digitized by Google

et, suivant les indications de MM. Irle, contrôleur principal, et Nectoux, contrôleur du Service électrique de la Compagnie d'Orléans, à Tours, un certain nombre de ces gaines ont été exécutées sur des poteaux de 15 m à la gare de Tours. On a pu constater que les armatures employées se montaient très facilement, sans aucune gêne ni interruption dans le service des lignes, et que les moules et l'outillage de préparation et de coulée du ciment étaient d'un maniement facile et rapide. Le ciment était exécuté dans de bonnes conditions et les armatures restaient exactement à leur place et ne subissaient aucun déplacement pendant la coulée, le ciment ne nécessitant, d'ailleurs, pas de retouches après démoulage.

En ce qui concerne la manière dont se comporteront les poteaux placés dans ces gaines poteaux dont la hauteur totale est de 80 cm environ, dont 40 au-dessus du sol, les essais sont encore trop récents pour qu'on puisse en tirer aucune conclusion définitive.

La principale objection qu'on puisse faire à ce dispositif de gaines (dont le prix est très réduit), c'est l'impossibilité de sonder la partie du poteau placée dans la gaine. Etant donnée la faible hauteur de cette gaine, il semble cependant qu'il soit suffisant de vérifier en dessus et en dessous l'état du poteau.

En tout cas, la rapide dégradation des poteaux en bois (parfois en moins d'un an) étant indiscutablement due au sol, il est hors de doute que, en isolant ainsi complètement du sol la zone dangereuse des poteaux, on ne doive en prolonger notablement la durée. C'est ainsi que, d'après certains résultats recueillis en Allemagne relativement à des poteaux noyés dans du béton, il semblerait qu'on puisse, dans certains cas, doubler de la sorte la durée des poteaux.

Etant donnés, d'autre part, le bas prix de revient de ces gaines et la facilité de leur exécution, elles constituent un moyen intéressant de prolonger la durée des poteaux des lignes en service, d'autant plus que, comme pour les dispositifs exécutés en gare de Tours, il est facile de les munir de boucles en saillie, permettant de fixer ensuite, sur les poteaux, des haubans qui permettent de le raidir et de le redresser facilement sans gêner en rien le service des lignes, point important surtout quand il s'agit de lignes assurant des services publics.

Ces dispositifs de protection locale sont applicables également à des poteaux avant leur mise en service. Mais, dans le cas de lignes neuves, principalement pour des lignes chargées, il semble que, dans nombre de cas, il soit plus avantageux d'employer la troisième solution indiquée plus haut, à savoir la substitution d'une base inaltérable à la partie inférieure du poteau.

Cette idée n'est pas nouvelle, et M. Lecler décrit un certain nombre des dispositifs créés dans ce but.

C'est ainsi qu'on a fait des bases en fonte, en tôle et cornières remplies de béton et surtout en ciment armé.

Ces dernières, de conception relativement récente, ont reçu un certain nombre d'applications en France, en Allemagne, en Wurtemberg.

M. Lecler décrit quelques dispositifs, notamment ceux qu'il a imaginés pour faciliter l'assemblage des poteaux et des bases et en réduire le poids de manière à en permettre l'emploi facile.

On peut obtenir ainsi des poteaux mixtes d'un prix peu élevé et d'un poids réduit, point important à considérer lorsqu'il s'agit de lignes télégraphiques ou téléphoniques, placées le long des voies de chemins de fer, sur des talus difficilement accessibles, et exposés à des remaniements fréquents.

A ne considérer que le seul point de vue de la durée des lignes, il est préférable d'employer des poteaux en ciment armé, dont M. Lecler décrit quelques modèles en mentionnant qu'on semble attacher, depuis quelque temps, une certaine importance aux considérations d'esthétique.

Passant ensuite à la partie économique de la question, M. Lecler montre que les considérations de prix de revient ont une importance capitale dans le choix des poteaux.

Si l'on adopte encore si souvent le bois, malgré tous ses inconvénients, c'est à cause de son bas prix. Les poteaux en bois injectés de 6m,50 ou de 8 m ne coûtent guère, en effet, que 7 ou 10 fr, tandis que des poteaux métalliques reviennent à un prix beaucoup plus considérable (de 18 à 24 fr, par exemple).

Mais dans un poteau, le prix d'achat n'est pas seul à considérer, surtout quand il s'agit de supports très chargés, et le remplacement d'un poteau ne coûtant, par exemple, qu'une dizaine de francs, peut très vite entraîner une dépense d'une vingtaine de francs et plus en main-d'œuvre. Quand il s'agit de poteaux plus forts et très chargés, cette dépense devient considérable et, par exemple, le remplacement d'un poteau de 15 m, coûtant 40 ou 45 fr, entraînera une dépense supplémentaire de 100 ou 150 fr.

Si l'on considère que, dans certains terrains, ces remplacements doivent se faire fréquemment (parfois tous les ans), il est évident qu'il y a avantage à protéger ces poteaux sur place par des gaines en ciment, dont le prix peut être évalué à une quinzaine de francs par poteau en moyenne, et qui peuvent s'exécuter facilement avec le personnel ordinaire d'entretien, sans gêner le service des lignes.

Lorsque les poteaux sont en trop mauvais état pour être ainsi protégés, on peut recourir à l'emploi de bases en ciment armé, qui peuvent souvent être mises en place sans démonter les lignes supportées par le poteau, simplement en coupant le poteau à 30 cm environ au-dessus du sol et en substituant à la partie coupée une base en ciment faite d'avance.

Les principales objections faites jusqu'à présent à l'emploi de ces bases en ciment sont, d'une part, leur prix, et, d'autre part, leur poids élevé, qui rend leur emploi difficile pour les lignes peu accessibles.

M. Lecler pense que ces objections ne sont pas insurmontables.

En résumé, autant qu'il est permis d'en juger à l'heure actuelle, M. Lecler croit pouvoir tirer de l'étude qu'il a faite de la question, les conclusions suivantes :

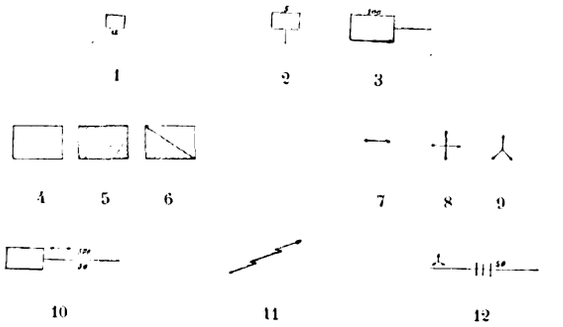
Pour les lignes peu chargées et en terrains ordinaires non contaminés, le poteau ordinaire, préparé par les procédés ordinaires, sera employé pendant longtemps encore à cause de son bas prix, ce poteau pouvant être éventuellement protégé au moment de la pose, ou plus tard, par des gaines en ciment faites sur le poteau lui-même, soit au chantier, soit en place, ou encore muni d'une base en ciment faite d'avance.

Pour les lignes chargées dans de mauvais terrains, en tenant compte des frais et des sujétions qu'entraîne le remplacement des poteaux, ou simplement la substitution d'une base de ciment à la partie inférieure du poteau, il semble préférable, dès l'installation de la ligne, d'employer des bases en ciment, pourvu que ces bases soient d'un poids et d'un prix plus réduits qu'actuellement, la partie supérieure du support étant soit en bois, soit métallique.

Pour les lignes importantes, par exemple pour les lignes de transmission à haute tension, à l'abri des remaniements fréquents et où la considération du poids des appuis devient secondaire, le poteau entièrement en ciment armé semble devoir être préféré à tout autre pour ses qualités d'économie et de durée.

(Communication de M. *Lecler*, Société des Ingénieurs civils, 7 mars 1913.)

Les symboles de la cartographie électrique. — Sur la demande de l'Administration des Ponts et Chaussées, une étude a été entreprise par la Société internationale des Electriciens afin de fixer les symboles



1, Centrales et usines génératrices; 2, usine de 500 kw; 3, usine de 10 000 kw; 4, usine thermique; 5, usine hydraulique; 6, usine mixte; 7, alternatif simple; 8, diphasé; 9, triphasé; 10, alternatif simple, 500 v, 50 p. 100; 11, signe indicatif de haute tension; 12, 3 lignes élémentaires de 50 mm² de section chacune (triphasé).

à placer sur les cartes pour désigner les usines et canalisations d'énergie électrique.

Les principaux symboles adoptés sont les suivants :

I. *Centrales et usines génératrices.* — Les usines sont représentées par des rectangles de dimensions variables pour chaque classe (fig. 1, 2, 3).

La puissance est indiquée par un chiffre placé à droite ou au-dessus

Digitized by Google

du rectangle, et qui exprime cette puissance en valeur arrondie de centaines de kilowatts.

II. *Nature de la force motrice principale.* — Elle est indiquée par hachures du rectangle (fig. 4, 5 et 6).

III. *Nature du courant.* — Elle est indiquée par un signe accolé pour courants alternatifs (fig. 7, 8 et 9).

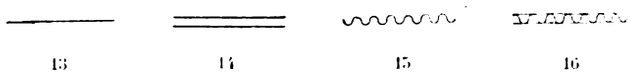
Le courant continu est spécifié par l'absence de signe additionnel.

IV. *Tension et fréquence.* — La tension du courant est indiquée à la sortie de l'usine sur la ligne, et la fréquence au-dessous. La haute tension, ou tension de deuxième catégorie des règlements français, peut être indiquée, lorsque le chiffre de la tension n'est pas spécifié, par un signe secondaire représenté sur la figure 11.

V. *Lignes de transport.* — On appelle ligne élémentaire, l'ensemble de conducteurs métalliques nécessaires et suffisants pour servir au transport de l'énergie d'un point à un autre ; les conducteurs sont constitués par un ou plusieurs fils ou câbles associés en parallèle. Une ligne est simple, double ou triple suivant qu'elle est formée de une, deux ou trois lignes élémentaires effectuant le même trajet entre deux points considérés.

Chaque ligne élémentaire est représentée par un trait perpendiculaire au circuit; la section de chacun des conducteurs est chiffrée à côté en millimètres carrés (fig. 12) :

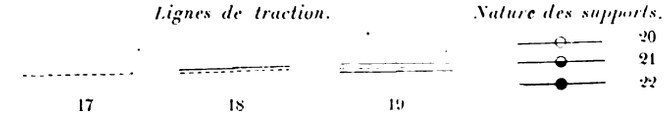
Lignes de distribution d'énergie.



13 14 15 16

13, ligne aérienne nue; 14, ligne nue en caniveau souterrain; 15, ligne isolée (sable armé); 16, ligne en caniveau et isolée.

Lignes de traction. *Nature des supports.*



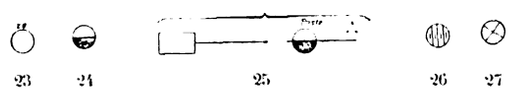
17 18 19 20 21 22

17, symbole du trolley; 18, trolley aérien; 19, trolley souterrain; 20, poteaux en bois; 21, poteaux en ciment; 22, poteaux métalliques.

La disposition de la ligne est caractérisée par les signes 13 à 19, et la nature des supports par les signes 20 à 22.

Dans le cas de changements de supports, sur une même ligne, deux des signes ci-dessus sont accolés à l'endroit du changement, dans l'ordre à partir de l'usine génératrice.

VI. *Sous-stations à postes secondaires.* — Le symbole fondamental est un cercle de diamètre variable avec l'importance du poste, chiffrée en centaines de kilowatts.



23 24 25 26 27

23, poste de 20 kw (statique); 24, poste avec appareils rotatifs; 25, centrale thermique courant continu et poste de transformation en triphasé; 26, sous-station accumulateurs; 27, poste de sectionnement.

Sans signe additionnel, il s'applique aux postes de transformation avec appareils non rotatifs.

La nature du courant transformé est indiquée sur la ligne secondaire partant du poste.

Le signe de sectionnement $\times$ se combine avec celui du poste.

Les dimensions des signes indiqués ci-dessus doivent en pratique être appropriées aux besoins et à l'échelle de la carte.

(Rapport présenté par M. *Brunswick* à la Société internationale des Electriciens, mars 1913.)

GÉNIE MARITIME

Engrenages pour la propulsion des navires. — Les engrenages installés sur le *Normannia* ont été visités, après une série de voyages représentant plus de 26 000 milles marins, soit environ mille cinq cents heures de marche et ils ont été trouvés en parfait état. L'économie réalisée serait de 40 °/₀ par rapport aux autres navires à turbines du même service. Deux cargos équipés, l'un avec turbines et engrenages, le *cairnross*, l'autre avec une machine alternative, le *cairngovan*, viennent de faire des essais simultanés qui ont fait ressortir une économie de charbon de 15 °/₀ en faveur du premier. L'auteur expose les recherches qu'il a faites avec ses collaborateurs pour réduire au minimum les imperfections des machines à tailler les dentures.

Les dispositifs adoptés détruisent la périodicité des erreurs dues à la fraise. La nouvelle méthode, appliquée pour la taille des dentures, permettrait d'obtenir des engrenages remarquablement silencieux. On construit actuellement un jeu destiné à transmettre une puissance de 6 000 ch. Le professeur Biles rappelle les raisons qui ont fait envisager l'utilité d'une démultiplication. Il insiste sur le peu de bruit que font les roues dentées. Sur les navires du service Havre-Southampton, on n'a reçu aucune plainte des passagers à ce sujet.

Le professeur Föttinger fait remarquer que, dans une installation importante, les constructeurs d'engrenages ont envisagé la répartition de la puissance sur un grand nombre de pignons (dix-huit dans une étude présentée pour un cuirassé à quatre arbres, correspondant à dix-huit turbines séparées); or, l'emploi du transformateur hydraulique permet de transmettre les plus grandes puissances actuellement développées sur un navire par trois ou quatre arbres d'hélices, ne comportant chacun qu'une seule turbine et seulement deux paliers primaires ; la turbine de marche arrière est totalement supprimée, son transformateur permet de faire marche arrière en quelques secondes avec une puissance égale à 80 °/₀ de celle de la marche avant. Il communique les résultats des essais d'endurance de l'appareil de 10 000 ch construit pour le paquebot destiné à la ligne de Panama, essais pendant lesquels le rendement de 90 °/₀ a été atteint.

Selon le professeur Föttinger, la différence de rendement entre la transmission mécanique et la transmission hydraulique est plus faible qu'on le croit, parce que, pour la première, il y a lieu de défalquer une perte d'environ 1 °/₀ pour le palier de butée (en effet, la poussée de l'hélice n'y est plus équilibrée en partie par la poussée inverse de la vapeur dans l'hélice, tandis que, dans l'installation hydraulique, il y a une compensation à cette poussée dans le transformateur) et une autre perte que M. Föttinger estime à 3 °/₀ et qui est due à la marche à vide des aubages de marche AR de la turbine. Par contre, la perte de 10 °/₀ de l'installation hydraulique serait réduite à 8 °/₀ du fait de la rentrée dans le circuit d'alimentation de la chaleur dissipée dans le transformateur.

Le transformateur Föttinger peut donner une réduction de 7 1/2 à 1 avec deux aubages secondaires et de 10 ou 12 à 1 avec trois aubages. Il y a, dans ce dernier cas, une diminution de rendement de 2 °/₀ par rapport au rendement d'un appareil dont le rapport de réduction serait seulement de 5 à 1. M. Föttinger estime que si une réduction de 25 ou 20 à 1 était nécessaire, les engrenages ne seraient pas concurrencés, par son transformateur, mais que, pour les rapports usuels de 5 ou 6 à 1, son appareil a un rendement très voisin de celui des roues dentées et de plus des qualités manœuvrières qui lui donnent une réelle supériorité.

M. de Ferranti, l'ingénieur électricien bien connu, expose ses travaux personnels sur la question des engrenages. Il déclare en outre qu'il ne croit pas la transmission électrique applicable à bord, sauf en quelques cas particuliers.

M. B.-J. Blackburn examine la question du graissage : circuit de graissage commun à la turbine et aux engrenages, circuits séparés, emploi possible d'huile contenant du graphite en suspension.

M. C.-C. Cook, collaborateur de M. Parsons, donne quelques renseignements sur la construction des engrenages : les roues sont en acier à forte teneur en carbone, les pignons en acier au nickel donnant 25 à 30 °/₀ d'allongement. L'acier au carbone n'aurait pas donné de bons résultats pour ceux-ci. Il conteste le chiffre de 3 °/₀ indiqué par M. Föttinger pour la puissance absorbée à vide par la turbine de marche arrière. Selon M. Cook, cette puissance serait inférieure à 1 °/₀. En outre, il se dit partisan des grandes démultiplications.

M. Parsons déclare également élevés les chiffres que le professeur Föttinger indique pour la perte au palier de butée et à la turbine arrière. Examinant la question graissage, il dit que la qualité de l'huile n'a pas d'action sur le bruit et que l'emploi d'huile épaisse n'est pas nécessaire. Le gain de 40 °/₀ réalise sur le *Normannia* est dû, pour la moitié, à l'emploi de la réduction et pour l'autre moitié à la supériorité des formes de carène qu'il a été possible de réaliser grâce à la réduction de poids et d'encombrement.

(Communication de Sir *Ch. Parsons*, Institution of Naval Architects, Londres, mars 1913.)

L'emploi de l'air comprimé pour les appareils auxiliaires des navires à moteurs à combustion interne. — L'équipement des navires

Digitized by Google

avec des moteurs à combustion interne soulève le problème de l'alimentation des appareils auxiliaires. Dans plusieurs cargos récemment mis en service, on a conservé une chaudière auxiliaire dans le but, selon l'auteur, de ne pas multiplier les inconnues dans une installation nouvelle. M. Reavell veut montrer les avantages de l'emploi de l'air comprimé.

Il a recueilli un grand nombre d'observations sur la dépense des cylindres des appareils auxiliaires. En particulier, le servo-moteur d'un cargo de 2 000 ch consomme par très mauvais temps dans un voyage Europe-Amérique, une moyenne de 2 m³ 500 environ par minute d'air pris à la pression atmosphérique, avec des pointes de 7 m³, tandis que, par beau temps, la moyenne tombe à 0 m³ 450 environ.

On a suggéré l'emploi de l'air fourni par le cylindre B. P. du compresseur à trois cylindres du moteur principal, ce que l'auteur ne recommande pas pour des raisons de sécurité de marche.

Si, dans un cargo, le servo-moteur consomme seul de l'air à la mer (on suppose le groupe électrogène indépendant), il faut compter, au port, avec les treuils. L'auteur cite un cas où il était spécifié qu'il fallait que huit treuils, travaillant simultanément, puissent enlever chacun une charge de 5 t à la vitesse de 24 m par minute, avec une pression d'air de 7 kg/cm². Un premier calcul montrait qu'il fallait pour cela un compresseur dont le moteur aurait une grandeur égale à la moitié de celle du moteur principal du navire.

Une étude approfondie du fonctionnement des treuils montra cependant que, par suite de la succession des opérations de levée, de descente ou d'orientation de la charge, et de la non simultanéité des phases de chaque opération pour tous les treuils du navire, il était possible, par une entente entre l'armateur, les constructeurs de coque et de machines, de réduire le compresseur à de plus petites dimensions, ce qui fut fait.

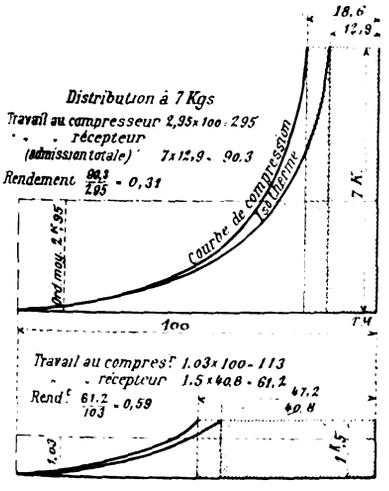


FIG. 1.

M. Reavell dit que dans un navire de 5 000 ch, le compresseur auxiliaire de manœuvre est suffisant pour alimenter les treuils avec de l'air prélevé à son cylindre B. P.

Il démontre que, bien que cela paraisse paradoxal, le rendement est meilleur avec une faible pression d'air qu'avec une forte (fig. 1) : en effet, le rapport du travail recueilli dans les cylindres d'un treuil, par rapport au travail absorbé dans le compresseur est plus grand à 1 kg 5 par centimètre carré qu'à 7 kg, à cause de la perte de chaleur de compression dans le réservoir (dans l'hypothèse d'une compression par laquelle 4/10 de la chaleur développée dans la compression adiabatique serait conservée).

Le réchauffage de l'air par les gaz d'échappement est inutile si cet air n'est pas utilisé immédiatement à la sortie du compresseur; un autre avantage de la distribution d'air à basse pression est d'éviter la congélation à l'échappement.

L'installation d'air comprimé supprime, par rapport à la vapeur, les inconvénients de la condensation dans les tuyaux; il fait disparaître les collecteurs d'échappement. Le système de manœuvre des appareils qui est familier aux hommes n'est pas changé.

Les pompes peuvent être aussi bien alimentées à l'air comprimé.

Pour le chauffage des locaux habités du cargo, M. Reavell suggère l'emploi du chauffage à circulation d'eau chaude, cette eau est chauffée par les gaz d'échappement du moteur principal (en mer) ou du moteur du compresseur auxiliaire (au port).

Le professeur Henderson fait remarquer que les diagrammes de M. Reavell montrent clairement la perte qui résulte de ce que les cylindres de treuils, etc... fonctionnent sans détente; il serait avantageux de chercher à réaliser une transmission de force par fluide incompressible.

(Communication de M. *Reavell*, Institution of Naval Architects, Londres, mars 1913.)

Au sujet d'une installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre. Combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation à turbines. — Les installations combinées ont été appliquées avec succès aux paquebots, et les résultats économiques ont été si évidents que la marine militaire a songé à les adopter sur les cuirassés. Quelques installations avaient déjà été réalisées sur des contre-torpilleurs, et plusieurs solutions ont été proposées pour les gros navires. L'une de celles-ci, présentée simultanément par différents constructeurs a été étudiée en détail par M. Cacaud. La disposition générale est la suivante : le navire a quatre arbres, les appareils d'un bord sont symétriques à ceux de l'autre bord. Sur l'arbre extérieur, il y a une turbine HP contenant une roue à action à l'entrée et un tambour à réaction, et une turbine HP de marche AR de dispositions similaires. Sur l'arbre intérieur, il y a, vers l'AR, une turbine BP contenant un aubage de marche AV et un aubage de marche AR et, vers l'AV, une machine alternative à double expansion, à graissage sous pression. La turbine BP forme volant pour cette dernière.

Aux faibles allures, et jusqu'à 17 nœuds, la vapeur est admise tant en marche AV qu'en marche AR à la machine qui évacue à la turbine HP, d'où la vapeur passe à la turbine BP.

Au-dessus de 17 nœuds, la machine évacue à la quatrième expansion de la turbine HP et on admet directement de la vapeur vive à l'entrée de celle-ci, de sorte que la machine alternative et la partie amont de la turbine HP fonctionnent en parallèle. La puissance maximum de la machine est atteinte à 17 nœuds, et au delà de cette vitesse, elle diminue peu à peu par suite de l'augmentation de la contrepression dont l'effet est prépondérant sur l'augmentation de la vitesse angulaire. Les tuyautages sont très simples, l'évacuation soit à l'origine de la turbine HP, soit à la quatrième expansion est réglée par une commande conjuguée très simple à concevoir. L'ensemble de l'appareil est aussi économique aux allures de croisière que les anciennes machines alternatives, et, à grande vitesse, il l'est autant que l'installation entièrement à turbines. L'économie de poids réalisée serait de 15 à 20 °/₀ et la simplicité de conduite plus grande que celle des installations primitives avec turbines de croisière HP et MP.

La machine alternative doit être traitée comme les machines récentes de contre-torpilleurs, mais avec plus de liberté dans les tracés, qui seront moins serrés et dans le choix des matériaux dont les échantillons seront beaucoup plus robustes, puisque l'on sera moins limité en poids. Le nombre de tours maximum est prévu à 260 dans le projet Cacaud, et les coefficients d'usure sont ainsi très inférieurs à ceux d'une machine de contre-torpilleur (350 tours). La surveillance des attelages mobiles, facilitée par de larges portes, sera assurée par des thermomètres plongés dans les tuyaux de retour d'huile du graissage forcé, en disposant un retour séparé pour chaque portée importante; cette disposition existe déjà pour les paliers de turbines.

(Communication de M. *Cacaud*, Association technique maritime, 1913.)

MÉTALLURGIE

Influence du nickel et du chrome sur la corrosion de l'acier. — Il résulte des expériences que la corrosion des aciers au nickel s'exagère avec le temps; les essais faits pendant une courte durée ne sont donc pas concluants.

Ceci s'accorde avec l'opinion d'ingénieurs qui ont vu des aciers résister pendant un long temps, puis « périr » brusquement. On sait que, dans ces aciers spéciaux, le phénomène de segrégation est fréquent, ce qui favorise la production de couples électriques avec, comme conséquence, une corrosion rapide.

Les aciers au chrome se corrodent moins rapidement en milieu neutre, tandis qu'ils sont facilement attaqués par les acides.

Le chrome facilite le solubilité du fer dans l'acide nitrique (malgré la passivité du fer), le maximum est obtenu avec 4 °/₀ de chrome; à 20 °/₀, l'alliage devient insoluble dans le même acide.

(*Friend-West-Betley*, Iron and Steel Institute, mai 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STASTITIQUES

Production et consommation du soufre.

Le soufre brut est employé dans l'industrie du sulfure de carbone et dans celle de la pâte à papier.

Le soufre raffiné sert notamment dans la fabrication des acides sulfureux et sulfurique, des sulfites et hyposulfites, des sulfures métalliques, des allumettes (plus d'un million de kgs de soufre ont été employés en France en 1910 dans les manufactures d'allumettes), de la poudre à feu, de la vulcanisation du caoutchouc, du moulage des médailles, dans certaines préparations pharmaceutiques. Pour sceller le fer dans la pierre, entre autres, pour le scellement des supports métalliques pour conducteurs électriques dans des isolateurs en faïence, on utilise le soufre.

Les sucreries pour le blanchiment des jus, les fabriques de balais, les manufactures de laine et de soie emploient le gaz sulfureux pur.

La viticulture est devenue le principal consommateur de soufre, surtout pour combattre l'oïdium et le mildiou. La cochylis se combattrait aussi, en brûlant du soufre au pied de chaque cep. Le travail de vinification fait aussi appel au soufre : les mèches soufrées sont d'un grand emploi dans le mutage des vins.

L'agriculture utilise le sulfate de fer pour détruire les mousses et plantes nuisibles. Les bouillies bordelaise et bourguignonne, qui sont à base de sulfate de cuivre, combattent les ennemis des cultures.

On exploite surtout le soufre, en Sicile et aussi en Louisiane (Etats-Unis). Dans ce dernier pays, on fond le soufre au sein de la terre et on l'extrait ensuite à l'état liquide par l'air comprimé.

La production mondiale des minerais de soufre, qui avait été de 2 887 000 t en 1907, a été de 3 157 000 t en 1910. Sur ce dernier chiffre, 2 815 000 t provenaient d'Italie (Sicile) et 305 000 t des Etats-Unis (Louisiane).

L'exploitation des gisements de la Louisiane ne remonte qu'à quelques années, tandis que ceux de la Sicile (surtout ceux de la province de Caltanisetta) sont productifs depuis très longtemps.

En France, les importations de soufres divers ont été de 196 263 t en 1909 et de 267 969 t en 1911. Pour cette dernière année, la France, par contre, n'a exporté que 32 671 t de soufre. L'emploi de soufre s'est donc considérablement accru chez nous depuis deux ans, surtout en viticulture.

Le soufre se raffine en Sicile, à Marseille, à Trieste, à Anvers, aux Etats-Unis. Marseille a reçu, en 1910, 58 517 t de soufre (dont 42 281 t de Sicile et 16 236 t des Etats-Unis) contre 44 236 t en 1909. En 1910, Marseille a exporté 9 568 t de soufre épuré et sublimé (dont 6 931 t vont en Algérie).

Ces chiffres, cités par M. Edouard Payen dans une étude publiée dans « L'Economiste français » et que nous venons de résumer, montrent le grand développement de l'industrie soufrière et l'augmentation constante de la consommation du soufre en France, grâce surtout à notre viticulture.

Le marché des pyrites de fer considérées comme minerais de soufre.

M. Bruno Wetzig (1) a publié un exposé intéressant de l'état actuel du marché des pyrites de fer considérées comme minerais de soufre. La consommation de ces minerais augmente d'une façon à peu près constante de 200 000 t par an. Malgré la crise économique générale de 1907, la consommation des pyrites n'a pas diminué; tout au plus, y a-t-il eu stagnation pour 1908 et 1909, mais les années suivantes accusent un accroissement considérable; de 1908 à 1911, la consommation a augmenté de près d'un million de tonnes.

Cet excédent de consommation est principalement accusé par les Etats-Unis : 350 000 t; viennent ensuite l'Allemagne avec plus de 200 000 t et l'Angleterre 100 000 t; puis, pour des quantités moindres : la France, l'Espagne, la Belgique, la Scandinavie et l'Australie.

On ne peut plus, à l'heure actuelle, établir de statistique séparée pour les pyrites ordinaires et les pyrites cuivreuses, car la spécification est variable suivant les pays; les Etats-Unis considèrent comme cuivreuse une pyrite à 0,5 °/₀ de cuivre; l'Espagne compte à partir de 1,0 au lieu de 2,5 °/₀ précédemment.

Ces pyrites sont utilisées principalement pour la fabrication de l'acide sulfurique, dont les débouchés principaux sont le superphosphate et le sulfate d'ammoniaque; d'autres industries utilisent aussi des quantités importantes de pyrites, en particulier la cellulose. En Allemagne, par exemple, ces emplois secondaires en consomment annuellement 150 000 t. En Norvège, les fabriques de cellulose emploient 40 000 t de pyrites, aux Etats-Unis 300 000 t. Pour ce dernier pays, la production d'acide sulfurique atteint 1 532 000 t, exprimée en monohydrate; sur cette quantité, environ 200 000 t proviennent du grillage d'autres minerais de cuivre et des blendes.

Le grand producteur de pyrites est toujours l'Espagne; en plus de sa propre consommation (60 000 t), elle assure environ 75 °/₀ de celle des autres pays. Depuis quelque temps, les quantités exportées se rapprochent des quantités extraites. Pour 1911, on trouve dans les tableaux ci-dessus : 3 100 000 t environ contre 3 600 000 t; 400 000 t de minerai trop pauvre en soufre ont été traitées sur place par fusion.

Le Portugal vient en seconde ligne comme producteur de pyrites, mais son exportation est encore inférieure à celle de la Norvège. La production de ce dernier pays est devenue très importante; son débouché principal est le marché anglais.

La Turquie paraît devoir devenir également un producteur intéressant; on manque de renseignements précis sur le débit total de ses exploitations; des indications particulières fixent à 150 000 t la production annuelle de la mine de Kassandra.

Nous reproduisons ci-dessous les renseignements statistiques recueillis par B. Wetzig. L'auteur fait remarquer que quelques chiffres, d'ailleurs annotés, résultent d'estimation, car les statistiques officielles ne séparent pas toujours nettement les pyrites des autres minerais. Pour la France, par exemple, les importations indiquent pour 1910, 309 000 t et 318 000 t, alors que le port de Huelva nous a, à lui seul, expédié en 1911, 356 000 t de pyrites.

D'après la production française d'acide sulfurique qui est d'environ 900 000 t, exprimée en monohydrate, on évalue nos importations de pyrite en 1911 à 450 000 t.

TABLEAU I. — *Production de pyrites (minerais de soufre) des différents pays.*
(En milliers de tonnes.)

PAYS	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911
Allemagne	185	196	196	219	297	215	217
Espagne	2 800	3 088	3 376	3 249	3 148	3 543	3 605
Portugal	352	350	281	343	363	416	477
Norvège	199	229	225	250	256	346	350
France	267	265	282	240 (1)	240 (1)	240 (1)	240 (1)
Italie	117	122	126	131	149	170	170
Autriche	106	112	99	95	98	100 (1)	100 (1)
Etats-Unis	253	261	247	223	247	238	300
Russie	?	20	20	25	35	58	?
Serbie	»	»	3	30	21	36	32
Canada	30	38	41	60	57	80 (1)	100 (1)
Turquie	»	»	»	78	80	100 (1)	150
Angleterre	12	»	»	9	8	9	9
Japon	»	»	»	33	26	»	»

(1) Estimations.

Importations de pyrites dans les différents pays.
(En milliers de tonnes.)

	1908	1909	1910	1911
Allemagne	659	691	792	862
Etats-Unis	668	688	807	1 001
Angleterre	780	791	812	892 (1)
France	347	350	380 (1)	450 (1)
Autriche	130	141	153	150
Italie	164	150	115	115
Belgique et Hollande	145	145	180 (1)	250 (1)
Russie	100	100	115	115
Danemark, Suède, Portugal	?	24	30	34
Australie, Afrique	?	14	28	36
	2 993	3 094	3 412	3 905

Exportations de pyrites des différents pays.
(En milliers de tonnes.)

	1908	1909	1910	1911
Espagne	2 491	2 416	2 588	3 107
Portugal	364	295	322 (1)	293 (1)
Norvège	217	216	306	315
Canada	60	57	80 (1)	100
Turquie	78	80	100 (1)	150
Serbie	»	21	36	32
	3 210	3 085	3 431	3 497

S.

(1) Estimations.

(1) *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 22 novembre 1912.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

TOME VI (Premier Semestre 1913)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES*

A

Pages.

Abrasion (Essais d') effectués sur des aciers [nº 2] . . . 78
Absorption (La créatinine ; ses effets dans le sol sur la croissance et l') [nº 8] 311
Accidents de moteurs Diesel (Les) [nº 4] . . 155
Accidents du travail (Congrès international de prévention des) et d'hygiène industrielle [nº 1] . . . 748
Accidents du travail (Loi du 13 décembre 1912 faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs des dispositions de la loi du 9 avril 1898 sur les) [nº 8] . . . 320
Accidents dans les travaux à l'air comprimé [nº 7] . . . 251
Accouplement universel élastique pour locomotives. *Brev.* Ateliers de Constr. électriques du Nord et de l'Est [nº 3] 121
Accumulateurs (Automotrices à) avec moteurs sur chaque roue [nº 1] . . . 36
Accumulateurs Edison (Mise en service et entretien des batteries d'), A. R. Garnier [nº 12] . . . 473
Accumulateurs (Emploi du bois dans les). *Brev.* Marino [nº 1] . . . 44
Acétate d'alumine (Hydrofugation par l') [nº 1] . . . 34
Acétate de cellulose (Sur l') [nº 1] . . . 38
Acétate de cellulose (Sur le travail de l') [nº 2] . . . 75
Acétates de cellulose (Procédé de production des). *Brev.* Société chimique des Usines du Rhône [nº 11] . . . 442
Acétone (Un succédané industriel de l'). M. Beudet [nº 11] . . . 421
Acétylcellulose. *Brev.* Société chimique des Usines du Rhône [nº 9] . . . 361
Acide carbonique de fermentation (Bières claires à fermentation haute ; utilisation de l') [nº 2] . . . 75
Acide chlorhydrique. *Brev.* Electric-Smelting and Aluminium Co [nº 3] . . . 121
Acide chlorhydrique (Production d'alumine, d'), d'alcalis caustiques et d'un ciment hydraulique blanc, au moyen de sel, d'argile et de calcaire [nº 2] . . . 74
Acide citrique. *Brev.* Salpetersaure-Industrie-Gesells. [nº 5] . . . 203
Acide formique (Action de l') sur les colorants du triphénylméthane [nº 10] . . . 398
Acide sulfurique. *Brev.* F. Perry [nº 3] . . . 121
Acide sulfurique (L'action de l') sur les plantes [nº 12] . . . 468
Acide vanadique commercial (Analyse de l') [nº 2] . . . 75
Acier (Bronzage de l') [nº 10] . . . 397
Acier doux (Application du thermit anti-soufflures aux lingots d') [nº 3] . . . 107
Aciers (Essais d'usure au frottement effectués sur des) : essais d'abrasion [nº 2] . . 78
Acier (Fabrication de l') en France [nº 8] . . 320
Acier fondu (Emploi des billes en), agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux. E. Gay [nº 5] . . . 192
Acier fondu (Nouveau procédé de fabrication de l') en vue d'augmenter le rendement [nº 4] . . . 159
Aciers et fontes (Microstructure des) [nº 8] . . 319
Acier (Impuretés solides non métalliques contenues dans l') ou « sonims » [nº 5] . . 201
Acier (Influence du nickel et du chrome sur la corrosion de l') [nº 12] . . . 479
Acier (Prix de l') dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [nº 7] . . . 288
Acier (Procédé pour empêcher l'oxydation ou la rouille du fer et de l'). *Brev.* F. R. G. Richards [nº 11] . . . 447
Aciers rapides (Mandrin Taylor à serrage concentrique pour) [nº 2] . . . 70
Aciers tenaces (Essais au choc sur barreaux entaillés pour les) [nº 6] . . . 239
Aciéries (Les machines soufflantes pour). H. Noble [nº 8] . . . 306
Action électrolytique sur le béton non armé [nº 2] . . . 79
Aéronats modernes (La construction des) [nº 10] . . . 398
Aéroplanes. *Brev.* Société des aéroplanes « La Mouette » [nº 9] . . . 361
Aéroplanes (Direction pour). *Brev.* Morane-Saulnier [nº 3] . . . 121
Aéroplanes (Dispositif pour assurer automatiquement la stabilité des). *Brev.* Deperdussin [nº 5] . . . 202
Aéroplanes (Sur une formule de vitesse applicable aux) [nº 2] . . . 72
Aéroplane (Au sujet de l'emploi dans la construction de l') des empennages porteurs [nº 3] . . . 115
Aéroplanes (Nouvelle méthode de conduite des) par leur moteur [nº 6] . . . 234
Aéroplane mixte, terrestre et marin. *Brev.* J. Donnet et H. Levêque [nº 7] . . . 282
Aéroplanes (Sur un nouveau principe de stabilité longitudinale des) [nº 8] . . . 317
Aéroplane (Sur la sécurité en) [nº 6] . . . 234
Aéroplanes (Stabilisateur automatique longitudinal pour). *Brev.* R. Esnault-Pelterie [nº 9] . . . 361
Aéroplane à vitesse variable par modification de l'inclinaison relative des surfaces alaires et de l'empennage, en vue de réduire la résistance à l'avancement de ces surfaces. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [nº 11] . . 442
Affinage des métaux. *Brev.* M. Caire. . . . 287
Age des animaux (Influence de l') sur la digestibilité des aliments. H. Pillaud [nº 2] . 63
Agglomérés (Briquettes et) [nº 4] . . . 158
Agrologique (Etude) du manganèse [nº 1] . 38
Aiguille d'injection (Non-étanchéité de l') des moteurs Diesel [nº 8] . . . 292
Aiguilles des transbordeurs électriques [nº 12] . . . 462
Aimant mobile (Sur un galvanomètre amorti à) [nº 1] . . . 39
Air comprimé (Emploi de l') pour les appareils auxiliaires des navires à moteurs à combustion interne [nº 12] . . . 478
Air comprimé employé pour serrer les machines à mouler [nº 9] . . . 341
Air comprimé (La réglementation du travail dans l'). J.-P. Langlois [nº 7] . . . 248
Air liquide (Les explosifs à base d'). J. Delpech [nº 8] . . . 311
Air liquide (Préparation de l'oxygène et de l'azote au moyen de l'). *Brev.* Industrie Gas-Gesells. f. Sauerstoff und Stickstoff Anlagen [nº 11] . . . 443
Air en mouvement (Sur la résistance des sphères dans l') [nº 5] . . . 198
Alcalis caustiques (Production d'alumine, d'acide chlorhydrique, d') et d'un ciment hydraulique blanc au moyen de sel d'argile et de calcaire [nº 2] . . . 74
Alcool (L') pour automobiles [nº 10] . . . 378
Aldéhyde éthylique (Action des rayons ultra-violets moyens et extrêmes sur l') [nº 6] . 235
Aléser (Machine à tourner et) des pièces lourdes ou encombrantes. *Brev.* Compagnie de Fives-Lille [nº 11] . . . 444
Aliments (Influence de l'âge des animaux sur la digestibilité des). H. Pillaud [nº 3] . 63
Alliage d'aluminium. *Brev.* Coles [nº 3] . . 126
Alliages d'aluminium et de vanadium (Sur les) [nº 5] . . . 201
Alliages du cobalt avec le chrome et les autres métaux [nº 1] . . . 40
Alliages du cuivre (Les) et leurs récents progrès. L. Guillet. Conférence [*Supplément* au nº 4].
Alliages cuivre-zinc-nickel (Sur les) [nº 4] . 158
Alliage de fer et de bore. *Brev.* F. J. Tone [nº 3] . . . 126
Alliage de fer destiné à être employé dans les dynamos électriques. *Brev.* Walter Bübel [nº 5] . . . 203
Alliage de fer destiné à la construction des machines électriques. *Brev.* Dr P. Weiss [nº 9] . . . 361
Alliage de nickel. *Brev.* Gebr. Bochers, Chemische Fabr. [nº 7] . . . 287
Alliage de nickel. *Brev.* W. Borchers [nº 9] . 366
Alliages plastiques (Sur la déformation des) et leur recuit après déformation [nº 7] . . 281
Allumage (Bougie d') pour moteurs à explosion. *Brev.* Vertrieb gesellsch. magnet. elektrischer Apparate [nº 3] . . . 125
Allumage (Dispositif pour le décalage automatique du point d') dans les moteurs à explosion, avec décalage par interrupteur. *Brev.* R. Bosch [nº 11] . . . 445

* Nota. — *Les titres en plus petits caractères désignent les articles de Chronique (Notes, Travaux des Sociétés, Brevets), de Documentation et d'Informations.*

Digitized by Google

Pages.

Allumage électrique des moteurs à combustion. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 446
Allumage des moteurs à combustion interne. *Brev.* R. Bosch [n° 5] 206
Allumages prématurés (Causes et effets des) dans les moteurs à explosion et à combustion [n° 6] 236
Altération des métaux par chauffage après déformations locales [n° 3] 120
Alternateur à fréquence quelconque. *Brev.* La Radio-Electricité [n° 3] 122
Alternateurs (Les groupes turbo-) de 10 000 et 20 000 chevaux de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis. V. Sylvestre [n° 12] 457
Alternateurs (Turbo-) à grande vitesse [n° 9]. 358
Alumine anhydre (L') employée comme substance dessiccatrice [n° 4] 152
Alumine (Extraction des feldspaths). *Brev.* American Acid Co [n° 5] 203
Alumine (Procédé de fabrication de la potasse, de la silice et de l') à partir du feldspath [n° 7] 269
Alumine (Production d'), d'acide chlorhydrique, d'alcalis caustiques et d'un ciment hydraulique blanc, au moyen de sel, d'argile et de calcaire [n° 2] 74
Aluminium (Alliage d'). *Brev.* Coles [n° 3]. 126
Aluminium (Alliages d') et de vanadium [n° 5] 201
Aluminium (Conducteurs électriques en) isolés par une couche d'oxyde d'aluminium (Procédé de fabrication). *Brev.* de Saint-Martin [n° 3] 123
Aluminium (Ecrouissage de l') [n° 9] 338
Aluminium (Nickelage de l'). *Brev.* Chirade et Canac [n° 3] 126
Aluminium (Production, consommation et prix de l') [n° 5] 208
Aluminium (Soudage de l'). *Brev.* B. C. Avis [n° 5] 207
Aluminium (Statistique de l') en 1912 [n° 10]. 400
Ambulance (Wagon-) des chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg [n° 12] 472
Amines nitrées (Fabrication des) [n° 6]. 223
Ammoniac (Préparation catalytique). *Brev.* Centralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen et Compagnie bordelaise de produits chimiques [n° 1]. . . 43
Ammoniac (Production synthétique du gaz). *Brev.* Société générale des nitrures [n° 5]. 203
Ammoniac synthétique [n° 2] 74
Ammoniaque. *Brev.* Badische-Anilin und Soda Fabrik [n° 9] 361
Ammoniaque (Son obtention à partir des composés cyanurés extraits des vieilles matières d'épuration du gaz. *Brev.* Burgevin [n° 1] 43
Ampèremètres, système J. Carpentier [n° 11]. 423
Ampèremètre thermique pour haute fréquence. *Brev.* Compagnie pour la fabrication des compteurs [n° 5] 203
Ampères-tours longitudinaux (Sur le rôle des) au moment de la commutation dans les machines dynamo-électriques à courant continu [n° 3] 116
Analyse de l'oléum [n° 6] 228
Anémie des photographes (L') [n° 11] . . . 448
Anneaux de continus (Appareil à nettoyer les) [n° 11] 429
Antennes parallèles (Influence réciproque des) sur les conditions de réception des ondes hertziennes [n° 7] 277
Antennes au ras du sol (Sur la réception au moyen d') [n° 3] 117
Antenne pour stations de télégraphie sans fil avec générateurs de courant à haute fréquence. *Brev.* E. Girardeau [n° 5] 203
Antennes voisines (Sur l'influence réciproque de deux) [n° 9] 359
Anthracène (Matière colorante dérivée de l'). *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 11] 443
Anti-compoundage pour machines génératrices à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 9] 361
Apiquage d'un aéroplane [n° 6]. 234
Appareils auxiliaires de navires à moteurs à combustion interne (L'emploi de l'air comprimé pour les) [n° 12]. 478
Appareils électriques à vapeurs métalliques. *Brev.* Hewitt [n° 5] 203
Appareil électro-magnétique. *Brev.* J. P. Coleman [n° 9] 362
Appareils pour l'envoi automatique des signaux horaires [n° 6] 235
Appareil hydraulique. *Brev.* König [n° 9]. . 364
Appareil indicateur de naphtaline pour le gaz d'éclairage. *Brev.* Société du gaz de Paris [n° 7] 285
Appareil à nettoyer les anneaux de continus [n° 11] 429
Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains. A. Sabourin [n° 9] 348
Appareils de réception de télégraphie sans fil, système Ancel [n° 11] 424
Appareil servant à placer les filaments métalliques des lampes à incandescence sur leurs supports. *Brev.* Deutsche Gasglühlicht Actiengesell. Auergesell. [n° 5] . . . 203
Appareils vinicoles et de laiterie [n° 10]. . 390
Apprêts textiles imperméables. A. Chaplet [n° 1] 33
Arbres de dynamos (Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des). L. Bergeron [n° 9]. 321
Argent (Dureté de l') [n° 9] 337
Armatures de dynamo électrique. *Brev.* Inrig [n° 5] 204
Arracheuse-décolleteuse [n° 10] 389
Arracheuse de pommes de terre [n° 10] . . 389
Arrêt d'écrou. *Brev.* Chêneau [n° 11]. . . . 444
Artifice de montage pour tourner avec un tour ordinaire une pièce de forme elliptique [n° 12] 475
Ascenseurs électriques. *Brev.* Scott [n° 1]. . 46
Ascenseurs (Freinage des moteurs à répulsion compensés et à répulsion simples, plus spécialement utilisés pour la commande des) et appareils analogues. *Brev.* Ateliers de construction du Nord et de l'Est [n° 5] 204
Asphalte (Pavage de rues et de voies de tramways au moyen de blocs d') [n° 10] . 399
Assimilation végétale (La luminosité et l') [n° 9] 357
Assurance des employés en Allemagne (L'), Maurice Bellom [n° 5]. 190
Assurance des employés du commerce et de l'industrie en Allemagne (Projet de loi sur l') [n° 3] 100
Ateliers du Creusot (Les nouveaux) pour l'usinage des canons de gros calibre [n° 3] 98
Atmosphère des ateliers (Procédé d'élimination des buées et d'amélioration de l') [n° 11] 435
Attelage automatique (Résultats du concours ouvert par le Gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d') [n° 9]. . . . 352
Attraction magnétique (Influence de l') sur la vitesse critique des arbres de dynamos, L. Bergeron [n° 9] 321
Aubes interrompues à l'endroit du point de l'enveloppe (Turbine à vapeur ou à gaz avec couronnes d'). *Brev.* Brown-Boveri [n° 1]. 47
Autoclave (Robinets à soupape) [n° 3] . . . 105
Automobile (Le moteur d') au XIII[e] Salon de l'automobile. Conférence G. Lumet [*Supplément* au n° 2].
Automobiles (Statistique des) et question du carburant à bon marché, G. Lumet [n° 10] 376
Automobiles (Véhicules) à transmission électrique, système Balachowsky et Caire [n° 6]. 225
Automotrices à accumulateurs avec moteurs sur chaque roue [n° 1]. 36
Avant-train à roues pivotantes [n° 10] . . . 387
Aviation (Le moteur d') à la IV[e] exposition internationale de la locomotion aérienne. Conférence Léon Letombe [*Supplément* au n° 2].
Azoïque (Colorant). *Brev.* Farbenfabriken [n° 11] 443
Azoïques (Sur le dosage titrimétrique des matières colorantes) au moyen de l'hydrosulfite [n° 8]. 312
Azote (Fixation de l') sous forme de composés oxygénés. *Brev.* Compagnie bordelaise de produits chimiques [n° 1]. . . . 43
Azote (Les installations hydro-électriques norvégiennes pour la production de l') [n° 3] 86
Azote (Oxygène et) : préparation au moyen de l'air liquide. *Brev.* Industrie Gas-Gesellsch. f. Sauerstoff und Stickstoff Anlagen [n° 11]. 443

B

Bacs en fer galvanisé (Nouvel artifice pour la conservation des) [n° 2]. 64
Bagues de graissage, système Tête [n° 12]. 475
Balais de dynamo. *Brev.* Parson et Law [n° 5]. 203
Balance de dureté [n° 9] 335
Bandages pneumatiques (Tissus gommés pour) [n° 1]. 35
Barrage d'Assouan (Egypte) [n° 3] 114
Barrages des usines hydro-électriques norvégiennes [n° 3] 86
Barrage d'une usine hydro-électrique de 300 000 ch aux Etats-Unis [n° 6]. . . . 210
Barres omnibus (Sur les cloisonnements pour pour) et sectionneurs dans les installations à haute tension. A. R. Garnier [n° 3] . . 101
Barreaux entaillés (Essais au choc sur) pour les aciers tenaces [n° 6]. 239
Barreaux de grille (Historique, théorie et pratique de l'unification des) [n° 11]. . . 434
Bateaux à marchandises (Les propulseurs aériens appliqués à la propulsion des) [n° 3]. 113
Bateaux (Propulsion des). *Brev.* Ducassou et C[ie] [n° 9]. 363
Bateaux (Propulsion des). *Brev.* Thornycroft [n° 9]. 364
Bâtiments de guerre (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour) : combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation de turbines [n° 12]. 479
Batteries d'accumulateurs Edison (Mise en service et entretien des), A. R. Garnier [n° 12] 473
Batteuses [n° 10] 390
Bénéfices (La participation aux), ses méthodes pratiques dans l'industrie moderne, Maurice Bellom [n° 9]. 329
Benzène (Nitration du) [n° 6]. 219
Benzol (Le) pour automobiles [n° 10] . . 379
Béton armé (Un escalier de grande portée en), R. Altermann [n° 5] 195
Béton non armé (Action électrolytique sur le) [n° 2] 79
Béton pour moulage de maisons [n° 4]. . 148
Béton (Les variations de volume du) [n° 10]. 397
Bielle (Commande de la) et du tiroir des locomotives. *Brev.* Abner de Haven Baker [n° 1]. 42
Bières claires à fermentation haute ; utilisation de l'acide carbonique de fermentation [n° 2]. 75
Bière (Pasteurisation de la). *Brev.* Marriott [n° 3]. 121
Billes en acier fondu (Emploi des) agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux, E. Gay [n° 5]. 192
Billes (Appareil pour le meulage des). *Brev.* Norma [n° 9] 365
Billes (Emploi des roulements et des coulissements à) et à galets dans les machines-outils, P. Gorgeu [n° 2]. . . 52
Billes (Meulage des). *Brev.* Norma et C[ie] [n° 7]. 286
Blanchiment du coton (Etat actuel de l'industrie du) [n° 3]. 98
Blanchiment du sulfate de baryte d'Auvergne, E. C. Carron [n° 9]. 353
Blende (Traitement de la) en Silésie [n° 1]. 30
Bogies (Caractéristiques de différents dispositifs de) [n° 10]. 393
Bogie pour locomotives. *Brev.* Allgemeine Electricitats Gesellch. [n° 5]. 202

Digitized by Google

Pages.

Bois (Conservation du). *Brev.* P. Finkh [n° 9]. 361
Bois (Emploi du) dans les accumulateurs. *Brev.* Marino [n° 1] 44
Bois (Préservation du). *Brev.* Kœnman [n° 1] 44
Boîte de retenue pour conduite d'eau [n° 7]. 271
Bolomètre Bela Gati pour la mesure des courants téléphoniques utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie [n° 10] . . 396
Bordeaux (Agrandissement du port de) [n° 1] 41
Boues (Enlèvement des) de l'épuration par voie humide [n° 6] 233
Bougies d'allumage (Distributeur à haute tension pour). *Brev.* Royce et Rolls-Royce [n° 1] 44
Bougie d'allumage pour moteurs à explosion. *Brev.* Vertriebgesellsch. Magnetelektr. Apparate [n° 3] 125
Boulogne (Agrandissement du port de) [n° 1]. 41
Boulon à ressort et à clavette [n° 4]. . . . 153
Brest peut-il devenir port transatlantique? [n° 1] 41
Brest, port transatlantique [n° 10] 399
Brillant (Pour augmenter le) de la laine. *Brev.* Elsaner [n° 3] 126
Briquettes et agglomérés [n° 4] 158
Briquettes de charbon (Fabrication des) avec addition de naphtaline [n° 11] . . . 422
Briquettes de minerai de fer (Progrès dans la fabrication des) [n° 2]. 78
Bronzage de l'acier [n° 10]. 397
Bruit des engrenages (Principales causes du). M. Varinois [n° 1] 23
Buées (Procédés d'élimination des) et d'amélioration de l'atmosphère des ateliers (teintureries, etc.) [n° 11] 435
Butée à galets plats [n° 2] 52

C

Câbles de transporteurs aériens (Graissage des). *Brev.* J. Pohlig, G. Thorkildsen [n° 5]. 206
Caen (Projet d'extension du port de) [n° 1]. 41
Câbles électriques (Fabrication). *Brev.* Smith [n° 1]. 44
Câbles électriques souterrains [n° 2]. . . . 76
Calandrages (Tissus caoutchoutés par) [n° 1]. 35
Calcul du débit des petites rigoles et des caniveaux [n° 2] 76
Calorifuge (Isolant). *Brev.* Esvers et Gaucher [n° 7] 283
Camphre (Dosage du) dans les celluloïds [n° 4]. 152
Canalisations pour chemins de fer électriques [n° 8] 299
Canalisation (Rôle de la) dans les transports d'énergie électrique à longue distance [n° 2] 76
Canaux projetés en France et à l'étranger [n° 11]. 406
Candidats-contremaîtres (Cours de perfectionnements payants destinés aux) [n° 7]. 288
Caniveaux (Calcul du débit des petites rigoles et des) [n° 2] 76
Canons de gros calibre (Les nouveaux ateliers du Creusot pour l'usinage des) [n° 3]. 98
Caoutchouc (Dévulcanisation du). *Brev.* Wildmann et Christy [n° 1] 43
Caoutchouc (Préparation de composés analogues au). *Brev.* Badische Anilin und Soda-Fabrik [n° 7] 283
Caoutchouc (Procédé pour conserver leur élasticité aux objets en). *Brev.* C. Beyer [n° 5]. 202
Caoutchouc (Procédé de fabrication de corps analogues au). *Brev.* Chemische fabrik Flörsheim, H. Noerdlinger [n° 1] 43
Caoutchouc (Procédé de production de substances semblables au). *Brev.* Badische Anilin und Soda-Fabrik [n° 11] 443
Caoutchouc (Production de substances semblables au). *Brev.* Société Badische Anilin und Soda-Fabrik [n° 1] 43
Capsules et électrodes de tantale [n° 6] . . 227
Captation des ondes hertziennes par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol et, par extension, utilisation des fils télégraphiques et téléphoniques d'abonnés [n° 1]. 39

Pages.

Caractéristiques des dynamos à courant continu (Prédétermination des) [n° 8] 317
Caramel. *Brev.* Wechsler [n° 3] 121
Carburant à bon marché (La question du), G. Lumet [n° 10] 376
Carburateur à admission forcée. *Brev.* Société des appareils d'aviation Hanriot et H. Hubert Pagny [n° 11] 446
Carburateur (Réglage particulièrement destiné aux aéroplanes). *Brev.* Daimler [n° 3]. 125
Cardan (Transmission à) pour automobiles. *Brev.* Peugeot [n° 1] 42
Carènes (Influence des dimensions principales et des formes des) sur les vitesses réalisées par les navires, L. Le Besnerais [n° 4] 143
— — [n° 5] 175
Cartographie électrique (Les symboles de la) [n° 12]. 477
Caséines animale et végétale (Utilisation industrielle des), J. Escard [n° 1] 25
Catastrophe du « Titanic » (Quelques remarques sur la) [n° 11] 435
Cellophane (La) [n° 10] 398
Celluloïds (Dosage du camphre dans les) n° 4]. 152
Cellulose (Sur l'acétate de) [n° 1] 38
Cellulose (Ethers de la). *Brev.* Lederer [n° 1] 43
Centrale électrique de la Brillanne (Installation hydraulique de la) [n° 1] 28
Chaînes (Dispositif pour tendre les). *Brev.* Société des automobiles Grégoire [n° 11]. 444
Chaîne à éléments démontables. *Brev.* Compagnie des transporteurs Simplex et Fouchy [n° 1] 46
Chaînes (Engrenages par). *Brev.* W. Radford n° 11] 444
Chaînes de transmission, système Coventry [n° 2] 68
Chambres d'explosions rotatives (Turbines à gaz à) : procédé de démarrage. *Brev.* Howard Austin Whiteside [n° 1] 47
Changeur de fréquence. *Brev.* Ateliers de construction électr. du Nord et de l'Est [n° 3] 122
Charbon (Fabrication des briquettes de) avec addition de naphtaline [n° 11] . . . 422
Charbon (Fabrication des électrodes en) pour l'électrométallurgie [n° 2] 66
Charbons (Prix des), des cokes et des produits sidérurgiques dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7] . . . 288
Charge des soies (A propos de la) : un dosage titrimétrique de l'étain [n° 11]. . . . 421
Chariots-transbordeurs électriques (Les), A. Frémeaux [n° 11] 416
— — [n° 12] 462
Charrues automobiles. *Brev.* Pöhl [n° 7] . . 282
Charrues-bascules. *Brev.* Bajac [n° 1] . . . 42
Charrues (Les) au concours général agricole de 1912 [n° 9] 343
Charrue rigoleuse extensible [n° 10] 389
Châssis de fonderie [n° 7] 263
Châteaux d'eau (Pompes d'alimentation de) [n° 3] 97
Chaudières, système Babcock et Wilcox n° 3] 95
Chaudière (Sur une cause d'explosion de) [n° 7] 280
Chaudières marines (*Supplément* au n° 12).
Chaudière marine multi-tubulaire (Contribution à l'étude de l'établissement d'une) [n° 11] 434
Chaudières (Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de) [n° 8] . . . 314
Chaudières (Pompes d'alimentation de) [n° 3] 97
Chaudière de nitration [n° 6] 218
Chaudières (Recherche de modèles-types de moteurs et de) pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre [n° 7]. . . 278
Chauffage de l'air des ateliers [n° 11] . . . 436
Chauffage (Altération des métaux par) après déformations locales [n° 3] 120
Chauffage (Système de) par panneaux et par planchers creux [n° 4]. 156
Chauffage dans les villes (Distribution centrale du) [n° 3] 81

Pages.

Chauffage à vapeur des trains (Régulateur de pression pour le) [n° 12] 472
Chaussées (Empierrement des) [n° 11]. . . 429
Chemins de fer (Les chariots-transbordeurs électriques dans les), A. Frémeaux [n° 11] 416
— — [n° 12]. 462
Chemins de fer de l'Etat badois (Réformes dans l'organisation des services des) [n° 2]. 64
Chemins de fer de Melbourne (L'électrification des) [n° 11]. 420
Chemin de fer métropolitain de Naples [n° 5] 198
Chemins de fer du Midi (L'électrification des) [n° 11] 430
Chemins de fer suédois (Electrification des) [n° 9] 351
Chemins de fer (Véhicules de) à essieux non parallèles [n° 10]. 393
Cheminées d'usine à tirage induit [n° 6] . 216
Chemises intérieures de cylindres (Outillage pour le démontage des) [n° 6]. . . . 230
Chili (Ressources du) en minerais de fer [n° 4] 159
Chimie des colloïdes (Quelques applications industrielles de la) [n° 7]. 268
Chlorure d'ammonium (Fabrication du). *Brev.* F.-A. Freeth et H.-E. Cocksedge [n° 5]. . 203
Chlorure de sodium (Electrolyse du) dans l'industrie autrichienne [n° 5] 199
Choc (Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des matériaux lors du) [n° 7]. 281
Choc (Essais au) sur barreaux entaillés pour les aciers tenaces [n° 6] 239
Chrome (Alliages du cobalt avec le) et les autres métaux [n° 1] 40
Chrome (Influence du nickel et du) sur la corrosion de l'acier [n° 12] 479
Chrome (Procédé permettant d'obtenir ce métal en vue de la fabrication de filaments pour lampes électriques à incandescence, de manchons pour l'éclairage à incandescence par le gaz, etc.). *Brev.* Séguy [n° 7]. 287
Ciment. *Brev.* Freeman [n° 1] 47
Ciment armé (La construction en) des bâtiments de l'usine nord de la compagnie parisienne de distribution de l'électricité [n° 2]. 59
Ciment hydraulique. *Brev.* Brown [n° 5] . . 207
Ciment hydraulique blanc (Production d'alumine, d'acide chlorhydrique, d'alcalis caustiques et d'un), au moyen de sel, d'argile et de calcaire [n° 2]. 74
Ciment imperméable. *Brev.* Toch [n° 1] . . . 47
Circulaire ministérielle (A propos de la nouvelle) du 1er octobre 1912 relative à l'établissement d'ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique [n° 3]. . 127
Clarification des boissons par les caséines [n° 1] 27
Classification des locomotives (Nouvelle), P. Pahin [n° 11] 420
Clichés de fonderie [n° 10] 383
Cloisonnements (Sur les) pour barres omnibus et sectionneurs dans les installations à haute tension, A.-R. Garnier [n° 3] . . 101
Cobalt (Alliages du) avec le chrome et les autres métaux [n° 1] 40
Code du travail et de la prévoyance sociale (Loi du 31 décembre 1912 modifiant certaines dispositions du), E. Cohendy [n° 4]. 160
Cokes (Prix des) dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7] 288
Collecteur pour machines électriques. *Brev.* Société alsacienne de constr. mécaniques [n° 5] 203
Colloïdales (Sur le dosage des matières) dans les eaux résiduaires [n° 11] 422
Colloïdes (Quelques applications de la chimie des) [n° 7] 268
Colonnes-affiches à Genève (Appareils téléphoniques automatiques dans les) [n° 11]. 425
Colorant azoïque. *Brev.* Farbenfabriken [n° 11] 443
Colorants azoïques (Dosage titrimétrique des) au moyen de l'hydrosulfite [n° 8] . . 312
Colorants du coton. *Brev.* Casella [n° 11]. . 443
Colorants du triphénylméthane (Action de l'acide formique sur les) [n° 10] 398
Colorante (Matière) dérivée de l'anthracène. *Brev.* Badische Anilin und Soda-Fabrik [n° 11] 443

Digitized by Google

Pages.

Combustibles (La question des) dans le moteur Diesel [n° 3] 118
Combustion sans flamme d'un mélange de gaz explosifs (Procédé de). *Brev.* W.-A. Bone, J.-W. Wilson, C. Douglas, Mc. Court [n° 1] 46
Combustion des mélanges gazeux explosifs (Dispositif pour la). *Brev.* W.-A. Bone, J.-W. Wilson, Leech, C. Douglas [n° 11] . 446
Commande électrique (Application de la) et réglage périodique du nombre de tours du métier continu à filer, V. Sylvestre [n° 2] 49
Commande électrique (Machines soufflantes à) [n° 8] 309
Commande électrique du métier continu à filer, V. Sylvestre [n° 3 92
Commande électrique des transbordeurs à niveau [n° 12] 465
Commande des organes de distribution pour machines à vapeur. *Brev.* Schneider et Cie [n° 9] 365
Commandes pneumatiques pour chemins de fer électriques [n° 8] 302
Commerce du fer-blanc en 1911 [n° 6] . . . 240
Commerce extérieur des métaux (autres que le fer) en France, en 1911 [n° 2] 80
Commerce extérieur des minerais en France, en 1911 [n° 2] 80
Commutation (Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la) dans les machines dynamo-électriques à courant continu [n° 3] 116
Commutatrices (Sur les perfectionnements récents apportés aux). A.-R. Garnier [n° 3] . 102
Commutatrices à pôles supplémentaires [n° 3] 103
Compensation funiculaire des efforts accidentels se produisant dans la suspension des véhicules. *Brev.* Malicet et Blin [n° 5] . 202
Composés peroxygénés (L'industrie des). E. Grandmougin [n° 1] 19
Composition d'imperméabilisation. *Brev.* Dietkmann [n° 1] 47
Compoundage (Anti-) pour machines génératrices à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 9] 361
Compresseur centrifuge. *Brev.* Société pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc [n° 9] 361
Compresseurs (Turbines) et dynamos à très grandes vitesses [n° 6] 236
Compresseur à vapeur tandem à deux étages. *Brev.* Johann Stumpf [n° 7] 286
Compression de l'air [n° 7] 249
Compression (Ecrouissage des métaux par) [n° 9] 336
Compteurs d'eau [n° 8] 314
Compteurs (Importance de la consommation des) pour les stations centrales électriques [n° 6] 229
Compteurs de vapeur (Sur les). J. Izart [n° 4] . 154
Compteurs de volume, système Rota pour gaz. J. Izart [n° 4] 155
Concours général agricole (Les machines au) de 1913, H. Pillaud [n° 9] 343
— — [n° 10] 387
Concours ouvert par le Gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d'attelage automatique (Résultats du) [n° 9] . . 352
Condensateurs (Emploi de) avec les lampes à filament métallique [n° 6] 228
Condenseurs de turbino-alternateurs [n° 12] 460
Conducteurs électriques en aluminium isolés par une couche d'oxyde d'aluminium (Procédé de fabrication). *Brev.* de Saint-Martin [n° 3] 123
Conducteurs électriques rompus (Dispositif automatique pour la mise à la terre des), [n° 7] 269
Conducteurs et isolants. *Brev.* British Westinghouse Electric and Manufacturing Co [n° 5] 204
Conduite des aéroplanes par leur moteur (Nouvelle méthode de) [n° 6] 234
Conduite d'eau (Boite de retenue pour) [n° 7] . 271
Conduites électriques (Législation italienne sur les) [n° 5] 200

Pages.

Conduite électrique (Nouveau système de) d'un train duo-réversible [n° 11] 441
Conférence internationale de l'heure (Télégraphie sans fil) [n° 1] 40
Congrès international de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle [n° 1] 48
Conservation des bacs en fer galvanisé (Nouvel artifice pour la) [n° 2] 64
Conservation du bois. *Brev.* P. Finkh [n° 9] . 361
Consommation de l'aluminium en 1911 [n° 5] . 208
Consommation des compteurs (Importance de la) pour les stations centrales électriques [n° 6] 229
Consommation de l'étain en 1911 [n° 5] . . 208
Consommation du nickel en 1911 [n° 5] . . . 208
Consommation du soufre (Production et) [n° 12] 480
Constituants dont l'existence est révélée par l'étude au microscope (Nomenclature des) : microstructure des aciers et des fontes [n° 8] 319
Construction (La) des aéronats modernes [n° 10] 398
Construction en ciment armé (La) des bâtiments de l'usine nord de la Compagnie parisienne de distribution de l'électricité [n° 2] 59
Construction de maisons par moulage, M. Darras [n° 4] 147
Construction métallique (Emploi du graphite dans la). J. Duponchelle [n° 8] 316
Constructions (Sur une méthode expérimentale pour déterminer à l'avance les tensions qui se produiront dans les) [n° 4] . . 159
Construction navale (Les tendances les plus récentes de la), M. Bahon. Conférence [*Supplément* au n° 12].
Construction de la turbine à vapeur, système Rateau, de 10 000-15 000 kw [n° 4] . 141
Continus (Appareil à nettoyer les anneaux de). F. Hague [n° 11] 429
Contre-torpilleurs [*Supplément* au n° 12].
Contre-torpilleurs (Essais de) [n° 5] . . . 186
Convertisseurs de fréquence (Mode d'entraînement pour). *Brev.* Société alsacienne [n° 11] 443
Convertisseur à pôles divisés [n° 3] 103
Convertisseurs à vapeur de mercure [n° 3] . 116
Coquilles (Moulage en) [n° 10] 385
Corps très déformables (Définition des modules pour les), H. Bouasse [n° 9] . 325
Corrosion de l'acier (Influence du nickel et du chrome sur la) [n° 12] 479
Corrosion de la fonte (Influence du silicium sur la) [n° 11] 440
Coton (Colorants du). *Brev.* Casella [n° 11] . 443
Coton (Etat actuel de l'industrie du blanchiment du) [n° 3] 98
Cotons teints (Essais sur) [n° 3] 94
Coton (Teinture à l'indigo artificiel des filés de) [n° 2] 63
Couche conductrice de l'électricité (Procédé pour appliquer une) sur une surface non conductrice. *Brev.* Goldberg [n° 1] 45
Coulée de fonderie [n° 10] 381
Couleurs (Composition de) à l'huile pour enduits de ciment [n° 6] 228
Couleurs sulfurées (Procédé de production). *Brev.* Farbenfabriken v. Fr. Bayer [n° 11] . 443
Coulissements à billes et à galets (Emploi des roulements et des) dans les machines-outils, P. Gorgeu [n° 2] . . . 52
Courants de Foucault (Nouvelle utilisation des [n° 7] 270
Courants téléphoniques (Bolomètre Bela Gati pour la mesure des) utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie [n° 10] . . 396
Courants triphasés (Transformation des) en courants diphasés. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 5] . . . 205
Cours de perfectionnement payants destinés aux candidats contremaîtres [n° 7] 288
Créatinine (La), ses effets dans le sol sur la croissance et sur l'absorption, H. Pillaud [n° 8] 311
Créosoter (Huiles pour). *Brev.* Dehnst [n° 11] . 43
Croissance (La créatinine ; ses effets dans le sol sur la) et l'absorption [n° 8] 311

Pages.

Cuir chromé. *Brev.* A. Wolff [n° 11] 443
Cuirassés [*Supplément* au n° 12].
Cuirassés (Développements récents des types de) [n° 11] 433
Cuirassé *Paris* (Note sur les dispositions adoptées pour le lancement du) [n° 11] . . 435
Cuirassés *Provence* et *Bretagne* (Lancement des) [n° 10] 394
Cuivrage galvanique (Procédé de) des objets en plâtre [n° 7] 269
Cuivre (Les alliages du) et leurs récents progrès, L. Guillet [*Supplément* au n° 4].
Cuivre (Extraction électrolytique du) à partir du minerai [n° 10] 397
Cuivre (Statistique du) en 1912 [n° 10] . . . 400
Cylindres soufflants pour aciéries [n° 8] . 306

D

Débit des petites rigoles et des caniveaux (Calcul du) [n° 2] 76
Décalage automatique du point d'allumage (Dispositif pour le) dans les moteurs à explosion, avec décalage par interrupteur. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 445
Décaleur des phases [n° 11] 425
Décharge atmosphérique (Caractéristiques électriques de la) [n° 8] 313
Déchargeurs de chariots et élévateurs-transporteurs, H. Pillaud [n° 2] 61
Décompression de l'air [n° 7] 249
Décrayonnage des gazogènes Siemens [n° 10] . . . . . 372 et 375
Définition des modules pour les corps très déformables, H. Bouasse [n° 9] . . 325
Déformation des alliages plastiques et leur recuit après déformation [n° 7] 281
Déformations (Distribution des) dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des tuyaux, Ch. Frémont [n° 11] 401
Déformations locales (Altération des métaux par chauffage après) [n° 3] 120
Déformation des matériaux lors du choc (Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la) [n° 7] 281
Dégagements lents de grisou [n° 2] 71
Dégraissage du coton [n° 3] 99
Délégués à la sécurité des ouvriers mineurs (Loi du 13 décembre 1912 faisant bénéficier les) des dispositions de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail [n° 8] 320
Démarrage en charge d'un moteur monophasé (Procédé de). *Brev.* Compagnie internationale d'électricité [n° 1] 44
Démontage (Outillage pour le) des chemises intérieures de cylindres [n° 6] 230
Démouleuses, L. Descroix [n° 9] 339
Dentelles (Les métiers modernes à tulles, et), L. Melot [n° 12] 451
Dépôt électrolytique des métaux sur du fer ou de l'acier. *Brev.* Marino [n° 1] 47
Dérivés nitrés (La fabrication des), Eug. Grandmougin [n° 6] 217
Désélectrisation de produits industriels. *Brev.* Bela Szilard [n° 7] 287
Désinfection par le formol [n° 5] 200
Dessiccation des minerais de fer aux mines du Mesabi [n° 11] 427
Dessiccatrice (L'alumine anhydre employée comme substance) [n° 4] 152
Détecteur électrolytique (Phénomènes mis en jeu dans le) sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques [n° 7] 2
Diagrammes de dynamos homopolaires [n° 7] . 244
Digestibilité des aliments (Influence de l'âge des animaux sur la), H. Pillaud [n° 2] . . 63
Direction pour aéroplanes. *Brev.* Morane-Saulnier [n° 3] 121
Dirigeables souples (Sur une méthode de répartition des suspentes dans la construction des), P. Lenoir [n° 7] 252

Digitized by Google

Pages.

Dispositif automatique pour la mise à la terre des conducteurs électriques rompus [n° 7] 269
Dispositif pour recouvrir des objets avec du métal. *Brev.* G. Ostermann [n° 7] 287
Distillation fractionnée de la houille [n° 4] . 157
Distillation de la nitrobenzine [n° 6]. . . . 220
Distributeurs d'engrais [n° 10]. 388
Distributeur « Le Fongicide », H. Pillaud [n° 5]. 190
Distributeur à haute tension pour bougies d'allumage. *Brev.* Royce et Rolls-Royce [n° 1]. 44
Distribution centrale du chauffage dans les villes [n° 3]. 81
Distributions des déformations dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des tuyaux, Ch. Frémont [n° 11]. 401
Distribution d'électricité (Les nouvelles usines de la Cie parisienne de) [n° 1]. 5
Distribution d'énergie électrique (A propos de la nouvelle circulaire ministérielle du 1er octobre 1912 relative à l'établissement d'ouvrages de transport et de) [n° 3]. . . 127
Distribution du gaz pauvre dans le Staffordshire (Angleterre) [n° 4] 157
Distribution pour moteurs à explosion à temps. *Brev.* Berry et Hutchinson Mann [n° 3]. 125
Distribution pour machines à vapeur (Commande des organes de). *Brev.* Schneider et Cie [n° 9]. 365
Distribution par tiroir pour moteurs à combustion à quatre temps. *Brev.* Tiercé [n° 1]. 46
Dosage du camphre dans les celluloïds [n° 4] 152
Dosage des matieres colloïdales dans les eaux résiduaires [n° 11]. 422
Dosage titrimétrique de l'étain (A propos de la charge des soies) [n° 11]. 421
Dosage titrimétrique des matières colorantes azoïques au moyen de l'hydrosulfite (Sur le) [n° 8]. 312
Dosage des traces de fer dans les produits de sucrerie et de raffinerie [n° 7]. . . . 268
Doubles fils (Procédé pour prévenir les) [n° 6]. 233
Drague-mammouth [n° 6] 233
Durcissement et imperméabilisation des peaux. *Brev.* Hartmann [n° 5]. 203
Dureté (Détermination de la) des métaux, M. Hanriot [n° 9] 335
Dynamo. *Brev.* Akt. Ges. Brown-Boveri et Cie [n° 11]. 443
Dynamos à courant continu (Prédétermination des caractéristiques des) [n° 8]. . . . 317
Dynamos électriques (Alliages de fer destinés à être employés dans les). *Brev.* W. Bübel [n° 5]. 203
Dynamos électriques (Appareil pour l'enroulement des). *Brev.* Ritter [n° 9]. 362
Dynamos (Balais de). *Brev.* Parson et Law [n° 5]. 203
Dynamo-électriques (Armatures). *Brev.* G. Inrig et L. Inrig [n° 5] 204
Dynamo-électriques à courant continu (Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines) [n° 3]. 116
Dynamos électriques (Enroulement des). *Brev.* Ritter [n° 5] 204
Dynamo (Noyaux polaires). *Brev.* E. Volkers [n° 11] 443
Dynamos à très grandes vitesses (Turbines, compresseurs et) [n° 6] 236
Dynamos homopolaires (Les). L.-V. Bournat [n° 7] 241
Dynamos (Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des arbres de), L. Bergeron [n° 9]. 321
Dynamos-transformatrices du Dr P. Angebaud [n° 10]. 394
Dynamomètre d'absorption. *Brev.* Heenan and Froude and Harrison [n° 1]. 46

E

Eau d'alimentation (Application aux locomotives d'un réchauffeur d') sur le réseau de l'Etat [n° 9]. 347

Pages.

Eau chaude (Distribution centrale du chauffage par l') dans les villes [n° 3]. 81
Eau (Détermination des gisements souterrains de minerais ou d') au moyen d'ondes électriques. *Brev.* Henrich Lowy [n° 5]. . 204
Eau (Mesure de l') dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières [n° 8]. . 314
Eaux (La purification naturelle des) : une nouvelle méthode de stérilisation des eaux résiduelles organiques [n° 11]. 439
Eaux résiduaires (Sur le dosage des matières colloïdales dans les) [n° 11]. 422
Eaux résiduelles (Epuration des) des filatures de laine [n° 2]. 75
Eaux usées (Epuration des) [n° 11]. 439
Ebonite. *Brev.* Windermann [n° 1]. 43
Echeveaux (Machine à merceriser en) [n° 11]. 428
Eclairage électrique à interruption périodique du courant d'alimentation. *Brev.* Société de Lumière froide, procédés Dussaud [n° 7] 283
Eclairage à incandescence par le gaz (Procédé de fabrication de manchons renforcés employés dans l'). *Brev.* Colas [n° 5]. 205
Eclairage (Procédé permettant de rendre plus résistants les manchons d'). *Brev.* Courtot [n° 5]. 205
Eclairement (L') des nouvelles lampes électriques luminescentes [n° 5]. 199
Ecrou (Arrêt d'). *Brev.* Chêneau [n° 11]. . . 444
Ecrouissage des métaux (Sur l'), M. Hanriot [n° 9]. 334
Edifices (Note sur la protection des) contre la foudre [n° 8]. 312
Efficacité des puits absorbants [n° 9]. . . . 360
Efforts accidentels (Compensation funiculaire des) se produisant dans la suspension des véhicules. *Brev.* Malicet et Blin [n° 5] 202
Efforts (Distribution des déformations dans les métaux soumis à des : cas du plissement des tuyaux. Ch. Frémont [n° 11]. 401
Efforts (Enregistrement automatique de la relation entre les) et la déformation des matériaux lors du choc [n° 7]. 281
Efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains (Appareils pendulaires pour la mesure des) [n° 9]. . . . 348
Ejecteur (Pompes à). *Brev.* Parsons et Carnegie [n° 5]. 205
Elasticité (Procédé pour conserver leur) aux objets en caoutchouc. *Brev.* C. Beyer [n° 5]. 203
Electricité (Les nouvelles usines de la Cie parisienne de distribution d') [n° 1]. 5
Electricité (L'usine sud-ouest de la Cie parisienne de distribution d') [n° 5]. . 212
Electricité produite dans le travail des textiles (Neutralisation de l'). *Brev.* Siemens et Halske [n° 5]. 207
Electrification des chemins de fer de Melbourne [n° 11]. 420
Electrification des chemins de fer du Midi [n° 11] 430
Electrification des chemins de fer suédois [n° 9]. 351
Electrification du réseau des tramways de Paris [n° 2]. 73
Electrodes en charbon (Fabrication des) pour l'électrométallurgie [n° 2]. 66
Electrodes pour électrolyse. *Brev.* Farbwerke vorm. Meister, Lucius and Brunning [n° 3]. 123
Electrodes pour l'électrolyse des corps organique. *Brev.* Fr. Bayer [n° 1] 44
Electrodes (Pour la fabrication des) en carbone employées dans les fours électriques. *Brev.* Société française des électrodes [n° 9]. 362
Electrode multiple pour fours électriques à courant polyphasé, *Brev.* Keller [n° 9]. . 362
Electrodes poreuses en charbon pour piles secondaires (Procédé de fabrication). *Brev.* Ever Ready Metall. Gesell. [n° 7]. . . . 283
Electrodes de tantale (Capsules et) [n° 6]. . 227
Electrodynamiques (Les nouveaux instruments), système J. Carpentier [n° 11]. . . 422
Electrodynamomètre à sensibilités multiples [n° 1]. 39
Electrolyse. *Brev.* Fixen [n° 11]. 443

Pages.

Electrolyse. *Brev.* Ges. für Chemische Industrie [n° 1]. 44
Electrolyse du chlorure de sodium dans l'industrie autrichienne [n° 5]. 199
Electrolyse (Retard de l') sur la force électromotrice polarisante [n° 6]. 235
Electrolytes (Action des) sur les métaux soumis à des efforts [n° 2]. 77
Electrolytique (Action) sur le béton non armé [n° 2]. 79
Electromagnétique (Appareil). *Brev.* Coleman [n° 9]. 362
Electrométallurgie (Fabrication des électrodes en charbon pour l') [n° 2]. 66
Electrométallurgie du zinc (Etat actuel de l'), C. Lordier [n° 5] 170
Electromètre, système Debierne [n° 10]. . . . 395
Elément Edison (Essais sur l') [n° 12]. . . . 476
Elévateurs transporteurs (Déchargeurs de chariots et) H. Pillaud [n° 2] 62
Elévation des liquides (Appareil d'). *Brev.* Siemens Bros Dynamo Works [n° 1]. . . 45
Elimination des buées (Procédés d') et d'amélioration de l'atmosphère des ateliers (teintureries, etc.) [n° 11]. 435
Emboutissage des métaux (Emploi des billes en acier fondu, agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'), E. Gay [n° 5]. 192
Embrayage électrique à induction homopolaire [n° 7] 247
Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière avec vis sans fin placée au-dessous de ce pont arrière. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7]. 282
Empennage (Aéroplane à vitesse variable par modification de l'inclinaison relative des surfaces alaires et de l') en vue de réduire la résistance à l'avancement de ces surfaces. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 11]. 442
Empennages porteurs (Au sujet de l'emploi, dans la construction de l'aéroplane, des) [n° 3]. 115
Empierrement des chaussées [n° 11]. . . . 429
Employés en Allemagne (L'assurance des), Maurice Bellom [n° 5]. 190
Employés (Réglementation du travail des) [n° 11] 448
Encollages à la caséine [n° 1]. 27
Enduits de ciment (Composition de couleurs à l'huile pour) [n° 6]. 228
Engrenages par chaines. *Brev.* W. Radford [n° 11] 444
Engrenages (Machines à fraiser les dentures d') et à tailler les engrenages cylindriques et coniques [n° 11]. . . . 411
Engrenages (Machine à tailler les), système Darling and Sellers [n° 2]. 67
Engrenages (Machine à vérifier le profil des). *Brev.* Société Panhard et Levassor [n° 7]. 286
Engrenages (Principales causes du bruit des), M. Varinois [n° 1]. 23
Engrenages pour la propulsion des navires [n° 12] 478
Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des matériaux lors du choc [n° 7]. 281
Enregistrement des vitesses (Sur l'), J. Izart [n° 2]. 70
Enregistreur de la teneur en poussières pour le gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels. J. Izart [n° 2]. 71
Enrichissement des minerais de fer et des poussières de hauts fourneaux : briquettes et agglomérés [n° 4]. 158
Enrochements dans les gazogènes Siemens [n° 10] 371
Enroulements à changement de pôles (Moteur monophasé avec) [n° 10]. 398
Enroulement des dynamos électriques. *Brev.* Ritter [n° 5]. 204
Enroulement des dynamos électriques (Appareil pour l'). *Brev.* Ritter [n° 9]. 362
Enroulements des dynamos homopolaires [n° 7]. 243
Enroulements pour machines électriques donnant un flux sensiblement sinusoïdal. *Brev.* Ateliers de constr. électr. du Nord et de l'Est [n° 3]. 123

Digitized by Google

Pages.

Enroulement des machines et appareils électriques (Moule universel pour la confection des sections destinées à l'). *Brev.* Société Alsacienne [n° 11]. 445
Enroulements des machines et appareils électriques (Procédés pour neutraliser la self-induction des). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 7]. 285
Ensemencement (Instruments pour les travaux d'), H. Pillaud [n° 10] 387
Entraînement (Mode d') pour convertisseurs de fréquence. *Brev.* Société alsacienne [n° 11] 443
Epuration des eaux résiduelles des filatures de laine [n° 2]. 75
Epuration des eaux usées [n° 11]. 439
Epuration des gaz de hauts fourneaux [n° 6]. 230
Epuration des gaz par voie sèche [n° 10]. . 397
Epuration des gaz de hauts fourneaux (Prix de revient de l'), C. Lordier [n° 7]. . . . 273
Equicourant (Machine) compound. *Brev.* P. Berger [n° 1]. 46
Equicourant (Machine) d'extraction. *Brev.* J. Stumpf [n° 1] 46
Equilibrage des turbines à vapeur, système Rateau [n° 4] 138
Equipement électrique de la locomotive, système Thomson-Houston de la Compagnie des chemins de fer du Midi, J.-A. Montpellier [n° 8] 297
Equivalence entre un moteur Diesel et un moteur à vapeur [n° 8] 289
Ergomètre [n° 9]. 350
Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat belge, A. Sabourin [n° 1]. . 24
Escalier de grande portée en béton armé, Robert Altermann [n° 5] 195
Essais de chaudières (Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les) [n° 8] . . 314
Essais au choc sur barreaux entaillés pour les aciers tenaces [n° 6] 239
Essais comparés (Méthodes d') des machines à vapeur et des moteurs à gaz ou à combustion, L. Letombe. Conférence [*Supplément* au n° 6].
Essais sur cotons teints [n° 3]. 94
Essais sur l'élément Edison [n° 12]. 476
Essais à faire subir aux isolants (Classification des) [n° 5] 169
Essais à faire subir aux isolants (Classification des) [n° 5] 169
Essais d'une locomotive électrique de 15 000 ch de la Compagnie des chemins de fer du Midi [n° 1]. 15
Essais métallurgiques (Sur les) [n° 3] . . . 119
Essais de métallurgie électrique effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer [n° 9]. 355
Essais (Qualifications et) des matières isolantes, E.-J. Brunswick [n° 5] . . . 161
Essais de résistance des carènes, M. Le Besnerais [n° 5]. 178, 183
Essais de résistance effective sur des tôles obtenues par le laminage de lingots traités par « le Thermit » [n° 3] 108
Essais de résistance des matériaux (Machine pour les). *Brev.* Wuzau [n° 3] . . . 124
Essais des trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat belge (Ergomètre d'inertie employé pour l'), A. Sabourin [n° 1]. 24
Essais d'usure au frottement effectués sur des aciers (Essais d'abrasion) [n° 2] . . . 78
Essence (L') pour automobiles [n° 10]. . 377
Essieux (Disposition des) dans les principaux types de locomotives [n° 12]. . . . 472
Essieux-moteurs de locomotive électrique [n° 1]. 10
Essieux non parallèles (Véhicules de chemins de fer à) [n° 10]. 393
Etablissement d'ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique (A propos de la nouvelle circulaire ministérielle du 1er octobre 1912 relative à l') [n° 3]. 127
Etain (Fusion de l') [n° 9] 355

Pages.

Etain (Production, consommation et prix de l') en 1911 [n° 5] 208
Etain (A propos de la charge des soies : un dosage titrimétrique de l') [n° 11]. . . 421
Ethers de la cellulose. *Brev.* Lederer [n° 1]. 43
Excentriques. *Brev.* Craven et Robinson [n° 9] 364
Expériences sur les poussières de houille et sur les moyens de combattre leurs dangers [n° 3] 109
Exploseur électrique de mines [n° 9]. . . . 356
Explosif. *Brev.* Cocking and Kynock [n° 7] 283
Explosifs (Action des basses températures sur les) [n° 7]. 277
Explosifs (Les) à base d'air liquide, J. Delpech [n° 8]. 311
Explosion de chaudière (Sur une cause d') [n° 7] 280
Extincteur d'incendie (Produit). *Brev.* Goujon et Dufour [n° 5]. 203
Extraction électrique (Machine d') à courant alternatif monophasé [n° 9] 353
Extraction électrique du cuivre à partir du minerai [n° 10] 397
Extraction (Manœuvre des machines d') à vapeur, P. Drosne [n° 1]. 1

F

Fabrication des dérivés nitrés (La), Eug. Grandmougin [n° 6]. 217
Feldspaths (Extraction de l'alumine des). *Brev.* American Acid Co [n° 5]. 203
Feldspath (Procédé de fabrication de la potasse, de la silice et de l'alumine à partir du) [n° 7] 269
Fer ou acier (Procédé pour en empêcher l'oxydation ou la rouille). *Brev.* F.-R.-G. Richards [n° 11]. 447
Fer (Alliage de) et de bore. *Brev.* Tone [n° 3]. 126
Fer (Alliage de) destiné à être employé dans les dynamos électriques. *Brev.* Walter Bübel [n° 5]. 203
Fer (Alliage de) destiné à la construction des machines électriques. *Brev.* Dr P. Weiss [n° 9] 361
Fer (La dessiccation des minerais de) aux mines du Mesabi [n° 11]. 427
Fer (Enrichissement des minerais de) [n° 4]. 158
Fer (Fabrication du en France [n° 8] . . . 320
Fer galvanisé (Nouvel artifice pour la conservation des bacs en [n° 2] 64
Fer (Le marché des pyrites de) considérés comme minerais de soufre [n° 12]. . . . 480
Fer (Prix du) dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7]. 288
Fer (Nouveau procédé rapide et précis pour doser les traces de) dans les produits de sucrerie et de raffinerie [n° 7] 268
Fer (La production du minerai de) en France en 1912 [n° 10] 400
Fer (Les propriétés magnétiques du) et la construction des machines électriques [n° 9]. 360
Fer (Ressources du Chili en minerais de) [n° 4]. 159
Fer (Séparation quantitative du) et du manganèse [n° 11] 420
Fer (Traitement des minerais de). *Brev.* Elihu Thomson [n° 3] 126
Fer-blanc (Commerce en 1911) [n° 6]. . . . 240
Ferro-alliages (Production des) [n° 9] . . . 355
Ferrocyanure de cuivre [n° 7]. 268
Ferromanganèse (Procédé de préparation). *Brev.* G. Lang [n° 1] 47
Ferrosilicium. *Brev.* C. Bingham [n° 7] . . 287
Feuilles d'or (Imitation des). *Brev.* Potter [n° 5]. 203
Fibres végétales (Pour donner aux) un lustre soyeux. *Brev.* Debourg [n° 1] . . . 47
Fils de chaîne et de trame de métiers à tulles et dentelles [n° 12] 451
Fils et pellicules. *Brev.* Peters [n° 1] 43
Fils (Procédé pour prévenir les doubles) [n° 6]. 233
Fils télégraphiques et téléphoniques d'abonnés (Captation des ondes hertziennes par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol et, par extension, utilisation des) [n° 1] 39

Pages.

Fils et tissus (Gazage des). *Brev.* Bela Szilard [n° 9] 366
Filaments pour lampes électriques à incandescence (Procédé de purification des). *Brev.* Bergmann-Electricitäts-Werke [n° 5]. 205
Filament de lampes à incandescence. *Brev.* Houskeeper [n° 1]. 44
Filaments métalliques (Appareil servant à placer les) de lampes à incandescence sur leurs supports. *Brev.* Deutsche Gasglühlicht Aktiengesells. Auergesells. [n° 5]. 203
Filaments (Procédé permettant d'obtenir le chrome en vue de la fabrication de) pour lampes électriques à incandescence, de manchons pour l'éclairage à incandescence par le gaz, etc. *Brev.* Séguy [n° 7]. . . . 287
Filatures de laine (Epuration des eaux résiduelles des) [n° 2] 75
Fils de coton (Teinture à l'indigo artificiel des) [n° 2] 63
Filer (Le métier continu à) : application de la commande électrique et réglage périodique du nombre de tours, V. Sylvestre [n° 2] 49
— — [n° 3]. 89
Finissage rapide (Machine spéciale, système Landis, pour le) et la rectification à la meule [n° 2] 69
Flottage Wood (Le procédé de) [n° 5] . . . 201
Flux sensiblement sinusoïdal (Enroulements pour machines électriques donnant un). *Brev.* Ateliers de construct. électr. du Nord et de l'Est [n° 3]. 123
Fondations de l'usine nord de la Compagnie parisienne de distribution de l'électricité [n° 2] 59
Fonderie. *Brev.* Rheinische Metallwaren and Maschinenf. [n° 5]. 207
Fonderie (Matériel et outillage mécanique de la), L. Descroix [n° 7] 261
— — [n° 9] 339
— — [n° 10]. 380
Fonderie de métal. *Brev.* F. de Buigné [n° 5 206
Fongicide » (Distributeur « Le), H. Pillaud [n° 5]. 190
Fonte (Fabrication de la) en France [n° 8]. 320
Fonte (Influence du silicium sur la corrosion de la) [n° 11]. 440
Fonte (Influence du soufre sur la) [n° 1] . . 46
Fontes (Microstructure des aciers et des) [n° 8]. 319
Fonte (Production de la) en France [n° 10] . 400
Force électromotrice polarisante (Retard de l'électrolyse sur la) [n° 6] 235
Forge et laminage. *Brev.* Mellor [n° 1] . . . 47
Forgeage en France [n° 8] 320
Formol (Désinfection par le) [n° 5]. 200
Formol (Le tannage au) [n° 5]. 198
Formule de vitesse applicable aux aéroplanes [n° 2] 72
Foudre (La protection des bâtiments contre la) [n° 12] 474
Foudre (Note sur la protection des édifices contre la) [n° 8]. 312
Fours. *Brev.* Govan [n° 3] 126
Fours à coke (Les gaz de), leur utilisation, leurs applications [n° 3] 119
Fours à coke (Extraction du goudron de gaz de) [n° 11] 426
Four électriques Côte et Pierron, C. Lordier [n° 5 172
Four électrique. *Brev.* Aktiebolaget Elektrometall. [n° 9] 362
Four électrique. *Brev.* V. Itobie [n° 9]. . . 362
Four électrique. *Brev.* Hans Bie Lorentzen. Tinfos Papirfabrik [n° 5] 207
Fours électriques. *Brev.* Queneau et Bourcoud [n° 3]. 126
Fours électriques. *Brev.* Thomson-Houston [n° 1]. 44
Fours électriques. *Brev.* Wile [n° 11]. . . . 443
Fours électriques à courant polyphasé (Electrode multiple pour). *Brev.* Keller [n° 9]. . 362
Fours électriques pour étain, ferro-alliages et minerais complexes [n° 9]. 355
Four électrique oscillant. *Brev.* E. Stassano [n° 1]. 44
Four électrique servant à la production des poudres métalliques. *Brev.* Schoop [n° 5]. 207

Digitized by Google

Pages.

Fours de fusion des alliages de cuivre, L. Guillet [*Supplément* au n° 4].
Four pour la fabrication des électrodes en carbone employées dans les fours électriques. *Brev.* Société française des Electrodes [n° 9] 362
Fours à gaz à récupérateurs dans la métallurgie (Construction et conduite des) [n° 11]. 441
Fours métallurgiques. *Brev.* Tschernoff, Sendzikowsky et Hardingham [n° 3]. 126
Fours pour verreries, métallurgie et préparations chimiques. *Brev.* Gobbe [n° 1]. . . 43
Fours à zinc [n° 1]. 31
Fraiser (Machine à), système Darling and Sellers [n° 2]. 68
Fraiser (Machines à) spéciales, E. Gay [n° 11]. 410
Fraiser (Machine à) verticale, système Tangye [n° 2]. 69
Fraiseuses universelles [n° 1]. 16
Frein (Essais de) pour machines à vapeur et moteurs à gaz, L. Letombe [*Supplément* au n° 6-V].
Freins hydrauliques (L'emploi des) pour l'étude des turbines à vapeur [n° 8]. . . . 318
Frein (Servo-), système Boirault [n° 4]. . . 150
Freins de l'usine Sud-Ouest de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 6]. 215
Freinage des moteurs monophasés à collecteur. *Brev.* Thomson-Houston [n° 5]. . . 204
Freinage des moteurs à répulsion compensés et à répulsion simples, plus spécialement utilisés pour la commande des ascenseurs et appareils analogues. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 5] 204
Fréquence (Changeur de). *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 3]. 122
Frottement de la carène (Surface et résistance de) [n° 5]. . . . . 175 et 185
Frottement (Essais d'usure au) effectués sur des aciers : essais d'abrasion [n° 2]. . . . 78
Frottement (Lois du) [n° 4]. 146
Funiculaire (Compensation) des efforts accidentels se produisant dans la suspension des véhicules. *Brev.* Malicet et Blin [n° 5]. 202
Fusées de roues avant (Dispositif de montage des) sur l'essieu des véhicules automobiles. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1]. . 42
Fusion de l'étain [n° 9]. 355
Fusion (Méthode simple pour déterminer les points de) élevés [n° 7]. 269

G

Gabarier (Presse à tréfiler et presse à) de 8 000 t en acier moulé [n° 3]. 109
Galalithe [n° 1]. 26
Galeries d'amenée et d'évacuation d'eau de l'usine Nord de la Compagnie parisienne de distribution de l'électricité [n° 2]. 59
Galets (Emploi des roulements et des coulissements à billes et à) dans les machines-outils, P. Gorgeu [n° 2]. . . 52
Galvanisation à froid [n° 9]. 366
Galvanomètre amorti à aimant mobile [n° 1]. 39
Galvanoscilla, système Boucherot [n° 10]. . 395
Gaz d'éclairage (Appareil indicateur de naphtaline pour le). *Brev.* Société du Gaz de Paris [n° 7]. 285
Gaz (Epuration des) par voie sèche [n° 10]. 397
Gaz explosifs (Procédé de combustion sans flamme d'un mélange de). *Brev.* W.-A. Bone, J.-W. Wilson, C. Douglas, Mc Court [n° 1]. 46
Gaz de fours à coke (Les), leur utilisation, leurs applications [n° 3]. 119
Gaz de fours à coke (Extraction du goudron de) [n° 11]. 426
Gaz de gazogène (Distribution centrale du chauffage par le) dans les villes [n° 3]. 83
Gaz de hauts fourneaux (Epuration des) [n° 6]. 230
Gaz de hauts fourneaux (Prix de revient de l'épuration des), C. Lordier [n° 7]. . . . 273
Gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels (Enregistreur de la teneur en poussières pour les) [n° 2]. 71
Gaz de hauts fourneaux (Machines soufflantes à) [n° 8]. 307
Gaz luminescents (Excitation des tubes à). *Brev.* Moore-Licht [n° 5]. 205
Gaz pauvre (Génération et distribution du) dans le Staffordshire [n° 4]. 157
Gazage des fils et tissus. *Brev.* Bela Szilard [n° 9]. 366
Gazogènes. *Brev.* Hendunen et Simonenko [n° 3]. 125
Gazogène, système Douge [n° 10]. 392
Gazogène du type Siemens (Des perfectionnements apportés au). Paul Cousin [n° 10]. 369
Générateurs électriques (Réglage des). *Brev.* Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston [n° 7]. . 285
Générateur de vapeur à vaporisation instantanée, réglé automatiquement d'après la charge de la machine alimentée. *Brev.* Ch. Lemale [n° 9]. 365
Gicleurs pour moteur à combustion interne. *Brev.* Crossley, Webb et Barley [n° 5]. . . 206
Gisements souterrains (Détermination des) de minerais ou d'eau au moyen d'ondes électriques. *Brev.* Henrich Löwy [n° 5]. . 206
Godets pour la manutention des substances paramagnétiques. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik Ag. [n° 7]. 285
Goudron de gaz (Extraction du) de fours à coke [n° 11]. 426
Goupille à pose rapide [n° 4]. 153
Graissage (Bagues de), système Tête [n° 12]. 475
Graissage des câbles de transporteurs aériens. *Brev.* J. Pohlig, G. Thorkildsen [n° 5]. 206
Graissage forcé des articulations dans les moteurs à explosion ou à combustion interne (Pompe à huile pour le). *Brev.* Société des automobiles Delaunay-Belleville [n° 11]. 447
Graissage forcé (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre : combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à), avec une installation à turbines [n° 12]. 479
Graissage sous pression des moteurs à explosion (Appareil de sûreté). *Brev.* J.-A. Mathieu [n° 11]. 446
Graissage des turbines à vapeur, système Rateau [n° 4]. 137
Graisseur (Un nouveau), E. Gay [n° 6]. . . 229
Graphite (Emploi du) dans la construction métallique, J. Duponchelle [n° 8]. . . . 316
Graver (Machines à) [n° 11]. 411
Grilles de fonderie [n° 7]. 264
Grille (Historique, théorie et pratique de l'unification des barreaux de) [n° 11]. . . 434
Grisou (Dégagements lents de) [n° 2]. . . . 71
Grossissements normaux pour les micrographies [n° 5]. 201
Groupes turbo-alternateurs (Les) de 10 000 et 20 000 chevaux de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis, V. Sylvestre [n° 12] 457
Grue à chariot mobile sur un bras tournant. *Brev.* Société L. Perbat [n° 3]. 124

H

Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur, H. Pillaud [n° 5]. 189
Hauts fourneaux français (Les) en 1913 [n° 10]. 400
Havre (Agrandissement du port du) [n° 1]. 41
Hélices. *Brev.* Bütow [n° 3]. 121
Hélices aériennes. *Brev.* Short [n° 7]. . . . 282
Heure (L'inscription des signaux hertziens de l') [n° 10] 398
Homopolaires (Les dynamos), L.-V. Bournat [n° 7]. 241
Houille (Distillation fractionnée de la) [n° 4]. 157
Houilles (Nouvelles expériences sur les poussières de) et sur les moyens de combattre leurs dangers [n° 3]. 109
Houillères françaises et belges : résultats moyens d'exploitation [n° 9]. 367
Houillères (Quelques effets de pressions de terrains dans les exploitations) [n° 11]. . 427
Huiles pour créosoter. *Brev.* Dehnst [n° 1]. 43
Huile à démouler (Application de l') dans le moulage, en sable vert, des pièces en acier et en fonte, J. Duponchelle [n° 11]. 425
Hydraulique (Appareil). *Brev.* König [n° 9]. 364
Hydrauliques (Installations) de la Centrale électrique de la Brillanne [n° 1]. 28
Hydrocarbures (Les locomotives à), G. Lumet [n° 12]. 469
Hydro-électriques (Les installations) norvégiennes pour la production de l'azote [n° 3]. 86
Hydro-électrique (Une usine) d'une puissance de 300 000 chevaux aux États-Unis (*Pl.* V.), Richard Muller [n° 6]. . 209
Hydrofugation par l'acétate et le tannate d'alumine [n° 1]. 34
Hydrogène (Fabrication). *Brev.* Jaubert [n° 1]. 43
Hydrogène (L') dans la navigation aérienne et dans l'industrie [n° 11]. 430
Hydropulseur (L') [n° 4]. 153
Hydrosulfite (Sur le dosage titrimétrique des matières colorantes azoïques au moyen de l') [n° 8]. 312
Hygiène industrielle (Congrès d') [n° 1]. . . 48
Hygiène et sécurité des travailleurs (Loi du 31 décembre 1912 modifiant le livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relativement à l'), E. Cohendy [n° 4]. 160

I

Immersion (Procédé de peinture par) [n° 9]. 358
Imperméabilisation (Composition d'). *Brev.* Dietkmann [n° 1]. 47
Imperméabilisation par les matières grasses et par les vernis [n° 1]. 35
Imperméabilisation des vêtements. *Brev.* A. Zimmer [n° 7]. 287
Impuretés solides non métalliques contenues dans l'acier ou « Sonims » [n° 5]. 201
Incendie (Produit extincteur d'). *Brev.* Goujon et Dufour [n° 5]. 203
Inclusions de scories (Les) [n° 5]. 201
Inconvénients (Sur les) que pourrait causer aux appareils des postes et télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits niagaras [n° 11]. 431
Indicateurs (Les) [n° 5]. 200
Indicateur de niveau d'eau, système Gerkinet [n° 8]. 316
Indicateurs à ressort et optique pour essais de machines à vapeur et moteurs à gaz [*Supplément* au n° 6].
Indigo artificiel (Teinture à l') des filés de coton, M. Beudet [n° 2]. 63
Industrie (L') des composés peroxygénés : peroxydes et persels, E. Grandmougin [n° 1] 19
Inflammabilité (Essais d') des poussières de houille [n° 3] 112
Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des arbres de dynamos, L. Bergeron [n° 9]. 321
Influence des dimensions principales et des formes des carènes sur les vitesses réalisées par les navires, L. Le Besnerais [n° 4] 143
— [n° 5] 175
Influence réciproque de deux antennes voisines [n° 9] 359
Injecteur pulvérisateur de combustible pour moteurs Diesel et autres. *Brev.* Société des Etablissements Delaunay-Belleville [n° 7]. 286
Inscription (L') des signaux hertziens de l'heure [n° 10]. 398
Installations hydro-électriques norvégiennes (Les) pour la production de l'azote [n° 3] 86

Digitized by Google

Pages.

Installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre (Au sujet d'une) : Combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation à turbines [n° 12] 479
Installations de transmission aérienne en Angleterre (Les) [n° 4]. 156
Instruments électrodynamiques, système J. Carpentier (Les nouveaux) [n° 11] . . . 422
Intensité lumineuse (Variations périodiques de l') des lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif [n° 7] 270
Interrupteurs électriques. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 444
Inverseur de courant [n° 9] 328
Inverseur pour locomotive électrique [n° 1]. 14
Isolant calorifuge. *Brev.* Esvers et Gaucher [n° 7]. 283
Isolants (Classification des essais à faire subir aux) [n° 5] 169
Isolants (Conducteurs et). *Brev.* British Westinghouse Electric and Manufacturing C° [n° 5]. 204
Isolateur pour haute fréquence. *Brev.* G. Lorentz [n° 11]. 444
Isolement (Nouvelle méthode d') à haute tension [n° 9]. 359

J

Jauge (Robinets de) de niveau d'eau pour chaudières [n° 3] 104
Jaugeage de l'eau pour essais de chaudières [n° 8]. 315
Jonctions de tuyaux (Raccords filetés pour) [n° 7]. 271

L

Laine (Pour augmenter le brillant de la). *Brev.* Elsaner [n° 3] 126
Laiterie (Appareils de) [n° 10]. 390
Laiton (Ecrouissage du) [n° 9] 338
Laminage (Forge et). *Brev.* Mellor [n° 1] . . 47
Laminage en France [n° 8] 320
Laminoirs (Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des), A. R. Garnier [n° 8] 303
Laminoir duo-reversible (Nouveau système de conduite électrique d'un train de) [n° 11] 441
Lampe à arc. *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 1]. 45
Lampes à arc. *Brev.* Harlé [n° 7] 283
Lampes électriques à incandescence. *Brev.* Siemens et Halske [n° 7] 284
Lampes électriques à incandescence à filament métallique. *Brev.* Société des Usines Pintsch [n° 7] 284
Lampes électriques à incandescence (Procédé de purification des filaments pour). *Brev.* Bergmann-Electr. Werke [n° 5] . . 205
Lampes électriques à incandescence : réparation. *Brev.* Allg. Chemisches Laboratorium O. H. Arendt [n° 7] 284
Lampes électriques luminescentes (L'éclairement des nouvelles) [n° 5]. 199
Lampe électrique à vapeur de mercure (L'influence sur la végétation de la lumière produite par la) [n° 12] 468
Lampes à filament métallique (Emploi des condensateurs avec les) [n° 6] 228
Lampes à incandescence (Appareil servant à placer les filaments métalliques de) sur leurs supports. *Brev.* Deutsche Gasglühlicht Aktiengesells. Auergesell. [n° 5]. . . 203
Lampes à incandescence (Filament de). *Brev.* Houskeeper [n° 1]. 44
Lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif (Variations périodiques de l'intensité lumineuse des) [n° 7] 270
Lampes à incandescence et autres récipients de verre (Procédé de production du vide dans les). *Brev.* Allgemeine Elektr. Gesells. [n° 1] 45
Lampe en quartz. *Brev.* Zirconglas-Gesells. [n° 5]. 205

Pages.

Lampe à rayonnement ultra-violet très puissante (Nouvelle) et son utilisation à la stérilisation de grandes quantités d'eau [n° 3]. 117
Lampe à vapeur incandescente. *Brev.* Société anonyme Banque du Radium [n° 3]. 123
Lampes à vapeur de mercure pour éclairage ou stérilisation. *Brev.* Triquet [n° 7] . . . 283
Lampe à vapeur de mercure à radiations de courte ou de grande longueur d'onde. *Brev.* Billon-Daguerre [n° 3] 123
Lampe à vapeur de mercure pour réseaux alternatifs (Nouvelle) [n° 9] 354
Lancement du cuirassé *Paris* (Note sur les dispositions adoptées pour le) [n° 11] . . 435
Lancement de ponts militaires (Manœuvres de) [n° 4]. 157
Lanternes pour noyaux de fonderie [n° 7] . 265
Législation italienne sur les conduites électriques [n° 5] 200
Levage (Moteur à collecteur pour appareils de). *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 3] 124
Lignes électriques aériennes [n° 2]. 76
Lignes électriques (La protection et le renforcement des poteaux de) [n° 12]. . . . 476
Limeur (Expériences sur l'art du) [n° 3]. . 115
Limonière articulée [n° 10] 387
Lingots d'acier doux (Application du thermit anti-soufflures aux) [n° 3] 107
Linoléum (Le), fabrication, propriétés et emploi [n° 4] 156
Locomobile à gaz pauvre [n° 10]. 392
Locomobile routière [n° 9]. 345
Locomotives (Accouplement universel élastique pour). *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 3] . . 121
Locomotives (Application aux) d'un réchauffeur d'eau d'alimentation sur le réseau de l'Etat, J. Netter [n° 9] 347
Locomotives (Bogie pour). *Brev.* Allgemeine Electr. Gesellsch. [n° 5]. 202
Locomotives (Nouvelle classification des), L. Pahin [n° 11]. 420
Locomotives (Commande de la bielle et du tiroir). *Brev.* Abner de Haven Baker [n° 1]. 42
Locomotives électriques. *Brev.* Société Westinghouse [n° 11] 442
Locomotive électrique, système Westinghouse de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, J. A. Montpellier [n° 11]. 408
Locomotive électrique (Nouvelle) de 1 500 ch de la Compagnie des chemins de fer du Midi [n° 1]. 9
Locomotives électriques des chemins de fer suédois [n° 9] 351
Locomotives électriques à moteurs monophasés. *Brev.* Allgemeine Electr. Gesells. [n° 3]. 121
Locomotive électrique, système Thomson-Houston, de la Compagnie des chemins de fer du Midi, J. A. Montpellier [n° 8]. 295
Locomotive d'essai type Pacific, de l'American Locomotive Cy [n° 9] 350
Locomotives modernes (La désignation des) [n° 12]. 472
Locomotive routière [n° 9]. 345
Locomotive sans foyer [n° 6]. 226
Locomotives à grande vitesse aux Etats-Unis (Caractéristiques des) [n° 4] 151
Locomotives à hydrocarbures. G. Lumet [n° 12] 469
Locomotive de secours. *Brev.* Hawthornand, Leslie et Straker [n° 3] 121
Loi du 13 décembre 1912 faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs des dispositions de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail [n° 8] 320
Lois sur le travail en 1911 (L'application des) [n° 1] 48
Lois du travail professionnel (Les) : expériences sur l'art du limeur [n° 3]. 115
Loi du 31 décembre 1912 modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale, relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs, E. Cohendy [n° 4]. 160
Lubrifiant. *Brev.* A. Fournaise [n° 9] . . . 864

Pages.

Lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure (L'influence sur la végétation de la) [n° 12] 468
Luminescentes (L'éclairement des nouvelles lampes électriques) [n° 5] 199
Luminosité (La) et l'assimilation végétale [n° 9]. 357
Lustre soyeux (Pour donner aux fibres végétales un). *Brev.* Dubourg [n° 1] 47

M

Machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation de turbines (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre : combinaison de deux) [n° 12] 479
Machines (Les) au concours général agricole de 1913, H. Pillaud [n° 9] . . 343
— [n° 10]. 387
Machine à couler les tuyaux en fonte [n° 10]. 385
Machines électriques (Collecteur pour). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 5]. 203
Machines électriques d'extraction [n° 1]. 1
Machine électrique (Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide d'une) [n° 4]. 152
Machines électriques (Procédé pour supprimer l'influence du magnétisme rémanent dans les). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 9] 363
Machines électriques (Les propriétés magnétiques du fer et la construction des) [n° 9]. 360
Machine équicourant compound. *Brev.* P. Berger [n° 1] 46
Machine équicourant d'extraction. *Brev.* J. Stumpf [n° 1] 46
Machine d'essai type Pacific de l'American Locomotive Cy [n° 9] 350
Machine pour les essais de résistance des matériaux. *Brev.* Wazau [n° 3]. 124
Machine d'extraction électrique à courant alternatif monophasé [n° 9] 353
Machines d'extraction (Manœuvre des) à vapeur, P. Drosne [n° 1]. 1
Machine à fraiser, système Darling and Sellers [n° 2] 68
Machines à fraiser spéciales, E. Gay [n° 11]. 410
Machines à fraiser verticale, système Tangye [n° 2]. 69
Machines génératrices à courant continu (Anti-compoundage pour). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 9]. 361
Machines à huiles (Système de réglage des pompes d'alimentation pour). *Brev.* Goedkoop, Schiffswerft u. Motoren fabrik [n° 11] 447
Machines marines [*Supplément* au n° 12].
Machine à merceriser en écheveaux [n° 11] 428
Machines à mouler [n° 7]. 266
— — [n° 9]. 340
— — [n° 10]. 380
Machines-outils modernes (Les) pour le travail des métaux, E. Gay [n° 1] . . . 16
— — [n° 11] 410
Machines soufflantes (Les) pour aciéries, H. Noble [n° 8]. 306
Machines-outils (Emploi des roulements et des coulissements à billes et à galets dans les), P. Gorgeu [n° 2] 52
Machine spéciale, système Landis, pour le finissage rapide et la rectification à la meule [n° 2] 69
Machine à tailler les engrenages, système Darling and Sellers [n° 2]. 67
Machine à tourner et aléser des pièces lourdes ou encombrantes. *Brev.* Compagnie de Fives-Lille [n° 11] 444
Machine à vapeur (Commande des organes de distribution pour). *Brev.* Schneider et Cie [n° 9] 365
Machines à vapeur (Méthodes d'essais comparées des) et des moteurs à gaz ou à combustion, L. Letombe, Conférence [*Supplément* au n° 6].

Digitized by Google

Pages.

Machine à vapeur réversible. *Brev.* J. Stumpf [n° 5] 202
Machine à vapeur verticale compound tandem. *Brev.* Aktien Gesells. Görlitzer Maschin. Amstalt und Eisengiesserei [n° 11]. 446
Machine à vérifier le profil des engrenages. *Brev.* Société des anciens établissements Panhard et Levassor [n° 7] 286
Machinerie à vapeur ou à gaz avec deux ou plusieurs fractions de turbines travaillant en série et montées sur des arbres distincts. *Brev.* Aktienges. Brown-Boveri [n° 9] . . 366
Magnétisme rémanent (Procédé pour supprimer l'influence du) dans les machines électriques. *Brev.* Société alsacienne de constr. mécaniques [n° 9] 363
Magnéto-électrique. *Brev.* Fein [n° 3]. . . . 123
Magnéto-électrique. *Brev.* Société d'électricité Nilmélior [n° 9]. 363
Magnéto (Moteurs à combustion interne; montage de la). *Brev.* Benier [n° 3] . . . 125
Maisons (La construction de) par moulage [n° 4]. 147
Manchons d'éclairage (Procédé permettant de rendre plus résistants les). *Brev.* Courtot [n° 5]. 205
Manchons renforcés employés dans l'éclairage à incandescence par le gaz (Procédé de fabrication). *Brev.* Colas [n° 5] 205
Mandrin Taylor à serrage concentrique pour aciers rapides [n° 2]. 70
Manganèse (Etude agrologique du) [n° 1] . . 38
Manganèse (Séparation quantitative du fer et du) [n° 11] 420
Manœuvres de lancement de ponts militaires [n° 3]. 157
Manœuvre des machines d'extraction à vapeur, P. Drosne [n° 1]. 1
Marché (Le) des pyrites de fer considérés comme minerais de soufre [n° 12] 480
Marseille (Agrandissement du port de) [n° 1]. 41
Matériaux de construction (Les nouveaux) : La construction de maisons par moulage, M. Darras [n° 4] 147
Matériaux (Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des) lors du choc [n° 7] 281
Matériaux isolants (Classification des essais à faire subir aux) [n° 5]. 169
Matériel et outillage mécanique de la fonderie, L. Descroix [n° 7]. 261
— — [n° 9]. 339
— — [n° 10]. 380
Matières colorantes [n° 7]. 268
Matières isolantes (Qualification et essais des), E.-J. Brunswick [n° 5]. 161
Matières premières pour la fabrication du papier (Nouvelles) [n° 11] 430
Mélanges gazeux explosifs (Dispositif pour la combustion des). *Brev.* W.-A. Bone, J.-W. Wilson, Leech, C. Douglas [n° 11] . 446
Mercerisage. *Brev.* P. Krais [n° 5] 207
Mercerisage (Sur le) [n° 11] 427
Merceriser (Machine à) en écheveaux [n° 11]. 428
Mesure des courants téléphoniques utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie [n° 10] 396
Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières, J. Izart [n° 8]. 314
Mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains (Appareils pendulaires pour la) [n° 9] . . 348
Mesures électriques. *Brev.* Abraham et Carpentier [n° 7] 284
Mesures sur la haute tension, avec insertion sur la basse tension (Nouveau type de wattmètre pour) [n° 6] 235
Mesure des tensions alternatives élevées (Procédé de). *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 7] 284
Mesure (Méthode de) des très grandes résistances [n° 4] 156
Métal (Dispositif pour recouvrir des objets avec du). *Brev.* G. Ostermann [n° 7] . . . 287
Métal Monel (Le) [n° 9] 355
Métallurgie électrique (Essais de) effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer [n° 9] 355
Métallurgie de quelques métaux autres que le fer en 1912 (Statistique de la) [n° 10] . 400

Pages.

Métallurgie du zinc, C. Lordier [n° 5]. . 170
Métallurgie du zinc (Progrès réalisés dans la) dans la Haute-Silésie depuis 1900, C. Lordier [n° 1] 29
Métallurgiques (Sur les essais) [n° 3] . . . 119
Métallurgiques (Fours). *Brev.* Tschernoff et Sendzikowsky et Hardingham [n° 3] . . . 126
Métaux alcalins (Procédé d'oxydation des). *Brev.* Société des usines de Rioupéroux [n° 5] 203
Métaux (Altération des) par chauffage après déformations locales [n° 3] 120
Métaux (Commerce extérieur des), autres que le fer, en France, en 1911 [n° 2] 80
Métaux ductiles (Procédé permettant de rendre les). *Brev.* The Westinghouse Metal Filament Lamp C° [n° 11] 447
Métaux (Sur l'écrouissage des), M. Hanriot [n° 9] 334
Métaux (Nouvelles études micrographiques sur différents) [n° 4]. 158
Métaux (Les machines-outils modernes pour le travail des), E. Gay [n° 1] . . 16
— — [n° 11] 410
Métaux poreux (Procédé de préparation des). *Brev.* H.-I. Hannover [n° 11]. 447
Métaux pulvérulents (Un procédé de fabrication avec des) [n° 8] 312
Métaux soumis à des efforts (Action des électrolytes sur les) [n° 2]. 77
Métaux soumis à des efforts (Distribution des déformations dans les) : cas du plissement des tuyaux, Ch. Frémont [n° 11]. 401
Métier continu à filer (Le) : application de la commande électrique et réglage périodique du nombre de tours, V. Sylvestre [n° 2] 49
— — [n° 3]. 89
Métiers modernes à tulles et à dentelles (Les), Léon Melot [n° 12]. 451
Métropolitain de Naples (Chemin de fer) [n° 5]. 198
Meulage des billes. *Brev.* Norma [n° 7]. . . 286
Meulage des billes (Appareil pour le). *Brev.* Norma [n° 9] 365
Meulage (Dispositif de) placé sur un tour. *Brev.* Shaw et Keeling [n° 11] 445
Micrographies (Grossissements normaux pour les) [n° 5] 201
Micrographiques (Nouvelles études) sur différents métaux [n° 4] 158
Microscope (Nomenclature des constituants dont l'existence est révélée par l'étude au): microstructure des aciers et des fontes [n° 8]. 319
Microstructure des aciers et des fontes [n° 8]. 319
Mines sous-marines. *Brev.* Harlé [n° 7]. . . 285
Mines (La taxation des) dans les divers pays, A. Vidal [n° 9]. 367
Mines (La téléphonie sans fil dans les) [n° 3]. 112
Mines (Tir électrique des) [n° 9]. 356
Minerais (Détermination des gisements souterrains de) ou d'eau au moyen d'ondes électriques. *Brev.* Henrich Löwy [n° 5] . 204
Minerais de fer (Enrichissement des) et des poussières de hauts-fourneaux : briquettes et agglomérés [n° 4] 158
Minerais de fer aux mines du Mesabi (La dessiccation des) [n° 11]. 427
Minerai de fer (La production du) en France [n° 10] 400
Minerai (Progrès dans la fabrication des briquettes de) [n° 2] 78
Minerais de fer (Ressources du Chilien) [n° 4]. 159
Minerais des fer (Traitement des). *Brev.* Elihu Thomson [n° 3]. 126
Minerais en France en 1911 (Commerce extérieur des) [n° 2] 80
Minerais de soufre (Le marché des pyrites de fer considérées comme) [n° 12] 480
Mineurs (Loi du 13 décembre 1912 faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers) des dispositions de la loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail [n° 8] 320
Minium (Perfectionnement dans la fabrication du) [n° 2] 64
Mise en marche des moteurs à explosions. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]. 446

Pages.

Mise à la terre des conducteurs électriques rompus (Dispositif automatique pour la). [n° 7]. 269
Modèles de fonderie [n° 10] 382
Modèles-types (Recherche de) de moteurs et de chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre [n° 7] . . . 278
Modules (Définition des) pour les corps très déformables, H. Bouasse [n° 9]. . 325
Montage (Artifice de) pour tourner avec un tour ordinaire une pièce de forme elliptique [n° 12] 475
Montage (Dispositif de) des fusées de roues avant sur l'essieu des véhicules automobiles. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1]. . . . 42
Moteurs agricoles (Les) au concours agricole de 1913 [n° 10]. 391
Moteur d'automobile (Le), au XII^e Salon de l'automobile, G. Lumet, Conférence [*Supplément* au n° 2].
Moteur d'aviation (Le) à la IV^e Exposition internationale de la locomotion aérienne, Léon Letombe, Conférence [*Supplément* au n° 2].
Moteurs à champ tournant (Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les) dans la commande des laminoirs, A.-R. Garnier [n° 8] 303
Moteur à collecteur pour appareils de levage. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 3] 124
Moteurs à combustion interne. *Brev.* Anzani, Crossley et Webb [n° 5]. 206
Moteur à combustion interne. *Brev.* Kilburn [n° 1]. 46
Moteurs à combustion (Allumage électrique des). *Brev.* R. Bosch [n° 11]. 446
Moteurs à combustion interne (Allumage). *Brev.* R. Bosch [n° 5]. 206
Moteur à combustion interne. *Brev.* Aktiesels, kabet Volund [n° 11]. 447
Moteurs à combustion interne, système Dingler [n° 10] 396
Moteur à combustion interne. *Brev.* Sulzer [n° 11] 446
Moteurs à combustion interne (L'emploi de l'air comprimé pour les appareils auxiliaires des navires à) [n° 12]. 478
Moteur à combustion interne (Gicleur). *Brev.* Crossley, Webb et Barley [n° 5] 206
Moteurs à combustion interne (Mise en marche). *Brev.* Marks [n° 3]. 125
Moteurs à combustion interne (Montage de la magnéto). *Brev.* Benier [n° 3] 125
Moteurs à combustion à quatre temps (Distribution par tiroir pour). *Brev.* Tiercé [n° 1] 46
Moteurs à combustion (Réglage des). *Brev.* Benz [n° 1]. 47
Moteurs compound (Récupération d'énergie électrique avec les). *Brev.* Walter-Heymann [n° 7] 285
Moteurs Diesel (Les accidents de) [n° 4] . . 155
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. Dumanois [n° 8] . . 289
Moteurs Diesel et autres (Injecteur pulvérisateur de combustible pour). *Brev.* Société Delaunay-Belleville [n° 7] 286
Moteur Diesel (La question des combustibles pour le) [n° 3] 118
Moteurs Diesel marins (Les nouveaux) et en particulier les essais du pétrolier *Juno* [n° 7]. 254
Moteurs électriques pour chemins de fer, J.-A. Montpellier, [n° 8] 299
Moteurs électriques à courant continu (Réglage de vitesse simultané d'un certain nombre de). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 7] 284
Moteurs à explosion et à combustion (Causes et effets des allumages prématurés dans les) [n° 6] 236
Moteurs à explosion (Appareil de sûreté pour graissage sous pression des). *Brev.* J.-A. Mathieu [n° 11] 446
Moteurs à explosion (Dispositif pour le décalage automatique du point d'allumage dans les), avec décalage par interrupteur. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 445

Digitized by Google

Pages.

Moteurs à explosions (Mise en marche des). *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]. 446
Moteurs à explosion ou à combustion interne (Pompe à huile pour le graissage forcé des articulations dans les). *Brev.* Société des automobiles Delaunay-Belleville [n° 11]. 447
Moteurs à explosion à quatre temps (Distribution pour). *Brev.* Berry et Hutchinson-Mann [n° 3]. 125
Moteurs à gaz ou à combustion (Méthodes d'essais comparées des machines à vapeur et des), L. Letombe, Conférence [*Supplément* au n° 6].
Moteur à gaz pauvre [n° 10] 392
Moteurs monophasés à caractéristique série et en particulier des moteurs à répulsion. *Brev.* R. Richter und Maffei Schwartzkopff [n° 11] 444
Moteurs monophasés à collecteur (Freinage des). *Brev.* Thomson-Houston [n° 5] 204
Moteur monophasé avec enroulements à changement de pôles [n° 10] 398
Moteur monophasé (Procédé de démarrage d'un). *Brev.* Compagnie intern. d'électricité [n° 1] 44
Moteur à quatre temps. *Brev.* O. Freiberg, M. Freiberg et O. Petzsche [n° 5] 206
Moteurs (Recherche de modèles-types de) et de chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre [n° 7] 278
Moteurs à répulsion (Freinage des) compensés et à répulsion simple, plus spécialement utilisés pour la commande d'ascenseurs et appareils analogues. *Brev.* Ateliers de construction du Nord et de l'Est [n° 5] 204
Moteur sans soupapes [n° 10] 391
Moteur triphasé, à excitation série, avec transformateur série branché entre l'enroulement du rotor et celui du stator. *Brev.* Siemens-Schuckert [n° 11] 444
Moteurs de traction (Les) à courant monophasé [n° 7] 277
Motoculteur (Le) [n° 9] 346
Moulage (La construction de maisons par), M. Darras [n° 4] 147
Moulage de fonderie [n° 7] 263
Moulage, en sable vert, des pièces en acier et en fonte (Application de l'huile à démouler dans le), J. Duponchelle [n° 11]. 425
Moules pour fonderie [n° 9] 340
— — [n° 10] 380
Moule universel pour la confection des sections destinées à l'enroulement des machines et appareils électriques. *Brev.* Société alsacienne [n° 11] 445
Mouler (Examen des sables à) [n° 2] 79
Mouvement intermittent (Moyen de réaliser un) par roues dentées en évitant les chocs [n° 6] 230
Mouvement de rotation (Organe élastique pour la transmission du). *Brev.* Chenard et Walcker [n° 9] 365
Murs de quai du port de Bordeaux [n° 1] 36

N

Naphtaline (Appareil indicateur de) pour le gaz d'éclairage. *Brev.* Société du gaz de Paris [n° 7]. 285
Naphtaline (Fabrication des briquettes de charbon avec addition de) [n° 11] 442
Navigation aérienne (L'hydrogène dans la) et dans l'industrie [n° 11] 430
Navigation intérieure (La) en France et à l'étranger, L. D. F. [n° 11] 405
Navires (Les tendances les plus récentes de la construction des), M. Bahon, Conférence [*Supplément* au n° 12].
Navires de commerce à moteurs Diesel [n° 7] 256
Navires cuirassés (Développements récents des types de) [n° 11] 433
Navires (Engrenages pour la propulsion des) [n° 12] 478
Navires (Essais de résistance des), M. Le Besnerais [n° 5] 178, 183
Navires (Groupement générateur et moteur pour propulsion des). *Brev.* Schneider et Cie [n° 9] 364
Navires de guerre (Application des moteurs Diesel aux), P. Dumanois [n° 8] 289
Navires de guerre (Recherches de modèles-types de moteurs et de chaudières pouvant convenir à la propulsion des) [n° 7] 278
Navires (Influence des dimensions principales et des formes de carènes sur les vitesses réalisées par les), L. Le Besnerais [n° 4] 143
— — [n° 5] 175
Navires à moteurs à combustion interne (L'emploi de l'air comprimé pour les appareils auxiliaires des) [n° 12] 478
Navires partiellement envahis (Calcul de la stabilité des) [n° 10] 399
Navires (Propulsion des). *Brev.* Ducasson et Cie [n° 9] 363
Navires (Propulsion des). *Brev.* Thornycroft [n° 9] 364
Navires à turbines (L'influence de la pompe à air sur les qualités militaires des) [n° 11] 433
Néon (Pseudo-résonance des tubes au) [n° 1]. 39
Nettoyer les anneaux de continus (Appareil à), F. Hague [n° 11] 429
Neutralisation de l'électricité produite dans le travail des textiles. *Brev.* Siemens et Halske [n° 5] 207
Neutralisation de la self-induction des enroulements des machines et appareils électriques (Procédé pour la). *Brev.* Société alsacienne de constr. mécaniques [n° 7] 285
Niagaras (Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des postes et télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits) [n° 11]. 431
Nickel (Alliage de). *Brev.* Gebr. Bochers Chemische Fabriken [n° 7] 287
Nickel (Alliage de). *Brev.* W. Borchers [n° 9] 366
Nickel (Influence du) et du chrome sur la corrosion de l'acier [n° 12]. 479
Nickel (La production, la consommation et le prix du) en 1911 [n° 5] 208
Nickel (Sels de). *Brev.* Weles [n° 3] 121
Nickel (Statistique du) en 1912 [n° 10] 400
Nickelage de l'aluminium. *Brev.* Chirade et Canac [n° 3] 126
Nitrates (Fabrication des). *Brev.* Guye, Darier et van Vlotten [n° 5] 203
Nitrés (La fabrication des dérivés), Eug. Grandmougin [n° 6]. 217
Nitrobenzène (Fabrication de la), Eug. Grandmougin [n° 6] 218
Nitro-cellulose (Fabrication de la soie à la) [n° 9] 358
Nitrophénols (Fabrication des) [n° 6] 223
Nitrotoluènes (Fabrication des) [n° 6] 221
Niveau d'eau pour chaudières (Robinets de jauge de) [n° 3] 104
Niveau d'eau (Indicateur de), système Gerkinet [n° 8] 316
Noyaux polaires (Dynamo). *Brev.* E. Volkers [n° 11] 443

O

Objets en plâtre (Procédé de cuivrage galvanique des) [n° 7] 269
Oléum (Analyse de l') [n° 6] 228
Ondes électriques (Détermination des gisements souterrains de minerais ou d'eau au moyen d'). *Brev.* Henrich Löwy [n° 5]. 204
Ondes hertziennes (Captation des) par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol [n° 1] 39
Ondes hertziennes (Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des) [n° 7] 277
Or (Imitation des feuilles d'). *Brev.* J.-G.-Potter [n° 5] 202
Or (La production de l') dans le monde en 1911 [n° 6] 240
Or (La production de l') en France en 1912 [n° 11] 448
Or colloïdal (Préparation de l') [n° 7] 268
Organe élastique pour la transmission du mouvement de rotation. *Brev.* Société des anciens établissements Chenard et Walcker [n° 9] 365
Organisation des services des chemins de fer de l'Etat badois (Réformes dans l') [n° 2] 64
Organisation des usines par le système Taylor, H. Le Chatelier [n° 12] 449
Oscillateur pour mesurer les modules [n° 9]. 327
Oscillations électriques de haute fréquence (Dispositif pour produire les). *Brev.* Compagnie générale radioscopique [n° 7] 284
Outils pneumatiques. *Brev.* Dörnenburg [n° 7] 286
Outillage pour le démontage des chemises intérieures de cylindres [n° 6] 230
Outillage mécanique de la fonderie (Matériel et), L. Descroix [n° 7]. 261
— — n° 9 339
— — n° 10 380
Outillage des ports maritimes [n° 3] 120
Oxydation des métaux alcalins (Procédé d'). *Brev.* Société des usines de Rioupéroux [n° 5] 203
Oxydation (Procédé pour empêcher l') ou la rouille de fer ou de l'acier. *Brev.* Richards [n° 11] 447
Oxydes d'azote. *Brev.* Semet-Solvay Co [n° 3] 121
Oxydes (Réduction d'). *Brev.* Société électro-métallurgique française [n° 7] 287
Oxygène et azote (Préparation au moyen de l'air liquide). *Brev.* Industrie Gas. Gesells. f. Sauerstoff und Stickstoff Anlagen [n° 11]. 443
Oxygène (Sa préparation au moyen des permanganates et des persels). *Brev.* Chemische Werke u. vorm. Dr H. Byk [n° 9]. 361
Ozone. *Brev.* Willcox et G. Hall [n° 1]. 44

P

Paiement des salaires (Le), d'après le système Taylor. H. Le Chatelier [n° 12] 449
Paliers de butée (Dynamomètre d'absorption). *Brev.* Heenan, Froude et Harrison [n° 1] 46
Panneaux (Système de chauffage par) ou par planchers creux [n° 4] 156
Pantographes de locomotive électrique [n° 1]. 10
Papier (Nouvelles matières premières pour la fabrication du) [n° 11] 430
Paquebot *Aquitania* (Le) [n° 10] 394
Paquebot (Le) *Rochambeau*. (*Planche II*) n° 2] 55
Parafoudre (Constantes électriques du) [n° 8]. 313
Paratonnerres [n° 8] 313
Paratonnerres (Efficacité des) [n° 12] 474
Paratonnerres spéciaux, dits niagaras (Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des postes et télégraphes le voisinage de certains) [n° 11] 431
Pare-boue pour véhicules automobiles. *Brev.* Huguet [n° 1] 42
Participation aux bénéfices (La), ses méthodes pratiques dans l'industrie moderne, Maurice Bellom [n° 9] 329
Pasteurisation de la bière. *Brev.* Marriott [n° 3] 121
Pavage de rues et de voies de tramways au moyen de blocs d'asphalte [n° 10] 399
Peaux (Durcissement et imperméabilisation des) *Brev.* Hartmann [n° 5] 203
Peinture (Les nouveaux procédés dans la technique de la) ; immersion et pulvérisation [n° 9] 358
Pellicules (Fils et). *Brev.* Peters [n° 1] 43
Pendule pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains. A. Sabourin [n° 9]. 348
Permanganates et persels (Préparation de l'oxygène au moyen des). *Brev.* Chemische werke u. worm Dr H. Byk [n° 9]. 361
Peroxydes et persels (L'industrie des composés peroxygénés). E. Grandmougin [n° 1] 19
Pertes à vide (Nouvelle méthode pour la détermination des) d'une machine électrique [n° 4] 152

Digitized by Google

Pages.

Pétrole (La production du) de 1860 à 1911 [n° 11] . . . 448
Pétrolier *Juno* (Les nouveaux moteurs Diesel marins et en particulier les essais du) [n° 7] . . . 254
Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques [n° 7] . . . 278
Phosphates (La production mondiale des) en 1911 [n° 5] . . . 208
Photographes (L'anémie des) [n° 11] . . . 448
Photographie : emploi du soufre colloïdal à l'état naissant pour le virage en brun des images photographiques sur papier. *Brev.* Union photographique Lumière et Jougla [n° 11] . . . 443
Pièce de forme elliptique (Artifice de montage pour tourner avec un tour ordinaire une) [n° 12] . . . 475
Piles secondaires (Électrodes poreuses en charbon pour) : procédé de fabrication. *Brev.* Ever Ready Metall. Gesellsch. [n° 7] . . . 283
Pinces automatiques (Nouvelles) de prise de lisières [n° 6] . . . 233
Piston. *Brev.* Société métallurgique de Montbard-Aulnoye [n° 11] . . . 447
Piston de machine équicourant (Chauffage du). *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 11] . . . 447
Planchers creux (Système de chauffage par panneaux ou par) [n° 4] . . . 156
Plantes (L'action de l'acide sulfurique sur les) [n° 12] . . . 468
Planteuse de pommes de terre [n° 10] . . . 387
Plaque-modèle réversible pour fonderie [n° 10] . . . 382
Plâtre (Procédé de cuivrage galvanique des objets en) [n° 7] . . . 269
Plissement des tuyaux (Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts ; cas du). Ch. Frémont [n° 11] . . . 401
Plomb (Dureté du) [n° 9] . . . 236
Plomb (Statistique du) en 1912 [n° 10] . . . 400
Poches de fonderie [n° 7] . . . 262
Points de fusion élevés (Méthode simple pour déterminer les) [n° 7] . . . 269
Pompe à air (Influence de la) sur les qualités militaires des navires à turbines [n° 11] . . . 433
Pompes d'alimentation de chaudières et de châteaux d'eau [n° 3] . . . 97
Pompes d'alimentation pour machines à huiles (Système de réglage des). *Brev.* Gœdkopp, Schiffewerft u. Motorenf. [n° 11] . . . 447
Pompes centrifuges et turbo-compresseurs [n° 2] . . . 77
Pompes à éjecteur. *Brev.* Parsons et Carnegie [n° 5] . . . 205
Pompe à huile pour le graissage forcé des articulations dans les moteurs à explosion ou à combustion interne. *Brev.* Société des automobiles Delaunay-Belleville [n° 11] . . . 447
Pompe système Humphrey [n° 9] . . . 354
Pont arrière (Embrayage et transmission hydraulique pour commande de) avec vis sans fin placée au-dessous de ce pont-arrière. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7] . . . 282
Ponts militaires (Manœuvres de lancement de) [n° 4] . . . 157
Ponts roulants électriques [n° 6] . . . 214
Ponts tournants et ponts à bascule (Manœuvre des) [n° 5] . . . 206
Port de Bordeaux (Les murs de quai du) [n° 1] . . . 36
Ports fluviaux (Projets d'extension des) de Rouen et de Caen [n° 1] . . . 41
Ports français (Les projets d'agrandissement et de réorganisation des grands) [n° 1] . . . 40
Ports maritimes (Outillage des) [n° 3] . . . 120
Ports nord-africains (Nos) [n° 3] . . . 120
Port transatlantique (Brest) [n° 10] . . . 399
Port transatlantique (Brest peut-il devenir)? [n° 1] . . . 41
Postes et télégraphes (Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des) le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits niagaras [n° 11] . . . 431
Potasse (Procédé de fabrication de la), de la silice et de l'alumine à partir du feldspath [n° 7] . . . 269
Poteaux de lignes électriques (La protection et le renforcement des) [n° 12] . . . 476
Potentiel compensé monophasé (Régulateur de). *Brev.* Aktiengesellschaft Brown-Boveri [n° 9] . . . 363
Poudres métalliques (Four électrique servant à la production des). *Brev.* Schoop [n° 5] . . . 207
Poudres de métaux vaporisées (Dispositif pour le revêtement métallique de surfaces quelconques au moyen de). *Brev.* Société de métallisation [n° 5] . . . 207
Pourpre de Cassius [n° 7] . . . 268
Poussières (Enregistreur de la teneur en) pour les gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels. J. Izart [n° 2] . . . 71
Poussières de hauts fourneaux (Enrichissement des minerais de fer et des) : briquettes et agglomérés [n° 4] . . . 158
Poussières de houille (Nouvelles expériences sur les) et sur les moyens de combattre leurs dangers [n° 3] . . . 109
Poutres (Calcul des) d'un escalier de grande portée en ciment armé [n° 5] . . . 195
Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu [n° 8] . . . 317
Préservation du bois. *Brev.* Kœnman [n° 1] . . . 44
Presses à fourrages [n° 10] . . . 390
Presse à mouler [n° 9] . . . 340
Presses à tréfiler et presse à gabarier de 8000 t. en acier moulé [n° 3] . . . 109
Pression (Régulateur de) pour le chauffage à vapeur des trains [n° 12] . . . 472
Pressions de terrains dans les exploitations houillères (Quelques effets de) [n° 11] . . . 427
Prises de courant pour chemins de fer électriques [n° 8] . . . 298
Prix de l'aluminium en 1911 [n° 5] . . . 208
Prix des charbons, des cokes et des produits sidérurgiques dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7] . . . 288
Prix de l'étain en 1911 [n° 5] . . . 208
Prix du nickel en 1911 [n° 5] . . . 208
Prix de revient de l'épuration des gaz des hauts fourneaux. C. Lordier [n° 7] . . . 273
Prix de revient de la vapeur (Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le) ou pour les essais de chaudières [n° 8] . . . 314
Procédé (Le) de flottage Wood [n° 5] . . . 201
Procédé pour prévenir les doubles fils [n° 6] . . . 233
Production, consommation et prix de l'aluminium en 1911 [n° 5] . . . 208
Production, consommation et prix de l'étain en 1911 [n° 5] . . . 208
Production de la fonte, du fer et de l'acier en France [n° 8] . . . 320
Production, consommation et prix du nickel en 1911 [n° 5] . . . 208
Production de l'or dans le monde en 1911 [n° 6] . . . 240
Production de l'or en France en 1912 [n° 11] . . . 448
Production du pétrole de 1860 à 1911 [n° 11] . . . 448
Production mondiale des phosphates en 1911 [n° 5] . . . 208
Production et consommation du soufre [n° 12] . . . 480
Production de la vapeur aux nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Planche III*) [n° 3] . . . 95
Projet de loi sur l'assurance des employés du commerce et de l'industrie en Allemagne [n° 3] . . . 100
Propriétés magnétiques du fer (Les) et la construction des machines électriques [n° 9] . . . 360
Propulseurs (Les) aériens appliqués à la propulsion des bateaux à marchandises [n° 3] . . . 113
Propulsion des bateaux. *Brev.* Ducassou et Cie [n° 9] . . . 363
Propulsion des navires. *Brev.* Thornycroft [n° 9] . . . 364
Propulsion des navires (Engrenages pour la) [n° 12] . . . 478
Propulsion des navires (Groupement générateur et moteur pour). *Brev.* Schneider et Cie [n° 9] . . . 364
Propulsion des navires de guerre (Recherche de modèles-types de moteurs et de chaudières pouvant convenir à la) [n° 7] . . . 278
Protection des bâtiments contre la foudre [n° 12] . . . 474
Protection des édifices contre la foudre (Note sur la). A. R. Garnier [n° 8] . . . 312
Protection et renforcement des poteaux de lignes électriques [n° 12] . . . 476
Pseudo-résonance des tubes au néon [n° 1] . . . 39
Puddlage (Les réactions du) [n° 8] . . . 319
Puits absorbants (Efficacité des) [n° 9] . . . 360
Pulvérisateur (Injecteur) de combustible pour moteurs Diesel et autres. *Brev.* Société Delaunay-Belleville [n° 7] . . . 286
Pulvérisateurs-poudreur [n° 10] . . . 388
Pulvérisation (Procédé de peinture par) [n° 9] . . . 358
Purification naturelle des eaux (La) : une nouvelle méthode de stérilisation des eaux résiduelles organiques [n° 11] . . . 439
Pyrites de fer (Le marché des) considérées comme minerais de soufre [n° 12] . . . 480

Q

Quai du port de Bordeaux (Les murs de) [n° 1] . . . 36
Qualification et essais des matières isolantes, E. J. Brunswick [n° 5] . . . 161

R

Raccords filetés pour jonctions de tuyaux [n° 7] . . . 271
Radiotélégraphie et radiotéléphonie (Bolomètre Bela Gati pour la mesure des courants téléphoniques utilisés en) [n° 10] . . . 396
Raffinerie (Nouveau procédé rapide et précis pour doser les traces de fer dans les produits de sucrerie et de) [n° 7] . . . 268
Rainures circulaires (Appareil à faire les) [n° 2] . . . 54
Rayons ultra-violets (Action des) moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique [n° 6] . . . 235
Rayons ultra-violets (Appareil de stérilisation par les). *Brev.* Hewitt [n° 5] . . . 206
Rayons ultra-violets (Procédé de stérilisation de l'eau par les). *Brev.* V. Henri, A. Helbronner, M. von Recklinghausen [n° 5] . . . 206
Rayonnement ultra-violet (Nouvelle lampe à) très puissant et son utilisation à la stérilisation de grandes quantités d'eau [n° 3] . . . 117
Réactances (Régulation de la tension par l'emploi des) [n° 3] . . . 102
Réactions du puddlage (Les) [n° 8] . . . 319
Réception des ondes hertziennes (Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de) [n° 7] . . . 277
Réception (Sur la) au moyen d'antennes au ras du sol [n° 3] . . . 117
Réchauffeur d'eau d'alimentation. *Brev.* Deutsche-Economiser-Werke [n° 5] . . . 206
Réchauffeur d'eau d'alimentation (Application aux locomotives d'un) sur le réseau de l'Etat, J. Netter [n° 9] . . . 347
Récipients en verre à double paroi (Fabrication mécanique). *Brev.* Higbee [n° 7] . . . 283
Récolte (Appareils de) [n° 10] . . . 389
Recouvrir des objets avec du métal (Dispositif pour). *Brev.* G. Ostermann [n° 7] . . . 287
Rectification à la meule (Machine spéciale, système Landis, pour le finissage rapide et la) [n° 2] . . . 69
Recuit (Sur la déformation des alliages plastiques et leur) après déformation [n° 7] . . . 281
Récupérateurs (Construction et conduite des fours à gaz à) dans la métallurgie [n° 11] . . . 441
Récupération d'énergie électrique avec les moteurs compound. *Brev.* Walter Hegmann [n° 7] . . . 285
Redevances des mines dans les divers pays [n° 9] . . . 367
Réduction d'oxydes. *Brev.* Société électrométallurgique française [n° 7] . . . 287
Refroidissement périodique de la roue au moyen d'air frais (Turbine à gaz avec). *Brev.* Maschinenf. Augsburg Nürnberg [n° 9] . . . 366
Réglage des générateurs électriques. *Brev.* Compagnie française Thomson-Houston [n° 7] . . . 284

Digitized by Google

Pages.

Réglage des moteurs à combustion. *Brev.* Benz [n° 1] 47
Réglage périodique du nombre de tours (Applications de la commande électrique et) du métier continu à filer, V. Sylvestre [n° 2] 49
Réglage de vitesse simultané d'un certain nombre de moteurs électriques à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 7] 284
Régulateur. *Brev.* Bates [n° 11] 445
Régulation de la tension par contrôle de la tension alternative [n° 3] 103
Réglementation du travail dans l'air comprimé, J.-P. Langlois [n° 7] . . . 248
Réglementation du travail des employés [n° 11] 448
Régulateur de potentiel compensé monophasé. *Brev.* Aktiengesellschaft Brow-Boveri [n° 9] 363
Régulateur de pression pour le chauffage à vapeur des trains [n° 12] 472
Régulation de la tension pour l'emploi des réactances [n° 3] 102
Régulation de la turbine à vapeur de 10 000-15 000 kw, système Rateau [n° 4] 133
Relais extra-sensibles pour télégraphie sans fil [n° 9] 359
Relais d'intensité pour locomotive électrique [n° 1] 13
Relais télégraphique. *Brev.* D.-G. Brown [n° 3] 123
Renforcement (La protection et le) des poteaux de lignes électriques [n° 12]. . . . 476
Renvidage des métiers continus à filer [n° 2] 49
Répartition des suspentes (Sur une méthode de) dans la construction des dirigeables souples, P. Lenoir [n° 7]. 252
Réseau municipal de tramways à Paris (Transformation du) [n° 2] 72
Réservoir de Chingford (Le nouveau) [n° 9]. 354
Résistance de l'air s'opposant au mouvement du fil ballon dans le métier continu à filer, V. Sylvestre [n° 3]. . 89
Résistance des carènes [n° 4 143
Résistance des matières isolantes [n° 5]. 165
Résistance (Essais de) effectués sur des tôles obtenues par le laminage de lingots traités par le thermit [n° 3] 108
Résistance des matériaux (Machine pour les essais de). *Brev.* Wazau [n° 3] 124
Résistances (Méthode de mesure de très grandes) [n° 4] 156
Résistance résiduaire des carènes [n° 5] 176, 185
Résistance des sphères dans l'air en mouvement [n° 5] 198
Résonance (Electro-) des tubes au néon [n° 1]. 39
Résonance (La) en télégraphie sans fil [n° 11] 430
Ressort (Calcul du) pour la mise à la terre des conducteurs électriques rompus [n° 7]. 270
Ressources du Chili en minerais de fer [n° 4]. 159
Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante [n° 6]. 235
Revêtement métallique de surfaces quelconques au moyen de poudres de métaux vaporisées (Dispositif pour le). *Brev.* Société de métallisation [n° 5]. 207
Rigoles (Calcul du débit des petites) et des caniveaux [n° 2]. 76
Robinets de jauge de niveau d'eau pour chaudières [n° 3] 104
Rotation (Organe électrique pour la transmission du mouvement de). *Brev.* Chenard et Walcker [n° 9]. 365
Rotor excentré dans son stator [n° 9]. . . . 324
Rotor de machines électriques. *Brev.* Brown-Boveri [n° 1] 45
Rotor de la turbine Rateau de 10 000-15 000 kw [n° 4]. 131
Rotor des turbo-alternateurs à grande vitesse [n° 9]. 358
Roues avant (Dispositif de montage des fusées des) sur l'essieu des véhicules automobiles. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1] . 42

Pages.

Roues dentées (Moyen de réaliser un mouvement intermittent par) en évitant les chocs [n° 6]. 230
Roue intercep [n° 10] 388
Roues de la turbine à vapeur système Rateau de 10 000-15 000 kw des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Planche IV*) [n° 4] 130
Rouen (Projet d'extension du port de) [n° 1]. 41
Rouille (Emploi du graphite contre la) [n° 8]. 316
Rouille (Procédé pour empêcher la) du fer et de l'acier. *Brev.* Richards [n° 11] . . . 447
Rouille (Procédé permettant de préserver de la) les métaux et pièces mécaniques en fer, fonte, acier, etc. *Brev.* Lemêtre [n° 1]. 44
Roulements (Emploi des) et des coulissements à billes et à galets dans les machines-outils, G. Gorgeu [n° 2]. . . 52

S

Sable de fonderie (Préparation du) [n° 10] . 386
Sables à mouler (Examen des) [n° 2]. . . . 79
Salaires (Les) d'après le système Taylor, H. Le Chatelier [n° 12] 449
Savons métalliques (Apprêts hydrofuges aux) [n° 1] 34
Scie rotative. *Brev.* Brewinski [n° 3] 124
Scories (Les inclusions de) [n° 5]. 201
Sectionneurs (Sur les cloisonnements pour barres omnibus et) dans les installations à haute tension, A.-R. Garnier [n° 3]. . . 101
Sécurité en aéroplane (Sur la) [n° 6]. . . . 234
Sécurité des travailleurs (Loi du 31 décembre 1912 modifiant le livre II du Code du travail relatif à l'hygiène et la) [n° 4] . . 160
Sels de nickel. *Brev.* Weles [n° 3] 121
Self-induction des enroulements des machines et appareils électriques (Procédé pour neutraliser la). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 7]. 285
Séparation quantitative du fer et du manganèse [n° 11] 420
Serrage concentrique pour aciers rapides (Mandrin Taylor à) [n° 2] 70
Servo-frein système Boirault [n° 4] 150
Sidérurgie française (L'évolution de la) : fabrication de la fonte, du fer et de l'acier; laminage et forgeage [n° 8] 320
Signalisation électrique (La) appliquée aux tramways [n° 9]. 357
Signaux hertziens de l'heure (L'inscription des) [n° 10] 398
Signaux horaires (Appareils pour l'envoi automatique des) [n° 6] 235
Silice (Procédé de fabrication de la potasse, de la) et de l'alumine à partir du feldspath [n° 7]. 269
Silicium (Influence du) sur la corrosion de la fonte [n° 11] 440
Sillage et succion à l'arrière des navires [n° 3]. 117
Soc à distribution mixte [n° 10]. 387
Soie artificielle (L'état actuel de l'industrie de la) [n° 9]. 358
Soies (A propos de la charge des) : un dosage titrimétrique de l'étain [n° 11] . . 421
Sol (La créatinine, ses effets dans le) sur la croissance et l'absorption [n° 8]. . . . 311
« Sonims » (Impuretés solides non métalliques contenues dans l'acier ou) [n° 5] . . 201
Soudage de l'aluminium. *Brev.* B.-C. Avis [n° 5]. 207
Soufflantes (Les machines) pour aciéries, H. Noble [n° 8]. 306
Soufre colloïdal (Emploi du) à l'état naissant pour le virage en brun des images photographiques sur papier. *Brev.* Union photographique Lumière et Jougla [n° 11]. 443
Soufre (Influence du) sur la fonte [n° 1] . . 40
Soufre (Le marché des pyrites de fer considérées comme minerais de) [n° 12] . . . 480
Soufre (Production et consommation du) [n° 12] 480
Soupapes d'admission de la turbine à vapeur Rateau de 10 000-15 000 kw [n° 4] 136

Pages.

Soupapes d'échappement de moteurs à explosion à deux temps (Commande). *Brev.* R. Hoffmann [n° 3] 125
Soupapes de robinets de jauge pour chaudières [n° 3] 105
Sous-marins [*Supplément* n° 12].
Sphère d'Amsler [n° 9] 349
Sphères (Sur la résistance des) dans l'air en mouvement [n° 5] 198
Stabilisateur automatique longitudinal pour aéroplane. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 9]. 361
Stabilité des aéroplanes (Dispositif pour assurer automatiquement la). *Brev.* Deperdussin [n° 5]. 202
Stabilité longitudinale des aéroplanes (Sur un nouveau principe de) [n° 8] 317
Stabilité des navires partiellement envahis (Calcul de la) [n° 10] 399
Stations centrales électriques (Importance de la consommation des compteurs pour les) [n° 6]. 229
Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets (Procédé de). *Brev.* V. Henri, A. Helbronner, M. von Recklinghausen [n° 5]. 206
Stérilisation des eaux résiduelles organiques (La purification naturelle des eaux : une nouvelle méthode de) [n° 11]. 439
Stérilisation (Lampes à vapeur de mercure pour éclairage ou). *Brev.* Triquet [n° 7]. 283
Stérilisation par les rayons ultra-violets (Appareil de). *Brev.* Hewitt [n° 5] 206
Stérilisation de grandes quantités d'eau (Nouvelle lampe à rayonnement ultra-violet très puissant et son utilisation à la) [n° 3]. 417
Succédané industriel de l'acétone, M. Beudet [n° 11]. 421
Succion (Sillage et) à l'arrière des navires [n° 3]. 117
Sucres. *Brev.* Everard et Severus [n° 3] . . 122
Sucrerie (Un nouveau procédé rapide et précis pour doser les traces de fer dans les produits de) et de raffinerie [n° 7] . . 268
Sulfate d'ammonium (Procédé de production du). *Brev.* Société industrielle des produits chimiques [n° 3]. 122
Sulfate de baryte d'Auvergne (Blanchiment du). E. G. Carron [n° 9]. 353
Sulfurées (Procédé de production de couleurs). *Brev.* Farbenfabriken V. Fr. Bayer [n° 11]. 443
Surfaces alaires (Aéroplane à vitesse variable par modification de l'inclinaison relative des) et de l'empennage en vue de réduire la résistance à l'avancement de ces surfaces. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 11]. 442
Surpressions résultant d'incidents normaux de fonctionnement dans les moteurs [n° 8]. 290
Suspension des véhicules (Compensation funiculaire des efforts accidentels se produisant dans la). *Brev.* Malicet et Blin [n° 5]. 202
Suspentes (Sur une méthode de répartition des) dans la construction des dirigeables souples, P. Lenoir [n° 7] . . . 252
Symboles de la cartographie électrique (Les) [n° 12] 477
Système Taylor (Le). H. Le Chatelier [n° 12]. 449

T

Tables de fonderie [n° 10]. 383
Tableaux de distribution électrique à haute et à basse tension [n° 1]. 7
Tambours de dynamos homopolaires [n° 7]. 242
Tannage au formol (Le) [n° 5]. 198
Tannate d'alumine (Hydrofugation par le) [n° 1]. 34
Tantale (Capsules et électrodes de) [n° 6]. . 227
Taxation des mines dans les divers pays, A. Vidal [n° 9]. 367
Teinture à l'indigo artificiel des filés de coton, M. Beudet [n° 2]. 63
Teintureries, etc. (Procédés d'élimination des buées et d'amélioration de l'atmosphère des ateliers) [n° 11]. 435

Digitized by Google

Pages.

Télégraphes et téléphones électriques. *Brev.* Heurtley [nº 5]. 205
Télégraphie sans fil (Antennes pour stations de) avec générateurs de courant à haute fréquence. *Brev.* Em. Girardeau [nº 5]. . 203
Télégraphie sans fil (Appareils de réception de), système Ancel [nº 11]. 424
Télégraphie sans fil (Conférence internationale de l'heure) [nº 1]. 40
Télégraphie sans fil à son musical et téléphonie sans fil au moyen de générateurs à haute fréquence. *Brev.* Goldschmidt [nº 1]. 45
Télégraphie sans fil (Relais extra-sensibles pour) [nº 9]. 359
Télégraphie sans fil (La) et la résonance [nº 11] 430
Télégraphie (La) et la téléphonie au Congrès de Versailles [nº 5]. 200
Télégraphique (Relais). *Brev.* D. G. Brown [nº 3]. 123
Téléphone. *Brev.* British Insulated and Helsby Cables [nº 1]. 45
Téléphone électrique. *Brev.* Siemens Bros and Cº [nº 9]. 363
Téléphones électriques (Télégraphes et). *Brev.* Heurtley [nº 5]. 205
Téléphonie sans fil au moyen de générateurs à haute fréquence. *Brev.* Goldschmidt [nº 1]. 45
Téléphonie sans fil (La) dans les mines [nº 3]. 112
Téléphonie (La télégraphie et la) au Congrès de Versailles [nº 5]. 200
Téléphoniques (Appareils) automatiques dans les colonnes-affiches à Genève [nº 11]. . 425
Températures (Action des basses) sur les explosifs [nº 7]. 277
Tensions alternatives élevées (Procédé de mesure des). *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [nº 7]. 284
Tensions (Sur une méthode expérimentale pour déterminer à l'avance les) qui se produiront dans les constructions [nº 4]. 159
Terrains dans les exploitations houillères (Quelques effets de pressions de) [nº 11]. . 427
Textiles (Apprêts) imperméables. A. Chaplet [nº 1]. 33
Textiles (Neutralisation de l'électricité produite dans le travail des). *Brev.* Siemens et Halske [nº 5]. 207
Thermit anti-soufflures (Application du) aux lingots d'acier doux [nº 3]. 107
Thorium (Procédé pour séparer le). *Brev.* Deutsche Gasgluklicht Aktien Gesells. [nº 11] 447
Tir électrique des mines [nº 9]. 356
Tissus caoutchoutés pour calandrages [nº 1]. 35
Tissus gommés pour bandages pneumatiques [nº 1]. 35
Tissus ininflammables. *Brev.* Masturino [nº 5]. 207
Titanic (Quelques remarques sur la catastrophe du) [nº 11]. 435
Tocs de sûreté [nº 7]. 273
Toile enduite (Programme d'essai d'une) [nº 5] 169
Tôles (Analyses et essais de résistance effectués sur des) obtenues par le laminage de lingots traités par le « thermit » [nº 3]. 108
Torpilleurs, M. Bahon [*Supplément* au nº 12].
Torpilleurs (Essais de) [nº 5]. 186
Tours. *Brev.* Atkins et Cohen [nº 3]. . . . 124
Tours, système Tangye [nº 2] 69
Tour à grande vitesse, système Darling and Sellers [nº 2]. 68
Tours revolver à décolleter, système Warner et Swasey [nº 2]. 70
Tourillons. *Brev.* Ericsson [nº 11] 445
Tourillons. *Brev.* W.-P. Thompson et W. Broadbent [nº 3]. 124, 125
Tourner (Artifice pour) avec un tour ordinaire une pièce de forme elliptique [nº 12]. 475
Tourner (Machine à) et aléser des pièces lourdes ou encombrantes. *Brev.* Compagnie de Fives-Lille [nº 11]. 444
Tracé des carènes [nº 5]. 187
Tracteurs-treuils [nº 9] 345
Traction à courant monophasé (Les moteurs de) [nº 7]. 277
Traction (Écrouissage par [nº 9]. 337

Pages.

Traction des trains (Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la) [nº 9]. . . 348
Train duo-réversible (Nouveau système de conduite électrique d'un) [nº 11]. 441
Trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat-belge (Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des), A. Sabourin [nº 1]. . . 24
Traire (Machine à) [nº 10]. 391
Tramways à Paris (Transformation du réseau municipal de) [nº 2] 72
Tramways (La signalisation électrique appliquée aux) [nº 9]. 357
Transatlantique (Le) *Rochambeau* (*Planche II*) [nº 2]. 55
Transbordeurs électriques (Les chariots), A. Frémeaux [nº 11]. 416
— — [nº 12]. 462
Transformateurs pour locomotive électrique [nº 1]. 11
Transformateur pour locomotive électrique [nº 8]. 299
Transformateur série branché entre l'enroulement du rotor et celui du stator (Moteur triphasé à excitation série, avec). *Brev.* Siemens-Schuckert [nº 11]. 444
Transformation des courants triphasés en courants diphasés. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [nº 5]. 205
Transformation du réseau municipal de tramways à Paris [nº 2]. 72
Transmissions. *Brev.* Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz [nº 5]. 206
Transmission aérienne en Angleterre (Les installations de) [nº 4]. 156
Transmission à cardan pour automobiles. *Brev.* Peugeot [nº 1]. 42
Transmission (Chaines de), système Coventry [nº 2]. 68
Transmission dynamo-électrique à induction homopolaire. *Brev.* Nils R. Forssblad [nº 11] 444
Transmission électrique de l'énergie. *Brev.* Allmanna Sœnsa Eleckt. Aktiebolaget [nº 3]. 123
Transmission électrique (Véhicules automobiles à), système Balachowsky et Caire [nº 6]. 225
Transmission hydraulique. *Brev.* The Universal Speed Control Cº [nº 1]. 46
Transmission hydraulique de la force. *Brev.* H. Lentz [nº 11] 445
Transmission hydraulique (Embrayage et) pour commande de pont arrière avec vis sans fin placée au-dessous de ce pont arrière *Brev.* Delaunay-Belleville [nº 7]. 282
Transmission du mouvement de rotation (Organe élastique pour la). *Brev.* Société des établissements Chenard et Walcker [nº 9]. 365
Transport de certaines marchandises périssables (Wagons spéciaux pour le) [nº 6]. . 227
Transports d'énergie électrique à longue distance (Rôle de la canalisation dans les) [nº 2]. 76
Transport (A propos de la nouvelle circulaire ministérielle du 1er octobre 1912 relative à l'établissement d'ouvrages de) et de distribution d'énergie électrique [nº 3]. 127
Transport (Matériel de) [nº 10] 392
Transport de turbines [nº 12] 461
Transporteurs aériens (Graissage des câbles de). *Brev.* J. Pohlig, G. Thorkildsen [nº 5]. 206
Transporteur de charbon. *Brev.* Pohlig Akt. Ges. [nº 7] 285
Transporteurs (Déchargeurs de chariots et élévateurs). H. Pillaud [nº 2] 62
Transporteur (Truck) de voitures [nº 6] . . 227
Travail dans l'air comprimé (La réglementation du), J.-P. Langlois [nº 7]. . 248
Travail (L'application des lois sur le) en 1911 [nº 1] 48
Travail des employés (Réglementation du) [nº 11] 448
Travail des métaux (Les machines-outils pour le), E. Gay [nº 1]. 16
— [nº 11] 410
Travail (L'organisation du) dans les usines d'après le système Taylor, H. Le Chatelier [nº 12] 449

Pages.

Travail professionnel (Les lois du) : expériences sur l'art du limeur [nº 3]. 115
Tréfiler (Presse à) et presse à gabarier de 8 000 t en acier moulé [nº 3]. 109
Treuil d'extraction à courant alternatif monophasé [nº 9] 353
Treuils (Tracteurs-) [nº 9]. 345
Triphénylméthane (Action de l'acide formique sur les colorants du) [nº 10]. . . . 398
Trolleys électriques. *Brev.* Mac Adams [nº 1]. 45
Trousseau (Moulage au) [nº 7]. 264
Truck transporteur de voitures [nº 6] . . . 227
Tubes à gaz luminescents (Excitation des). *Brev.* Moore-Licht A. G. [nº 5] 205
Tubes au néon (Pseudo-résonance des) [nº 1]. 39
Tubes à vide. *Brev.* Société l'air liquide (G. Claude) [nº 7] 285
Tulles et dentelles (Les métiers modernes à), L. Melot [nº 12] 451
Tungstène colloïdal [nº 7]. 268
Turbines, compresseurs et dynamos à très grandes vitesses [nº 6] 236
Turbine à explosion. *Brev.* L. Bugnot [nº 3]. 125
Turbine à explosions. *Brev.* H. Coanda [nº 7]. 287
Turbine à gaz à chambres d'explosions rotatives (Procédé de démarrage). *Brev.* Howard Austin Whiteside [nº 1] 47
Turbine à gaz à combustion. *Brev.* Wegner V. Dallwitz [nº 1] 47
Turbines à gaz (Méthode pour actionner les). *Brev.* Aktien-Gesellsch. Brown-Boveri [nº 3]. 125
Turbine à gaz avec refroidissement périodique de la roue au moyen d'air frais. *Brev.* Maschinenf. Augsburg Nürnberg [nº 9]. 366
Turbines hydrauliques spirales jumelles [nº 1]. 28
Turbines (L'influence de la pompe à air sur les qualités militaires des navires à) [nº 11] 433
Turbines (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre : combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation à) [nº 12]. 479
Turbines (Machines à vapeur ou à gaz avec deux ou plusieurs fractions de) travaillant en série et montées sur des arbres distincts. *Brev.* Aktiengesell. Brown Boveri [nº 9]. 366
Turbines marines. *Brev.* Akt. Ges. Brown Boveri [nº 1]. 47
Turbines marines. *Brev.* Weir et Lang [nº 9]. 364
Turbines Pelton (Réglage de vitesse des) [nº 1]. 45
Turbines à réaction (Dispositif de vannage). *Brev.* Société des établissements Singrün [nº 3]. 124
Turbine (Régulation). *Brev.* Vereinigte-Dampfturbinenges [nº 3]. 126
Turbines de l'usine hydro-électrique de 300 000 ch aux Etats-Unis [nº 6] 212
Turbines de l'usine sud-ouest de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [nº 6] 212
Turbines à vapeur modernes (Les), C. Monteil. Conférence [*Supplément* au nº 10].
Turbines à vapeur (Comparaison des vitesses des) et des dynamos homopolaires [nº 7]. 246
Turbines à vapeur (L'emploi des freins hydrauliques pour l'étude des) [nº 8]. . . . 318
Turbine à vapeur (La), système Rateau de 10 000-15 000 kw des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Planche IV*), C. Monteil [nº 4] 129
Turbines à vapeur ou à gaz avec couronnes d'aubes interrompues à l'endroit du joint de l'enveloppe. *Brev.* Brown Boveri [nº 1]. 47
Turbo-alternateurs à grande vitesse [nº 9]. 358
Turbo-alternateurs (Les groupes) de 10 000 et 20 000 ch de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis. V. Sylvestre [nº 12]. 457
Turbo-compresseurs (Pompes centrifuges et) [nº 2]. 77

Digitized by Google

Pages.

Turbo-soufflantes [n° 8] 309
Tuyaux (Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des), Ch. Fremont [n° 11] 401
Tuyaux en fonte (Machine à couler les) [n° 10]. 385
Tuyaux (Raccords filetés pour jonctions de) [n° 7]. 271

U

Ultra-violets (Action de rayons) moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique [n° 6]. 235
Ultra-violets (Procédé de stérilisation de l'eau par les rayons). *Brev.* V. Henri, A. Helbronner, M. von Recklinghausen [n° 5]. 206
Ultra-violet (Nouvelle lampe à rayonnement) très puissant et son utilisation à la stérilisation de grandes quantités d'eau [n° 3]. 117
Ultra-violets (Appareil de stérilisation par les rayons). *Brev.* Hewitt [n° 5]. 206
Unification des barreaux de grille (Historique, théorie et pratique de l') [n° 11]. . 434
Usines hydro-électriques norvégiennes [n° 3]. 86
Usine hydro-électrique d'une puissance de 30 000 chevaux aux Etats-Unis. (*Planche V*), Richard Muller [n° 6]. . 209
Usine nord de la Compagnie parisienne de distribution de l'électricité (La construction en ciment armé des bâtiments de l') [n° 2]. 59
Usines (Les nouvelles) de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 1]. 5
Usines (L'organisation des) par le système Taylor, H. Le Chatelier [n° 12]. 449
Usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (La production de la vapeur aux nouvelles) (*Planche III*) [n° 3] 95
Usine sud-ouest (L') de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 6]. 212
Usure au frottement (Essais d') effectués sur des aciers : essais d'abrasion [n° 2]. 78

V

Vanadium (Sur les alliages d'aluminium et de) [n° 5]. 201
Vannage (Dispositif de) pour turbines à réaction. *Brev.* Société des établissements Singrün [n° 3]. 124

Pages.

Vanne d'arrivée de vapeur de la turbine Rateau de 10 000-15 000 kw [n° 4]. . . 133
Vapeur (Distribution centrale du chauffage par la) dans les villes [n° 3]. . . . 81
Vapeur de mercure (Convertisseurs à) [n° 3]. 116
Vapeur de mercure (L'influence sur la végétation de la lumière produite par la lampe électrique à) [n° 12]. 468
Vapeur de mercure (Lampe à) à radiations de courte ou de grandes longueurs d'onde. *Brev.* Billon-Daguerre [n° 3]. 123
Vapeur de mercure (Lampes à) pour éclairage ou stérilisation. *Brev.* Triquet [n° 7]. 283
Vapeurs métalliques (Appareils électriques à). *Brev.* Hewitt [n° 5]. 203
Vapeur (Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la) ou pour les essais de chaudières [n° 8]. . 314
Vapeur (La production de la) aux nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité. (*Planche III*) [n° 3]. 95
Vaporisation instantanée (Générateur de vapeur à), réglé automatiquement d'après la charge de la machine alimentée. *Brev.* Ch. Lemale [n° 9]. 365
Variations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif [n° 7]. 270
Variations (Les) de volume du béton [n° 10]. 397
Végétation (L'influence sur la) de la lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure, H. Pillaud [n° 12]. 468
Véhicules automobiles à transmission électrique, système Balachowsky et Caire [n° 6]. 225
Véhicules de chemins de fer à essieux non parallèles, A. Sabourin [n° 10]. 393
Ventilateur-élévateur (Hache-fourrage avec), H. Pillaud [n° 5]. 189
Ventilateurs-épurateurs des gaz de hauts fourneaux [n° 6]. 231
Ventilation des anneaux d'une dynamo [n° 7]. 244
Ventilation des ateliers [n° 11]. 437
Vernis pour bois. *Brev.* Fleming [n° 3]. . . 122
Verre. *Brev.* Sullivan [n° 1]. 44
Verrerie. *Brev.* T. W. Simpson [n° 3]. . . 122
Verrerie. *Brev.* Steelmann, Owen et Hall [n° 7]. 283
Verrouillage des chariots transbordeurs électriques [n° 12] 462
Vêtements (Imperméabilisation des). *Brev.* A. Zimmer [n° 7]. 287
Vide dans les lampes à incandescence et autres récipients de verre (Procédé de production du). *Brev.* Allgemeine Elektr. Gesells. [n° 1]. 45
Vin (Appareils à faire le) [n° 10]. 390

Pages.

Virage en brun des images photographiques sur papier (Emploi du soufre colloïdal à l'état naissant pour le). *Brev.* Union photographique Lumière et Jougla [n° 11]. . 443
Vis sans fin (Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière avec). *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7]. 282
Vitesses angulaires (Sur la réalisation des grandes) [n° 4]. 157
Vitesse critique des arbres de dynamos (Influence de l'attraction magnétique sur la), L. Bergeron [n° 9]. 321
Vitesses (Sur l'enregistrement des), J. Izart [n° 2]. 70
Vitesse (Sur une formule de) applicable aux aéroplanes [n° 2]. 72
Vitesses réalisées par les navires (Influence des dimensions principales et des formes des carènes sur les), L. Le Besnerais [n° 4]. 143
— [n° 5]. 175
Vitesse (Réglage de) simultané d'un certain nombre de moteurs électriques à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 7]. 284
Voies de tramways (Pavage de rues et de) au moyen de blocs d'asphalte [n° 10]. . . 399
Voiture d'ambulance de chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg [n° 12]. 472
Volants (Sur l'emploi des) en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des laminoirs, A.-R. Garnier [n° 8]. 303
Volt-wattmètres, système J. Carpentier [n° 11]. 423
Volume du béton (Les variations de) [n° 10]. 397

W

Wagon-ambulance des chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg [n° 12] 472
Wagons spéciaux pour le transport de certaines marchandises périssables [n° 6]. . 227
Wattmètre, système J. Carpentier [n° 11]. . 423
Wattmètre (Nouveau type de) pour mesures sur la haute tension, avec insertion sur la basse tension [n° 6]. 235

Z

Zinc (Etat actuel de l'électro métallurgie du), C. Lordier [n° 5]. 170
Zinc (Progrès réalisés dans la métallurgie du) dans la Haute-Silésie depuis 1900, Ch. Lordier [n° 1]. 29
Zinc (Statistique du) en 1912 [n° 10]. 400

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES*

AÉRODYNAMIQUE AÉRONAUTIQUE, AÉROSTATION ET AVIATION

Pages.

Aéronats modernes (La construction des) [n° 10] . . . 398
Aéroplanes. *Brev.* Société des aéroplanes « La Mouette » [n° 9] . . . 361
Aéroplane mixte, terrestre et marin. *Brev.* J. Donnet et H. Lévêque [n° 7] . . . 282
Aéroplane à vitesse variable par modification de l'inclinaison relative des surfaces alaires et de l'empennage en vue de réduire la résistance à l'avancement de ces surfaces. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 11]. 442
Carburateur (Réglage particulièrement destiné aux aéroplanes). *Brev.* Daimler [n° 3]. 125
Compresseur centrifuge [n° 9] . . . 361
Conduite des aéroplanes par leur moteur (Nouvelle méthode de) [n° 6] . . . 234
Direction pour aéroplanes. *Brev.* Morane-Saulnier [n° 3] . . . 121
Empennages porteurs (Au sujet de l'emploi, dans la construction de l'aéroplane, des) [n° 3] . . . 115
Formule de vitesse applicable aux aéroplanes (Sur une) [n° 2] . . . 72
Hélices. *Brev.* Bütow [n° 3] . . . 121
Hélices aériennes. *Brev.* Short [n° 7] . . . 282
Hydrogène (L') dans la navigation aérienne et dans l'industrie [n° 11] . . . 430
Moteur d'aviation (Le) à la IV^e^ Exposition internationale de la locomotion aérienne, Léon Letombe. Conférence [*Supplément* au n° 2].
Résistance des sphères dans l'air en mouvement (Sur la) [n° 5] . . . 198
Sécurité en aéroplane (Sur la) [n° 6] . . . 234
Stabilisateur automatique longitudinal pour aéroplane. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 9] . . . 361
Stabilité des aéroplanes (Dispositif pour assurer automatiquement la). *Brev.* Deperdussin [n° 5] . . . 202
Stabilité longitudinale des aéroplanes (Sur un nouveau principe de) [n° 8] . . . 317
Suspentes (Sur une méthode de répartition des) dans la construction des dirigeables souples, P. Lenoir [n° 7]. . 252

AGRICULTURE, AGRONOMIE ALIMENTATION INDUSTRIES AGRICOLES

Acide sulfurique (L'action de l') sur les plantes, H. Pillaud [n° 12] . . . 468
Âge des animaux (Influence de l') sur la digestibilité des aliments, H. Pillaud [n° 2] . . . 63
Batteuses, presses, instruments d'intérieur de ferme [n° 10] . . . 390
Bières claires à fermentation haute ; utilisation de l'acide carbonique de fermentation [n° 2] . . . 75
Bière (Pasteurisation de la). *Brev.* Marriott [n° 3] . . . 121
Bois (Conservation du). *Brev.* P. Finkh [n° 9] . . . 361
Caséines (Utilisation industrielle des) animale et végétale, J. Escard [n° 1]. . . . 25
Charrues automobiles. *Brev.* Pöhl [n° 7] . . 282
Charrues-bascules. *Brev.* Bajac [n° 1] . . . 42
Charrues au concours agricole de 1913 (Les) [n° 9] . . . 343
Créatinine (La), ses effets dans le sol sur la croissance et l'absorption, H. Pillaud [n° 8] . . . 311
Déchargeurs de chariots et élévateurs transporteurs, H. Pillaud [n° 2] . . . 62
Distributeur « Le Fongicide » [n° 5] . . . 190
Ensemencement (Instruments pour les travaux d') [n° 10] . . . 387
Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur, H. Pillaud [n° 5] . . . 189
Laiterie (Appareils de) [n° 10]. . . . 391
Luminosité (La) et l'assimilation végétale [n° 9] . . . 357
Machines (Les) au concours agricole de 1913, H. Pillaud [n° 9] . . . 343
— — [n° 10]. . . . 387
Manganèse (Étude agrologique du) [n° 1] . 38
Moteurs agricoles [n° 10] . . . 391
Motoculture [n° 9]. . . . 346
Phosphates (Production mondiale des) en 1911 [n° 5] . . . 208
Récolte (Appareils de) [n° 10]. . . . 389
Sucres. *Brev.* Everard et Severus [n° 3] . . 122
Sucrerie (Nouveau procédé pour doser les traces de fer dans les produits de) et de raffinerie [n° 7] . . . 268
Végétation (L'influence sur la) de la lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure, H. Pillaud [n° 12] . 468
Vin (Appareils pour faire le) [n° 10] . . 390

ARMEMENT, ARTILLERIE

Canons à gros calibre (Les nouveaux ateliers du Creusot pour l'usinage des) [n° 3]. . . 98
Ponts militaires (Manœuvres de lancement de) [n° 4]. . . . 157

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

(Voir aussi *Mécanique.*)

Automobiles (Statistique des) [n° 10]. . . . 376
Automotrices à accumulateurs avec moteurs sur chaque roue [n° 1]. . . . 36
Bruit des engrenages (Principales causes du) d'automobiles, M. Varinois [n° 1] . . . 23
Carburant (La question du) à bon marché, G. Lumet [n° 10] . . . 376
Charrues automobiles. *Brev.* Pöhl [n° 7] . . 282
Compensation funiculaire des efforts accidentels se produisant dans la suspension des véhicules. *Brev.* Malicet et Blin [n° 5]. 202
Dispositif de montage des fusées des roues avant sur l'essieu des véhicules automobiles. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1]. . . . 42
Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière avec vis sans-fin placée au-dessous de ce pont arrière. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7]. . 282
Moteur d'automobile (Le) au XIII^e^ Salon de l'automobile, G. Lumet. Conférence [*Supplément* au n° 2].
Pare-boue pour véhicules automobiles. *Brev.* Huguet [n° 1]. . . . 42
Transmission à cardan pour automobiles. *Brev.* Peugeot [n° 1]. . . . 42
Véhicules automobiles à transmission électrique, système Balachowsky et Cuire [n° 6] . . . 225

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS TRANSPORTS

Pages.

Accouplement universel élastique pour locomotives. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 3]. . . 121
Appareils pendulaires pour la mesure des efforts, moteurs et résistance développée dans la traction des trains, A. Sabourin [n° 9]. . . . 348
Attelage automatique (Résultats du concours ouvert par le gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d') [n° 9]. . . 352
Automotrices à accumulateurs avec moteur sur chaque roue [n° 1] . . . 36
Bogie pour locomotives. *Brev.* Allgemeine Electr. Gesellsch. [n° 5]. . . . 202
Chariots-transbordeurs électriques (Les) dans les chemins de fer, A. Frémeaux [n° 11]. . . . 416
— — [n° 12]. . . . 462
Électrification des chemins de fer de Melbourne [n° 11] . . . 420
Électrification des chemins de fer du Midi [n° 11] . . . 430
Électrification des chemins de fer Suédois [n° 9]. . . . 351
Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat Belge, A. Sabourin [n° 1]. . 24
Locomobiles et locomotives routières [n° 9]. 345
Locomotives (Commande de la bielle et du tiroir). *Brev.* Abner de Haven Baker [n° 1]. 42
Locomotives (Nouvelle classification des). L. Pahin [n° 11] . . . 420
Locomotives modernes (Désignation des) [n° 12]. . . . 472
Locomotive d'essai type Pacific de l'American Locomotive Cy. [n° 9]. . . . 350
Locomotives électriques. *Brev.* Société Westinghouse [n° 11]. . . . 442
Locomotive électrique, système Westinghouse, de la C^ie^ de chemins de fer du Midi, J. A. Montpellier [n° 11]. . . 408
Locomotive électrique de 1 500 ch (Nouvelle) de la C^ie^ des chemins de fer du Midi [n° 1] . . . 9
Locomotive électrique, système Thomson-Houston, de la C^ie^ des chemins de fer du Midi, J. A. Montpellier [n° 8]. 295
Locomotives électriques à moteurs monophasés. *Brev.* Allgemeine Electr. Gesellsch [n° 3]. . . . 121
Locomotives à hydrocarbures (Les). G. Lumet. [n° 12] . . . 469
Locomotive sans foyer [n° 6]. . . . 226
Locomotives à grande vitesse aux Etats-Unis (Caractéristiques des) [n° 4] . . . 151
Locomotive de secours. *Brev.* Hawthorn et Leslie et Straker [n° 3] . . . 121
Machine à vapeur réversible. *Brev.* Stumpf [n° 5]. . . . 202
Métropolitain de Naples (Chemin de fer) [n° 5]. . . . 198
Organisation des services de chemins de fer de l'Etat badois (Réformes dans l') [n° 2]. 64
Pavage de rues et des voies de tramways au moyen de blocs d'asphalte [n° 10] . . 399
Réchauffeur d'eau d'alimentation sur le réseau de l'Etat (Application aux locomotives d'un). J. Netter [n° 9]. . . . 347
Régulateur de pression pour le chauffage à vapeur des trains [n° 12]. . . . 472
Servo-frein, système Boirault [n° 4]. . . . 150

* Nota. — *Les titres en plus petits caractères désignent les articles de Chronique (Notes, Travaux des Sociétés, Brevets), de Documentation et d'Informations.*

Digitized by Google

Pages.

Signalisation électrique appliquée aux tramways [n° 9]. 357
Tramways de Paris (Transformation du réseau municipal des) [n° 2]. 72
Trolleys électriques. *Brev.* Mac Adams [n° 1]. 45
Truck transporteur des voitures [n° 6] . . . 227
Véhicules de chemins de fer à essieux non parallèles. A. Sabourin [n° 10]. 393
Wagon-ambulance des chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg [n° 12]. 472
Wagons spéciaux pour le transport de certaines marchandises périssables [n° 6]. . 227

CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE APPLIQUÉE ET INDUSTRIES DIVERSES

(Voir aussi *Filature*, *Métallurgie*, *Teinture*, *Travaux Publics*.)

Acétate de cellulose (Sur le travail de l') [n° 2]. 75
Acétates de cellulose (Procédé de production). *Brev.* Société chimique des usines du Rhône [n° 11] 442
Acétate de cellulose (Sur l') [n° 1] 38
Acétate et tannate d'alumine (Hydrofugation par l') [n° 1] 34
Acétone (Un succédané industriel de l'), M. Beudet [n° 11]. 421
Acétycellulose. *Brev.* Société chimique des usines du Rhône [n° 9]. 361
Acide carbonique de fermentation (Bières claires à fermentation haute; utilisation de l') [n° 2] 75
Acide chlorhydrique. *Brev.* Electric-Smelting and Aluminium Co [n° 3]. 121
Acide citrique. *Brev.* Salpetersaure-Industrie-Gesellsch. [n° 5] 203
Acide formique (Action de l') sur les colorants du triphénylméthane [n° 10] 398
Acide sulfurique. *Brev.* F. Perry [n° 3] . . . 121
Acide sulfurique (L'action de l') sur les plantes [n° 12] 468
Acide vanadique commercial (Analyse de l') [n° 2] 75
Aldéhyde éthylique (Action des rayons ultraviolets moyens et extrêmes sur l') [n° 6] . 235
Alumine anhydre (L') employée comme substance dessiccatrice [n° 4] 152
Alumine (Extraction des feldspaths). *Brev.* American-Acid Co [n° 5]. 203
Alumine (Production d'), d'acide chlorhydrique, d'alcalis caustiques et d'un ciment hydraulique blanc, au moyen de sel, d'argile et de calcaire [n° 2]. 74
Ammoniac (Préparation catalytique). *Brev.* Centralstelle für Wissenschaftlich-technische Untersuchungen et Compagnie bordelaise des produits chimiques [n° 1]. 43
Ammoniac (Production synthétique du gaz). *Brev.* Société générale des nitrures [n° 5]. 203
Ammoniac synthétique [n° 2]. 74
Ammoniaque. *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 9] 361
Ammoniaque (Son obtention à partir des composés cyanurés extraits des vieilles matières d'épuration du gaz). *Brev.* Burgevin [n° 1] 43
Anthracène (Matière colorante dérivée de l'). *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 11] 443
Azoïque (Colorant). *Brev.* Farbenfabriken [n° 11] 443
Azoïques (Dosage titrimétrique des matières colorantes) au moyen de l'hydrosulfite [n° 8]. 312
Azote (Fixation de l') sous forme de composés oxygénés. *Brev.* Compagnie bordelaise de produits chimiques [n° 1] 43
Azote (Les installations hydro-électriques norvégiennes pour la production de l') [n° 3] 86
Blanchiment du coton (Etat actuel de l'industrie du) [n° 3] 98
Blanchiment du sulfate de baryte d'Auvergne. E. C. Carron [n° 9] 353
Bois (Conservation des). *Brev.* P. Finkh [n° 9] 361
Briquettes de charbon avec addition de naphtaline (Fabrication des) [n° 11] . . . 422
Camphre (Dosage du) dans les celluloïds [n° 4]. 152
Caoutchouc (Dévulcanisation du). *Brev.* Wildemann et Christy [n° 1] 43
Caoutchouc (Préparation de composés analogues au). *Brev.* Badische Anilin und Soda-Fabrik [n° 7] 283
Caoutchouc (Procédé pour conserver leur élasticité aux objets en). *Brev.* C. Beyer [n° 5]. 203
Caoutchouc (Production des substances semblables au). *Brev.* Société Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 1] 43
Caoutchouc (Procédé de production de substances semblables au). *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 11] 443
Caoutchouc (Procédé de fabrication de corps analogues au). *Brev.* Chemische Fabrik Florsheim H. Noerellinger [n° 1]. 43
Caoutchouc (Procédé de substitution du). *Brev.* Keif [n° 1] 43
Capsules et électrodes de tantale [n° 6] . . 227
Caramel. *Brev.* Wechsler [n° 3] 121
Caséines animales et végétales (Utilisation industrielle des). J. Escard [n° 1] . . . 25
Cellophane (Le) [n° 10] 398
Chlorure d'ammonium (Fabrication du). *Brev.* Freeth et Cocksedge [n° 5] 203
Chlorure de sodium (Electrolyse du) dans l'industrie autrichienne [n° 5] 199
Colloïdales (Sur le dosage des matières) dans les eaux résiduaires [n° 11] 422
Colloïdes (Quelques applications industrielles de la chimie des) [n° 7]. 268
Combustibles (La question des) pour le moteur Diesel [n° 3] 118
Conservation des bacs en fer galvanisé (Nouvel artifice pour la) [n° 2]. 64
Couleurs à l'huile (Composition de) pour enduits de ciment [n° 6]. 228
Créatinine (La), ses effets dans le sol sur la croissance et l'absorption. H. Pellaud [n° 8]. 311
Cuir chromé. *Brev.* A. Wolff [n° 11] 443
Cuivrage galvanique (Procédé de) des objets en plâtre [n° 7]. 269
Eaux résiduaires (Sur le dosage des matières colloïdales dans les) [n° 11] 422
Eaux résiduelles organiques (Stérilisation des) [n° 11]. 439
Eaux usées (Epuration des) [n° 11]. 439
Ebonite. *Brev.* Windermann [n° 1]. 43
Epuration des eaux résiduelles des filatures de laine [n° 2] 75
Ethers de la cellulose. *Brev.* Lederer [n° 1]. 43
Explosif. *Brev.* Cocking and Kynock [n° 7]. 283
Explosifs (Action des basses températures sur les) [n° 7]. 277
Explosifs (Les) à base d'air liquide, J. Delpech [n° 8]. 311
Extincteur d'incendie (Produit). *Brev.* Goujon et Dufour [n° 5]. 203
Fer (Nouveau procédé pour doser les traces de) dans les produits de sucrerie et de raffinerie [n° 7] 268
Fer (Séparation quantitative du) et du manganèse [n° 11]. 420
Fils et pellicules. *Brev.* Peters [n° 1]. . . . 43
Formol (Désinfection par le) [n° 5]. 200
Fours pour verreries, métallurgie et préparations chimiques. *Brev.* Gobbe [n° 1] . . . 43
Galalithe [n° 1] 26
Gaz des fours à coke, leur utilisation, leurs applications [n° 3]. 119
Gaz de hauts fourneaux (Epuration des) [n° 6]. 230
Gaz de hauts fourneaux (Prix de revient de l'épuration des) [n° 7]. 273
Gaz pauvre (Génération et distribution du) dans le Staffordshire (Angleterre) [n° 4] . 157
Goudron de gaz de fours à coke (Extraction du) [n° 11] 426
Graphite (Emploi du) contre la rouille [n° 8]. 316
Houille (Distillation fractionnée de la) [n° 4 . 157
Huiles pour créosoter. *Brev.* Dehnst [n° 1]. 43
Hydrogène (L') dans la navigation aérienne et dans l'industrie [n° 11] 430
Hydrogène (Fabrication). *Brev.* Jaubert [n° 1] 43
Isolant calorifuge. *Brev.* Estess et Gaucher [n° 7]. 283
Linoléum (Le), fabrication, propriétés et emploi [n° 4]. 156
Manchons d'éclairage (Procédé permettant de rendre plus résistants les). *Brev.* Courtot [n° 5]. 205
Manchons renforcés employés dans l'éclairage à incandescence par le gaz (Procédé de fabrication). *Brev.* Colas [n° 5]. . . . 205
Manganèse (Etude agrologique du) [n° 1] . 38
Métaux pulvérulents (Un procédé de fabrication avec des) [n° 8]. 312
Minium (Perfectionnement dans la fabrication du) [n° 2]. 64
Naphtaline (Appareil indicateur de) pour le gaz d'éclairage. *Brev.* Société du Gaz de Paris [n° 7]. 285
Nitrates (Fabrication des). *Brev.* Guye, Darier et Van Vlotten [n° 5] 203
Nitrés (La fabrication des dérivés), Eug. Grandmougin [n° 6] 217
Oléum (Analyse de l') [n° 6] 228
Or (Imitation des feuilles d'). *Brev.* Potter [n° 5] 203
Oxydation des métaux alcalins (Procédé d'). *Brev.* Société des Usines de Rioupéroux [n° 5]. 203
Oxydes d'azote. *Brev.* Smet-Solvay [n° 3]. . 121
Oxydes (Réduction d'). *Brev.* Société électrométallurgique française [n° 7] 287
Oxygène et azote (Préparation au moyen de l'air liquide). *Brev.* Industrie Gas-Gesellsch. f. Sauerstoff und Stickstoff Anlagen [n° 11]. 443
Oxygène (Sa préparation au moyen des permanganates et des persels). *Brev.* Chemische Werke u. vorm Dr H. Byk [n° 9]. 361
Ozone. *Brev.* Willcox et Hall [n° 1]. . . . 44
Papier (Nouvelles matières premières pour la fabrication du) [n° 11] 430
Pasteurisation de la bière. *Brev.* Marriott [n° 3]. 121
Peaux (Durcissement et imperméabilisation des). *Brev.* Hartmann [n° 5] 203
Peinture (Les nouveaux procédés dans la technique de la) : immersion et pulvérisation [n° 9]. 358
Peroxydes et persels (L'industrie des composés peroxygénés). E. Grandmougin [n° 1] 19
Photographie : emploi du soufre colloïdal à l'état naissant pour le virage en brun des images photographiques sur papier [n° 11] 443
Potasse (Procédé de fabrication de la), de la silice et de l'alumine à partir du feldspath [n° 7] 269
Préservation du bois. *Brev.* Kœnman [n° 1]. 44
Récipients en verre à double paroi (Fabrication mécanique). *Brev.* Higbee [n° 7]. . 283
Rouille (Procédé permettant de préserver de la) les métaux et pièces mécaniques en fer, fonte, acier, etc. *Brev.* Lemêtre [n° 1]. 44
Rouille (Procédé pour empêcher la) ou l'oxydation du fer et de l'acier. *Brev.* F. R. G. Richards [n° 11] 447
Sels de nickel. *Brev.* Weles [n° 3] 121
Silicium (Influence du) sur la corrosion de la fonte [n° 11] 440
Soie artificielle (L'état actuel de l'industrie de la) [n° 9]. 358
Soufre (Influence du) sur la fonte [n° 1] . . 40
Soufre colloïdal (Emploi du) à l'état naissant pour le virage en brun des images photographiques [n° 11] 443
Soufre (Production et consommation du) [n° 12] 480
Sucres. *Brev.* Everard et Severus [n° 3] . . 122
Sulfate d'ammonium (Procédé de production). *Brev.* Société industrielle des produits chimiques [n° 3]. 122
Sulfurées (Procédé de production de couleurs) [n° 11] 443
Tannage au formol (Le) [n° 5]. 198
Thorium (Procédé pour séparer le). *Brev.* Deutsche Gasglüklicht Aktien Gesells. [n° 11] 447
Tungstène colloïdal [n° 7]. 268
Vernis pour bois. *Brev.* Fleming [n° 3] . . 122
Verre. *Brev.* Sullivan [n° 1] 44
Verrerie. *Brev.* Simpson [n° 3]. 122
Verrerie. *Brev.* Steelmann et Hall [n° 7]. . 283

CONCOURS, CONGRÈS, EXPOSITIONS ASSOCIATIONS

Attelage automatique (Résultats du Concours ouvert par le gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d') [n° 9] . . . 352

Digitized by Google

Pages.

Concours général agricole de 1913 (Les machines au), H. Pillaud [n° 9]. . . . 343
— — [n° 10]. 387

Congrès international de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle [n° 1]. 48

Exposition de la locomotive aérienne (Le moteur d'aviation à la IV^e), L. Letombe. Conférence [*Supplément* au n° 2].

Salon de l'Automobile (Le moteur d'automobile au XIII^e), G. Lumet. Conférence [*Supplément* au n° 2].

CONSTRUCTION

(Voir *Travaux publics.*)

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

(Voir aussi *Législation* et *Statistiques.*)

Assurance des employés de commerce et de l'industrie en Allemagne (Projet de loi sur l') [n° 3]. 100

Assurance des employés (L') en Allemagne, Maurice Bellom [n° 5]. 190

Lois du travail professionnel, expériences sur l'art du limeur [n° 3]. 115

Marché (Le) des pyrites de fer considérées comme minerais de soufre [n° 12]. . . . 480

Organisation des services des chemins de fer de l'Etat badois (Réformes dans l') [n° 2]. 64

Participation aux bénéfices (La), ses méthodes pratiques dans l'industrie moderne, M. Bellom [n° 9]. 329

Prix des charbons, des cokes et des produits sidérurgiques dans les différents pays d'Europe, de 1903 à 1912 [n° 7]. 288

Prix de revient de l'épuration de gaz de hauts fourneaux [n° 7]. 273

Système Taylor (Le) pour l'organisation du travail et le paiement des salaires, H. Le Chatelier [n° 12]. . . . 449

Travail (L'application des lois sur le) en 1911 [n° 1]. 48

ÉLECTRICITÉ

(Voir aussi *Electrochimie* et *Télégraphie et téléphonie.*)

Accumulateurs (Emploi du bois dans les). *Brev.* Marino [n° 1]. 44

Accumulateurs Edison (Mise en service et entretien des batteries d'), A.-R. Garnier [n° 12]. 473

Alliage de fer destiné à être employé dans les dynamos électriques. *Brev.* Walter Bubel [n° 5]. 203

Alliage de fer destiné à la construction des machines électriques. *Brev.* Dr P. Weiss [n° 9]. 361

Allumage électrique des moteurs à combustion. *Brev.* R. Bosch [n° 11]. 446

Alternateur à fréquences quelconques. *Brev.* La Radio-Electricité [n° 3]. 122

Ampèremètre thermique pour haute fréquence. *Brev.* Compagnie pour la fabrication des compteurs [n° 5]. 203

Ampèremètres, système J. Carpentier [n° 11]. 423

Ampères-tours longitudinaux (Sur le rôle des) au moment de la commutation dans les machines dynamo-électriques à courant continu [n° 3]. 116

Anti-compoundage pour machines génératrices à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 9]. 361

Appareils électriques à vapeurs métalliques. *Brev.* Hewitt [n° 5] 203

Appareil électromagnétique. *Brev.* Coleman [n° 9]. 362

Pages.

Appareil servant à placer les filaments métalliques des lampes à incandescence sur leurs supports. *Brev.* Deutsche Gasglühlicht Aktiengesellsch. Auergas. [n° 5]. . . 203

Ascenseurs électriques. *Brev.* Scott [n° 1]. . 46

Attraction magnétique (Influence de l') sur la vitesse critique des arbres de dynamos, L. Bergeron n° 9]. 321

Automotrices d'accumulateurs avec moteurs sur chaque roue [n° 1]. 36

Balais de dynamos. *Brev.* Parson et Law [n° 5]. 203

Bolomètre Bela Gati [n° 10]. 396

Câbles électriques (Fabrication des). *Brev.* Smith [n° 1]. 44

Canalisations (Rôle des) dans les transports d'énergie électrique à longue distance [n° 2]. 76

Changeur de fréquence. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est n° 3]. 122

Chariots transbordeurs électriques (Les) dans les chemins de fer, A. Frémeaux [n° 11]. 416
— — n° 12]. 462

Cloisonnements pour barres omnibus et sectionneurs dans les installations à haute tension, A.-R. Garnier [n° 3]. 101

Collecteur pour machines électriques. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [n° 5]. 203

Commande électrique du métier continu à filer [n° 3]. 92

Commutatrices (Sur les perfectionnements récents apportés aux). A.-R. Garnier [n° 3]. 102

Compteurs (Importance de la consommation des), pour les stations centrales électriques [n° 6]. 229

Condensateurs (Emploi de) avec les lampes à filament métallique [n° 6]. 228

Conducteurs électriques en aluminium isolés par une couche d'oxyde d'aluminium (Procédé de fabrication). *Brev.* de Saint-Martin [n° 3]. 123

Conducteurs électriques rompus (Dispositif automatique pour la mise à la terre des) [n° 7]. 269

Conducteurs et isolants. *Brev.* Britisch Westinghouse Electric and Manufact. C° [n° 5]. 204

Convertisseurs de fréquence (Mode d'entraînement pour). *Brev.* Société alsacienne [n° 11]. 443

Convertisseurs à vapeur de mercure [n° 3]. 116

Courants de Foucault (Nouvelle utilisation des) [n° 7]. 270

Décaleur de phases [n° 11]. 425

Démarrage en charge d'un moteur monophasé (Procédé de). *Brev.* Compagnie internationale d'électricité [n° 1]. 44

Désélectrisation de produits industriels. *Brev.* Bela Szilard [n° 7]. 287

Détecteur électrolytique (Phénomènes mis en jeu dans le sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement de détecteurs électrolytiques [n° 7]. 278

Distributeur à haute tension pour bougies d'allumage. *Brev.* Royce et Rolls-Royce [n° 1]. 44

Dynamos. *Brev.* Akt. Ges. Brown Boveri [n° 11]. 443

Dynamo électrique (Armatures). *Brev.* G. et L. Inrig [n° 5]. 204

Dynamos électriques (Enroulement des). *Brev.* Ritter [n° 5]. 204

Dynamos homopolaires (Les), L.-V. Bournat [n° 7]. 241

Dynamos (Turbines, compresseurs et) de très grandes vitesses [n° 6]. 236

Dynamos transformatrices du Dr P. Angebaud [n° 10]. 394

Dynamos (Noyaux polaires). *Brev.* Volkers [n° 11]. 443

Eclairage électrique à interruption périodique du courant d'alimentation. *Brev.* Société de Lumière froide, procédés Dussaud [n° 7]. 283

Electricité (Neutralisation de l') produite dans le travail des textiles. *Brev.* Siemens et Halske [n° 5]. 207

Pages.

Electrification des chemins de fer de Melbourne [n° 11]. 420

Electrification des chemins de fer du Midi [n° 11]. 430

Electrification des chemins de fer suédois [n° 9]. 351

Electrification du réseau municipal de tramway de Paris n° 2]. 73

Electrodes de tantale (Capsules et) [n° 6]. 227

Electrodynamomètre à sensibilités multiples [n° 1]. 39

Electromètre, système Debierne [n° 10]. . . 395

Elément Edison (Essais sur l') n° 12]. . . 476

Enroulement des dynamos électriques (Appareil pour l'). *Brev.* Ritter [n° 9]. . . . 362

Enroulements pour machines électriques donnant un flux sensiblement sinusoïdal. *Brev.* Ateliers de constr. électr. du Nord et de l'Est [n° 3]. 123

Fer (Les propriétés magnétiques du) et la construction des machines électriques [n° 9]. 360

Filament des lampes à incandescence. *Brev.* Houskeeper [n° 1]. 44

Filaments pour lampes électriques à incandescence (Procédé de purification des). *Brev.* Bergmann-Elektr.-Werke [n° 5]. 205

Filaments pour lampes électriques à incandescence (Procédé permettant d'obtenir le chrome en vue de la fabrication de). *Brev.* Séguy [n° 7]. 287

Foudre (Note sur la protection des édifices contre la), A.-R. Garnier [n° 8]. 312

Foudre (La protection des bâtiments contre la) [n° 12]. 474

Freinage des moteurs monophasés à collecteur. *Brev.* Compagnie française des procédés Thomson-Houston [n° 5]. 204

Freinage des moteurs à répulsion compensés et à répulsion simples, plus spécialement utilisés pour la commande des ascenseurs et appareils analogues. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [n° 5]. 204

Galvanoscilla, système Boucherot [n° 10]. . 395

Galvanomètre amorti (Sur un) à aimant mobile [n° 1]. 39

Gisements souterrains (Détermination des) de minerais ou d'eau au moyen d'ondes électriques. *Brev.* Henrich Löwy n° 5]. . 204

Groupes turbo-alternateurs de 10 000 et de 20 000 chevaux de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis, V. Sylvestre [n° 12]. 457

Installations hydrauliques de la Centrale électrique de la Brillanne [n° 1]. 28

Installations hydro-électriques norvégiennes pour la production de l'azote [n° 3]. 86

Installations de transmission aérienne en Angleterre [n° 4]. 156

Instruments électrodynamiques, système J. Carpentier (Les nouveaux) [n° 11]. . . 422

Intensité lumineuse (Variations périodiques de l') des lampes à incandescence à filament métallique, alimentées par du courant alternatif [n° 7]. 270

Interrupteurs électriques. *Brev.* R. Bosch [n° 11]. 444

Inverseurs des courants [n° 9]. 328

Isolants (Classification des essais à faire subir aux) [n° 5]. 169

Isolateur pour haute fréquence. *Brev.* G. Lorentz [n° 11]. 444

Isolement à haute tension (Nouvelle méthode d') [n° 9]. 359

Lampe à arc. *Brev.* Siemens Schuckert Werke [n° 1]. 45

Lampes à arc. *Brev.* Harlé [n° 7]. 283

Lampes électriques luminescentes (L'éclairement des nouvelles) [n° 5]. 199

Lampes en quartz. *Brev.* Zirconglas Gesellsch. [n° 5]. 205

Lampes électriques à incandescence à filament métallique. *Brev.* Société des usines Pintsch [n° 7]. 284

Lampes électriques à incandescence. *Brev.* Siemens et Halske [n° 7]. 284

Lampes électriques à incandescence (Préparation des). *Brev.* Allgemeines Chemisches Laborat. O.-H. Arendt [n° 7]. 284

Digitized by Google

Pages.

Lampe à rayonnement ultra-violet (Nouvelle) très puissant, et son utilisation à la stérilisation de grandes quantités d'eau [nº 3]. 117
Lampe à vapeur incandescente. *Brev.* Société anonyme française Banque du Radium [nº 3]. 123
Lampe électrique à vapeur de mercure (L'influence sur la végétation de la lumière produite par la) [nº 12]. 468
Lampe à vapeur de mercure à radiations de courte ou de grande longueur d'onde. *Brev.* Billon-Daguerre [nº 3]. 123
Lampes à vapeur et mercure pour éclairage de stérilisation. *Brev.* Triquet [nº 7]. . . 283
Lampe à vapeur de mercure pour réseaux alternatifs [nº 9]. 354
Locomotive électrique. *Brev.* Société Westinghouse [nº 11]. 442
Locomotive électrique de 1 500 chevaux (Nouvelle) de la Compagnie des Chemins de fer du Midi [nº 1]. 9
Locomotive électrique, système Thomson-Houston, de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, J.-A. Montpellier [nº 8]. 295
Machines électriques (Procédé pour supprimer l'influence du magnétisme rémanent dans les). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [nº 9]. 363
Machines d'extraction électriques [nº 1]. 1
Machines d'extraction électriques à courant alternatif monophasé [nº 9]. 353
Machines soufflantes à commande électrique [nº 8]. 309
Magnéto-électrique. *Brev.* Fein [nº 3]. . . . 123
Magnéto-électrique. *Brev.* Société d'électricité « Nilménior » [nº 9]. 363
Matières isolantes (Classification et essais des), E.-J. Brunswick [nº 5]. . . 161
Mesure (Méthode de) de très grandes résistances [nº 4] 156
Mesures électriques. *Brev.* Abraham et Carpentier [nº 7]. 284
Mesure des tensions alternatives élevées (Procédé de). *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [nº 7]. 284
Métallurgie électrique (Essais de) effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer [nº 9]. 355
Métier continu à filer (Le), applications de la commande électrique et réglage périodique du nombre de tours, V. Sylvestre [nº 2]. 49
Moteur à collecteur pour appareils de levage. *Brev.* Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est [nº 3]. 124
Moteur monophasé avec enroulements à chargements de pôles [nº 10]. 398
Moteurs monophasés à caractéristique série, et en particulier des moteurs à répulsion. *Brev.* R Richter und Maffei Schwartzkopff [nº 11]. 444
Moteurs de traction à courant monophasé [nº 7]. 277
Moteur triphasé, à excitation série, avec transformateur série branché, entre l'enroulement du rotor et celui du stator. *Brev.* Société Siemens-Schuckert [nº 11]. . . . 444
Moule universel pour la confection des sections destinées à l'enroulement des machines et appareils électriques. *Brev.* Société alsacienne [nº 11]. 445
Oscillations électriques de haute fréquence (Dispositif pour produire des). *Brev.* Compagnie générale radiotélégraphique [nº 7]. 284
Paratonnerres (Efficacité des) [nº 12]. . . 474
Paratonnerres spéciaux dits Niagaras (Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des postes et télégraphes le voisinage de certains) [nº 11]. 431
Pertes à vide d'une machine électrique (Nouvelle méthode pour la détermination des) [nº 4]. 152
Poteaux des lignes électriques (La protection et le renforcement des [nº 12]. . . . 476
Prédétermination des caractéristiques des dynamos à courant continu [nº 8]. . . . 317
Procédé pour appliquer une couche conductrice de l'électricité sur une surface non conductrice. *Brev.* Goldberg [nº 1]. . . . 45

Pages.

Pseudo-résonance des tubes au néon [nº 1]. 39
Récupération d'énergie électrique avec les moteurs compound. *Brev.* Walter Heymann [nº 7]. 285
Réglage des générateurs électriques. *Brev.* Compagnie française Thomson-Houston [nº 7]. 284
Réglage de vitesse simultané d'un certain nombre de moteurs électriques à courant continu. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [nº 7]. 284
Régulateur électrique de la turbine à vapeur, système Rateau de 10 000-15 000 kw [nº 4]. 133
Régulateur de potentiel compensé monophasé. *Brev.* Aktiengesellschaft Brown-Boveri [nº 9]. 363
Rotor de machines électriques. *Brev.* Brow-Boveri [nº 1]. 45
Rotors de turbo-alternateurs [nº 9]. 358
Self-induction des enroulements des machines et appareils électriques (Procédé pour neutraliser la). *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [nº 7]. 285
Signalisation électrique appliquée aux tramways [nº 9]. 357
Signaux hertziens de l'heure (L'inscription des) [nº 10]. 398
Signaux horaires (Appareils pour l'envoi automatique des) [nº 6]. 235
Symboles de la cartographie électrique [nº 12]. 477
Tableaux de distribution à haute et à basse tension [nº 1]. 7
Tir électrique des mines [nº 9]. 356
Train duo-réversible (Nouveau système de conduite électrique d'un) [nº 11]. 441
Transformation des courants triphasés en courants diphasés. *Brev.* Société alsacienne de constructions mécaniques [nº 5]. 205
Transmission dynamo-électrique à induction homopolaire. *Brev.* Nils R. Forssblad. [nº 11]. 444
Transmission électrique de l'énergie. *Brev.* Allmänna Sœnsa Elektriska Aktiebolaget [nº 3]. 124
Transport et distribution d'énergie électrique (A propos de la nouvelle circulaire ministérielle du 1er octobre 1912, relative à l'établissement d'ouvrages de) [nº 3]. . . 127
Trolleys électriques. *Brev.* Mac Adams [nº 1]. 45
Tubes à gaz luminescents (Excitation des). *Brev.* Moore-Licht [nº 5]. 205
Tubes à vide. *Brev.* Société L'Air liquide, procédés G. Claude [nº 7]. 285
Turbo-alternateurs à grande vitesse [nº 9]. 358
Usines (Les nouvelles) de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Pl. I*) [nº 1]. 5
Usine hydro-électrique (Une) d'une puissance de 300 000 chevaux aux Etats-Unis, Richard Muller [nº 6]. 209
Usine Sud-Ouest (L'), de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [nº 6]. 212
Véhicules automobiles à transmission électrique, système Balachowsky et Caire [nº 6]. 225
Vide dans les lampes à incandescence et autres récipients de verre (Procédé de production du). *Brev.* Allgemeine Elektr. Gesellsch. [nº 1] 45
Volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant (Sur l'emploi de), dans la commande des laminoirs, A.-R. Garnier [nº 8]. 303
Wattmètre (Nouveau type de) pour mesures sur la haute tension, avec insertion sur la basse tension [nº 6]. 235
Wattmètres, système J. Carpentier [nº 11]. . 423

ÉLECTROCHIMIE

Béton non armé (Action électrolytique sur le) [nº 2]. 79
Cuivrage galvanique (Procédé de) des objets en plâtre [nº 7]. 269
Cuivre (Extraction électrolytique du) à partir du minerai [nº 10]. 397
Dépôt électrolytique des métaux sur du fer ou de l'acier. *Brev.* Marino [nº 1] 47
Electrodes en charbon (Fabrication des) pour l'électrométallurgie [nº 2]. 66
Electrodes pour l'électrolyse des corps organiques. *Brev.* Fr. Bayer [nº 1] 44
Electrode multiple pour fours électriques à courant polyphasé. *Brev.* Keller [nº 9]. . 362
Electrodes pour électrolyse. *Brev.* Farbwerke worm. Meister, Lucius and Bruning [nº 3] 123
Electrodes poreuses en charbon pour piles secondaires (Procédé de fabrication). *Brev.* Ever Ready Metall. Gesell. [nº 7]. . . . 283
Electrolyse. *Brev.* Ges. für chemische Industrie [nº 1] 44
Electrolyse. *Brev.* Fixen [nº 11]. 443
Electrolyse du chlorure de sodium dans l'industrie autrichienne [nº 5] 199
Electrolyse (Retard de l') sur la force électro-motrice polarisante [nº 6]. 235
Electrolytes (Action des) sur les métaux soumis à des efforts [nº 2]. 77
Electrométallurgie du zinc (Etat actuel de l'). C. Lordier [nº 5] 170
Fours électriques. *Brev.* Thomson-Houston [nº 1]. 44
Four électrique. *Brev.* Wile [nº 11] 443
Four électrique oscillant. *Brev.* E. Stassano [nº 1]. 44
Fours électriques Côte et Pierron. C. Lordier [nº 5] 172
Four électrique. *Brev.* Hans Bie Lorentzen, Tinfos Papirfabrik [nº 5] 207
Four électrique. *Brev.* Itobie [nº 9]. . . . 362
— *Brev.* Aktienbolaget Elektrometall. [nº 9]. 362
Fours électriques. *Brev.* Queneau et Bourcoud [nº 3] 126
Four électrique servant à la production des poudres métalliques. *Brev.* Schoop [nº 5]. 207
Fours métallurgiques. *Brev.* Tschernoff et Sendzikowsky, Hardingham et Govan [nº 3] 126
Four pour la fabrication des électrodes en carbone employées dans les fours électriques. *Brev.* Société française des Electrodes [nº 9]. 362
Fours à gaz à récupérateurs pour la métallurgie (Construction et conduite des) [nº 11] 441

ENSEIGNEMENT

Cours de perfectionnement payants destinés aux candidats-contremaîtres [nº 7]. . . . 288

ESSAIS INDUSTRIELS
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

(Voir aussi *Chimie*, *Electricité* et *Mécanique*.)

Aciers tenaces (Essais au choc sur barreaux entaillés pour les) [nº 6]. 239
Carènes (Résistance des) des navires : méthodes et essais [nº 4] 143
— — [nº 5] 175
Dureté (Détermination de la) des métaux [nº 9] 335
Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des matériaux lors du choc [nº 7]. 281
Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'état belge. A. Sabourin [nº 1]. . 24
Escalier de grande portée en béton armé (Calcul des poutres d'un). R. Altermann [nº 5]. 195
Essais métallurgiques (Sur les) [nº 3] . . 119
Frottement (Calcul de la résistance de) [nº 5] 175
Isolantes (Qualification et essais des matières) [nº 5] 161
Locomotive électrique de 1500 chevaux (Essais d'une) [nº 1] 15
Machine pour les essais de résistance des matériaux. *Brev.* G. Wazan [nº 3] 124

Digitized by Google

Pages.

Machines à vapeur (Méthodes d'essais comparées des) et des moteurs à gaz ou à combustion. L. Letombe [*Supplément* au n° 6].
Modules (Définition des) pour les corps très déformables. H. Bouasse [n° 9]. . 325
Résistance résiduaire (Etude de la) des carènes des navires [n° 5] 176
Tensions (Sur une méthode expérimentale pour déterminer à l'avance les) qui se produiront dans les constructions [n° 4] . 159
Tôles obtenues par le laminage de lingots traités par le « thermit » (Essais de résistance effectués sur des) [n° 3] 108
Usure au frottement (Essais d') effectués sur des aciers (Essais d'abrasion) [n° 2]. . . 78

FILATURE ET TISSAGE

(Voir aussi *Teinture.*)

Anneaux de continus (Appareil à nettoyer les). F. Hague [n° 11]. 429
Apprêts textiles imperméables. A. Chaplet [n° 1]. 33
Blanchiment du coton (Etat actuel de l'industrie du) [n° 3] 98
Brillant de la laine (Pour augmenter le). *Brev.* Elsaner [n° 3]. 126
Charge des soies (A propos de la) : un dosage titrimétrique de l'étain [n° 11] . . . 421
Coton (Colorants du). *Brev.* Casella [n° 11]. 443
Désélectrisation de produits industriels. *Brev.* Bela Szilard [n° 7] 217
Doubles fils (Procédé pour prévenir les) [n° 6]. 233
Epuration des eaux résiduelles des filatures de laine [n° 2]. 75
Fibres végétales (Pour donner aux) un lustre soyeux. *Brev.* Debourg [n° 1] 47
Gazage des fils et tissus. *Brev.* Bela Szilard [n° 9]. 366
Imperméabilisation (Composition d'). *Brev.* Dietkmann [n° 1] 47
Imperméabilisation des vêtements. *Brev.* Zimmer [n° 7] 287
Mercerisage. *Brev.* P. Krais [n° 5]. 207
Mercerisage (Sur le) [n° 11]. 427
Merceriser (Machine à) en écheveaux [n° 11]. 428
Métier continu à filer (Le) : applications de la commande électrique et réglage périodique du nombre de tours. V. Sylvestre [n° 2] 49
— — [n° 3]. 89
Métiers modernes à tulles et dentelles (Les). Léon Melot [n° 12]. 451
Neutralisation de l'électricité produite dans le travail des textiles. *Brev.* Siemens et Halske [n° 5]. 207
Pinces automatiques (Nouvelles) de prise de lisières [n° 6]. 233
Tissus ininflammables. *Brev.* Masturino [n° 5]. 207

HYDRAULIQUE

(Voir aussi *Travaux publics et maritimes.*)

Appareil hydraulique. *Brev.* König [n° 9]. . 364
Barrage d'Assouan (Egypte) [n° 3]. 114
Boite de retenue pour conduite d'eau [n° 7]. 271
Débit des petites rigoles et des caniveaux (Calcul du) [n° 2]. 76
Elévation des liquides (Appareil d'). *Brev.* Siemens, Bros Dynamo Works [n° 1]. . . 45
Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière, avec vis sans fin placée au-dessous de ce pont arrière. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7]. 282
Freins hydrauliques (L'emploi des) pour l'étude des turbines à vapeur [n° 8]. . . 318
Hydropulseur (L') [n° 4]. 153
Installations hydrauliques de la Centrale électrique de la Brillaune [n° 1]. 28
Installations hydro-électriques norvégiennes pour la production de l'azote [n° 3] 86
Pompes centrifuges et turbo-compresseurs [n° 2]. 77

Pages.

Pompe, système Humphrey [n° 9] 354
Pompe à éjecteur. *Brev.* Parsons et Carnegie [n° 5]. 205
Puits absorbants (Efficacité des) [n° 9] . . . 360
Réservoir de Chingford (Le nouveau) [n° 8]. 354
Transmission hydraulique. *Brev.* The Universal Speed Control Co [n° 1] 46
Transmission hydraulique de la force. *Brev.* H. Lentz [n° 11]. 445
Turbines marines. *Brev.* Weir et Lang [n° 9] 364
Turbines Pelton (Réglage de vitesse des). *Brev.* Neyret-Brenier [n° 1] 45
Turbines à réaction (Dispositif de vannage). *Brev.* Société des Etablissements Singrün [n° 3]. 124
Usine hydro-électrique (Une) d'une puissance de 300 000 chevaux aux Etats-Unis (*Planche V*). Richard Muller [n° 6]. 209

HYGIÈNE INDUSTRIELLE ET URBAINE

Anémie (L') des photographes [n° 11] . . . 448
Buées (Procédé d'élimination des) et d'amélioration de l'atmosphère d'ateliers, teintureries, etc. [n° 11] 435
Désinfection par le formol [n° 5] 200
Epuration des eaux usées [n° 11] 439
Hygiène industrielle (Congrès international de prévention des accidents du travail et d') [n° 1] 48
Hygiène et sécurité des travailleurs (La loi du 31 décembre 1912, modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relatives à l') E. Cohendy [n° 4] 160
Purification naturelle des eaux : nouvelle méthode de stérilisation d'eaux résiduelles organiques [n° 11] 439
Réglementation du travail dans l'air comprimé (La), J.-P. Langlois [n° 7] . . . 248
Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets (Procédé de). *Brev.* V. Henri, A. Helbronner et M. von Recklinghausen [n° 5] 206
Stérilisation par les rayons ultra-violets (Appareil de). *Brev.* Hewitt [n° 5] . . . 206
Stérilisation (Lampes à vapeur de mercure pour éclairage ou). *Brev.* Triquet [n° 7] . 283
Zinc (Hygiène des usines à) en Haute-Silésie [n° 1] 32

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION INDUSTRIELLES

Accidents du travail (Congrès international de prévention des) et d'hygiène industrielle [n° 1] 48
Accidents du travail (Loi du 13 décembre 1912, faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs des dispositions de la loi de 1898 sur les) [n° 8] . . 320
Air comprimé (La réglementation du travail dans l'), J.-P. Langlois [n° 7] . . 248
Assurance des employés (Loi sur l') en Allemagne [n° 3] 100
[n° 5] 190
Conduites électriques (Législation italienne sur les) [n° 5]. 200
Hygiène et sécurité des travailleurs (La loi du 31 décembre 1912, modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale, relatives à), E. Cohendy [n° 4] 160
Lois sur le travail en 1911 (L'application des) [n° 1] 48
Taxation des mines (La) dans les divers pays, A. Vidal [n° 9]. 367
Transport et distribution d'énergie électrique (A propos de la nouvelle circulaire ministérielle du 1er octobre 1912, relative à l'établissement d'ouvrages de) [n° 3]. . 127
Travail des employés (Réglementation du) [n° 11] 448

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Pages.

Ascenseurs électriques. *Brev.* Scott [n° 1] . 46
Câbles de transporteurs aériens (Graissage des) *Brev.* J. Pohlig. G. Thorkildsen [n° 5]. 206
Chariots-transbordeurs électriques (Les), A. Frémeaux [n° 11] 416
Godets pour la manutention des substances paramagnétiques. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik Ag. [n° 7] 285
Grue à chariot mobile sur un bras tournant. *Brev.* L. Perbat [n° 3] 124
Moteur à collecteur pour appareils de levage. *Brev.* Ateliers de constr. électr. du Nord et de l'Est [n° 3] 124
Ponts roulants électriques [n° 6] 214
Ponts tournants et ponts à bascule (Manœuvre des). *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 5] 206
Transporteur de charbon. *Brev.* Pohlig. Akt. Ges. [n° 7] 285

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Arrêt d'écrou. *Brev.* Chêneau [n° 11] . . . 444
Billes en acier fondu (Emploi des), agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux. E. Gay [n° 5] 192
Boulon à ressort et à clavette [n° 4] 153
Chaine à éléments démontables. *Brev.* Compagnie des transporteurs Simplex et A. Fouchy [n° 1] 46
Chaines (Dispositif pour tendre les). *Brev.* Société des automobiles Grégoire [n° 11] . 444
Chaines de transmission, système Coventry [n° 2]. 68
Déchargeurs de chariots et élévateurs transporteurs, H. Pillaud [n° 2] 62
Dynamomètre d'absorption : paliers de butée. *Brev.* Heenan, Froude et Harrison [n° 1]. 46
Embrayage et transmission hydraulique pour commande de pont arrière avec vis sans fin. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 7]. 282
Engrenages par chaines. *Brev.* W. Radford [n° 11] 444
Excentriques. *Brev.* Craven et Robinson [n° 9] 364
Fraiseuses universelles, E. Gay [n° 1], . 16
Fraiseuses spéciales, E. Gay [n° 11]. . . 410
Goupille à pose rapide [n° 4] 153
Graisseur (Un nouveau), E. Gay [n° 6] . . 229
Lubrifiant. *Brev.* A. Fournaise [n° 9]. . . . 364
Machine pour les essais de résistance des matériaux. *Brev.* Wazau [n° 3]. 124
Machine à fraiser, système Darling and Sellers [n° 2]. 68
Machine à fraiser verticale, système Tangye [n° 2] 69
Machines-outils (Les) modernes pour le travail des métaux E. Gay [n° 1] . . . 16
— — [n° 11]. 410
Machine spéciale, système Landis, pour le finissage rapide et la rectification à la meule [n° 2] 69
Machine à tailler les engrenages, système Darling and Sellers [n° 2] 67
Machine à tourner et aléser des pièces lourdes ou encombrantes. *Brev.* Compagnie de Fives-Lille [n° 11]. 444
Machine à vérifier le profil des engrenages. *Brev.* Société des anciens établissements, Panhard et Levassor [n° 7] 286
Mandrin Taylor à serrage concentrique pour aciers rapides [n° 2]. 70
Matériel et outillage mécanique de la fonderie, L. Descroix [n° 7] 261
Meulage des billes. *Brev.*, Norma et Cie [n° 7]. 286
— *Brev.* Norma [n° 9]. 365
Meulage (Dispositif de) placé sur un tour. *Brev.* Shaw et Keeling [n° 11] 445
Moule universel pour la confection des sections destinées à l'enroulement des machines et appareils électriques. *Brev.* Société alsacienne [n° 11] 445
Organe élastique pour la transmission du mouvement de rotation. *Brev.* Chenard et Walcker [n° 9] 365

Digitized by Google

Pages.

Outils pneumatiques. *Brev.* Dörnenburg [n° 7] 286
Outillage pour le démontage des chemises intérieures des cylindres [n° 6] 230
Presse à tréfiler et presse à gabarier de 8000 t en acier moulé [n° 3] 169
Raccords filetés pour jonction de tuyaux [n° 7] 271
Régulateurs. *Brev.* Bates [n° 11] 445
Roues dentées (Moyen de réaliser un mouvement intermittent par en évitant les chocs [n° 6] 230
Roulements (Emploi des) et des coulissements à billes et à galets dans les machines-outils, P. Gorgeu [n° 2] . . 52
Scie rotative. *Brev.* Brewinski [n° 3] . . . 124
Tocs de sûreté [n° 7] 273
Tours, système Tangye [n° 2] 69
Tours. *Brev.* Atkins et Cohen [n° 3] 124
Tour ordinaire (Artifice de montage pour tourner avec un une pièce de forme elliptique [n° 12] 475
Tour à grande vitesse, système Darling and Sellers [n° 2] 68
Tours revolver à décolleter, système Warner et Swasey [n° 2] 70
Tourillons. *Brev.* Thompson et Broadbent [n° 3] . . . . . 124 et 125
Tourillons. *Brev.* Ericsson [n° 11] 445
Tracteurs-treuils [n° 9] 345
Transmissions. *Brev.* Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz [n° 5] 206
Transmission hydraulique. *Brev.* The Universal Speed control Co [n° 1] 46
Transmission hydraulique de la force. *Brev.* H. Lentz [n° 11] 445

MACHINES THERMIQUES

Allumage (Dispositif pour le décalage automatique du point d') dans les moteurs à explosion, avec décalage par interrupteur. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 445
Allumage électrique des moteurs à combustion. *Brev.* R. Bosch [n° 11] 446
Allumages prématurés (Causes et effets des) dans les moteurs à explosion et à combustion [n° 6] 236
Barreaux de grille (Historique, théorie et pratique de l'unification des) [n° 11]. . . 434
Bougie d'allumage pour moteurs à explosion. *Brev.* Vertriebsgesells. magnet.-elektrischer Apparate [n° 3] 125
Carburateur à admission forcée. *Brev.* Société des appareils d'aviation Hanriot et H. Hubert Pagny [n° 11] 445
Carburateur (Réglage particulièrement destiné aux aéroplanes). *Brev.* Daimler-Motoren-Gesellsch. [n° 3]. 125
Chaudières et machines-marines, M. Bamon (*Supplément* au n° 12). 000
Chaudières, systèmes Babcock et Wilcox. (*Planche III*) [n° 3] 95
Chaudière marine multitubulaire (Contribution à l'étude de l'établissement d'une) [n° 11] 434
Chaufferies des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 1] 6
Combustion des mélanges gazeux explosifs (Dispositif pour la). *Brev.* W.-A. Bone, J.-W. Wilson-Leech, C. Douglas, Mc. Court [n° 11] 446
Combustion sans flamme d'un mélange de gaz explosifs (Procédé de). *Brev.* Bone, W. Wilson, C. Douglas, Mc. Court [n° 1]. 46
Commande des organes de distribution pour machines à vapeur. *Brev.* Schneider et Cie [n° 9]. 365
Compresseur à vapeur tandem à deux étages. *Brev.* J. Stumpf [n° 7] 286
Compteurs de vapeur (Sur les). J. Izart [n° 4] 154
Compteurs de volume, système Rota, pour gaz. J. Izart [n° 4] 155
Distribution pour moteurs à explosion à quatre temps. *Brev.* Berry et Hutchinson, Mann [n° 3]. 125
Distribution par tiroir pour moteurs à combustion à quatre temps. *Brev.* Tiercé [n° 1]. 46
Explosion de chaudière (Sur une cause d') [n° 7]. 280
Gaz pauvre (Génération et distribution du) dans le Staffordshire (Angleterre) [n° 4] . 157
Gazogènes. *Brev.* Hendunen et Simonenko [n° 3]. 125
Gazogène du type Siemens (Des perfectionnements apportés au), Paul Cousin [n° 10] 370
Générateur de vapeur à vaporisation instantanée, réglé automatiquement d'après la charge de la machine alimentée. *Brev.* Ch. Lemale n° 9 365
Graissage sous pression des moteurs à explosion (Appareil de sûreté). *Brev.* J.-A. Mathieu [n° 11] 446
Indicateurs (Les) n° 5 200
Indicateur de niveau d'eau, système Gerkinet [n° 8] 316
Injecteur pulvérisateur de combustible pour moteurs Diesel et autres. *Brev.* Société des établissements Delaunay-Belleville [n° 7]. 286
Machine équicourant compound. *Brev.* P. Berger [n° 1] 46
Machine équicourant d'extraction. *Brev.* J. Stumpf [n° 1] 46
Machines soufflantes pour aciéries, H. Noble [n° 8] 306
Machine à vapeur réversible. *Brev.* Stumpf [n° 5]. 202
Machines à vapeur (Méthodes d'essais comparées des) et des moteurs à gaz ou à combustion, L. Letombe (*Supplément* au n° 6 .
Machinerie à vapeur ou à gaz avec deux ou plusieurs fractions de turbines travaillant en série et montées sur des arbres distincts. *Brev.* Aktiengesellschaft Brow-Boveri [n° 9] 366
Machine à vapeur verticale compound tandem. *Brev.* Actien Gesells. Görlitzer Maschin. Amstalt und Eisengiesserei [n° 11] . 446
Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières, J. Izart [n° 8] 314
Les moteurs d'aviation et d'automobile, Léon Letombe et G. Lumet, Conférences (*Supplément* au n° 2 .
Moteurs et chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre (Recherche de modèles-types de) [n° 7] . . . 278
Moteurs à combustion interne. *Brev.* Anzani, Crossley et Webb [n° 5] 206
Moteur à combustion interne (Allumage). *Brev.* R. Bosch [n° 5] 206
Moteur à combustion interne (Gicleur). *Brev.* Crossley, Webb et Barley [n° 5]. 206
Moteur à combustion interne. *Brev.* Aktieselskabet Volund [n° 11] 447
Moteurs à combustion interne. *Brev.* Sulzer Geb. [n° 11]. 446
Moteurs à combustion interne *Brev.* Kilburn [n° 1] 46
Moteurs à combustion interne, système Dingler [n° 10]. 396
Moteurs à combustion interne (Mise en marche). *Brev.* Marks [n° 3]. 125
Moteurs à combustion interne (Montage de la magnéto). *Brev.* Benier [n° 3] 125
Moteurs à combustion interne (L'emploi de l'air comprimé pour les appareils auxiliaires des navires à) [n° 12] 478
Moteurs Diesel (Les accidents de) [n° 4] . . 155
Moteur Diesel (La question des combustibles pour le) [n° 3] 118
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. Dumanois [n° 8]. . 289
Moteurs Diesel marins (Les nouveaux) et en particulier les essais du pétrolier *Juno* n° 7]. 254
Moteurs à explosions (Mise en marche des). *Brev.* Société des moteurs Gnôme [n° 11]. 446
Moteur à hydrocarbures pour locomotive [n° 12]. 469
Moteur à quatre temps. *Brev.* O. Freiberg, M. Freiberg et O. Petzsche [n° 5] 206
Piston. *Brev.* Société métallurgique de Montbard-Aulnoye [n° 11] 447
Piston de machine équicourant (Chauffage du). *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 11] 447
Pompe à air (L'influence de la) sur les qualités militaires des navires à turbines [n° 11] 433
Pompes d'alimentation pour machines à huiles (Système de réglage des). *Brev.* D. Goedkoop, Schiffswerft u. Motorenfabrik [n° 11]. 447
Pompe à huile pour le graissage forcé des articulations dans les moteurs à explosion ou à combustion interne. *Brev.* Société des Automobiles Delaunay-Belleville [n° 11] . 447
Production de la vapeur (La) aux nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Planche III*) [n° 3] 95
Réchauffeur d'eau d'alimentation. *Brev.* Deutsche Economiser-Werke [n° 5]. . . . 206
Réglage des moteurs à combustion. *Brev.* Benz, Rheinische Automobil, Motoren-Fabrik A. G. [n° 1] 47
Robinets de jauge de niveau d'eau pour chaudières [n° 3] 104
Soupapes d'échappement de moteurs à explosion à deux temps (Commande). *Brev.* R. Hoffmann [n° 3] 125
Turbine à explosions. *Brev.* Bugnot [n° 3] . 125
Turbine à explosions. *Brev.* H. Coanda [n° 7]. 287
Turbine à gaz à chambres d'explosions rotatives (Procédé de démarrage). *Brev.* Howard Austin Whiteside [n° 1]. 47
Turbine à gaz avec refroidissement périodique de la roue au moyen d'air frais. *Brev.* Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg [n° 9] 366
Turbine à gaz à combustion. *Brev.* Wegner-v. Dallwitz [n° 1]. 47
Turbines à gaz (Méthode pour actionner les). *Brev.* Aktien-Gesells. Brown-Boveri [n° 3]. 125
Turbines marines. *Brev.* Brown-Boveri [n° 1] 47
Turbines (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour bâtiments de guerre : combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec installation à) [n° 12] 479
Turbines (Régulation des). *Brev.* Vereinigte-Dampfturbinenges [n° 3] 126
Turbine à vapeur ou à gaz avec couronnes d'aubes interrompues à l'endroit du joint de l'enveloppe. *Brev.* Brown-Boveri [n° 1]. 47
Turbines à vapeur modernes (Les), C. Monteil [*Supplément* au n° 10].
Turbine à vapeur (La), système Rateau, de 10 000-15 000 kw des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (*Planche IV*). 447
C. Monteil [n° 4]. 129
Turbines à vapeur [n° 6] 212
Turbines à vapeur (L'emploi des freins hydrauliques pour l'étude des) [n° 8] . . 318
Turbo-alternateurs de 10 000 et de 20 000 ch de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis (Les groupes), V. Sylvestre [n° 12]. 457

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(Voir *Travaux publics* et *Essais industriels.*)

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Attraction magnétique (Influence de l') sur la vitesse critique des arbres de dynamos, L. Bergeron [n° 9] 321
Carènes de navires (Règles relatives au tracé des) [n° 5]. 187
Moteurs à champ tournant (Calcul des), A.-R. Garnier [n° 8]. 303
Surpressions des moteurs Diesel (Calcul des). P. Dumanois [n° 8] 290

Digitized by Google

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

(Voir aussi : *Aérodynamique, Automobiles, Chemins de fer, Filature et tissage, Hydraulique, Levage et Manutention, Machines-Outils, Machines thermiques, Métallurgie* et *Physique industrielle.*)

Pages.

Bagues de graissage, système Tête [n° 12] . 475
Compteurs d'eau, J. Izart [n° 8] 314
Distributeur « Le Fongicide » [n° 5] 190
Engrenages (Principales causes du bruit des). M. Varinois [n° 1] 23
Engrenages (Machines à tailler les) [n° 11]. 411
Engrenages pour la propulsion des navires [n° 12] 478
Enregistrement des vitesses (Sur l'), J. Izart [n° 2]. 70
Freins hydrauliques (L'emploi des) pour l'étude des turbines à vapeur [n° 8] . . . 318
Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur, H. Pillaud [n° 5]. 189
Indicateurs (Les) [n° 5] 200
Indicateur de niveau d'eau, système Gerkinet [n° 8]. 316
Machines à mouler [n° 9]. 340
— — [n° 10]. 380
Manœuvre des machines d'extraction à vapeur, P. Drosne [n° 1]. 1
Pompes centrifuges et turbo-compresseurs [n° 2]. 77
Robinets de jauge de niveau d'eau pour chaudières [n° 3] 104
Servo-frein, système Boirault [n° 4] 150
Turbines, compresseurs et dynamos de très grandes vitesses [n° 6] 236
Turbines hydrauliques spirales jumelles [n° 1] 28
Turbines à réaction (Dispositif de vannage). *Brev.* Société des établissements Singrün [n° 3] 124
Vitesses angulaires (Sur la réalisation de grandes) [n° 4] 157

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Acier fondu (Nouveau procédé de fabrication de l') en vue d'augmenter le rendement [n° 4] 159
Aciers rapides (Mandrin Taylor à serrage centrifuge pour) [n° 2]. 70
Aciers tenaces (Essais au choc sur barreaux entaillés pour les) [n° 6]. 239
Affinage des métaux. *Brev.* M. Caire [n° 7]. 287
Alliage d'aluminium. *Brev.* Coles [n° 3] . . 126
Alliages d'aluminium et du vanadium [n° 5]. 201
Alliages du cuivre (Les) et leurs récents progrès, L. Guillet. Conférence [*Supplément* au n° 4].
Alliages du cobalt avec le chrome et les autres métaux [n° 1] 40
Alliages cuivre-zinc-nickel [n° 4] 158
Alliage de fer et de bore. *Brev.* Tone [n° 3]. 126
Alliage de fer destiné à être employé dans les dynamos électriques. *Brev.* Walter Bübel [n° 5] 203
— *Brev.* P. Weiss [n° 9]. 361
Alliage de nickel. *Brev.* Gebr. Bochers, Chemische Fabriken [n° 7] 287
— *Brev.* W. Borchers [n° 9]. 366
Alliages plastiques (Sur la déformation des) et leur recuit après déformation [n° 7]. . 281
Aluminium : production, consommation et prix en 1911 [n° 5]. 208
— (Production en 1912) [n° 10] 400
Altération des métaux par chauffage après déformations locales [n° 3] 120
Briquettes de minerai de fer (Progrès dans la fabrication des) [n° 2] 78
Bronzage de l'acier [n° 10]. 397
Chrome (Procédé permettant d'obtenir ce métal en vue de la fabrication de filaments pour lampes électriques à incandescence, de manchons pour l'éclairage à incandescence par le gaz, etc.). *Brev.* Séguy [n° 7]. 287
Corrosion de l'acier (Influence du nickel et du chrome sur la) [n° 12] 479
Cuivre (Extraction électrique du), à partir du minerai [n° 10]. 397
Cuivre (Production en 1912) [n° 10] 400
Déformations (Distribution des) dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des tuyaux, Ch. Frémont [n° 11]. 401
Dépôt électrolytique des métaux sur du fer ou de l'acier. *Brev.* P. et A. Marino [n° 1]. 47
Ecrouissage des métaux (Sur l'), M. Hanriot [n° 9] 334
Electrolytes (Action des) sur les métaux soumis à des efforts [n° 2]. 77
Emboutissage des métaux (Emploi des billes en acier fondu, agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'), E. Gay [n° 5]. 192
Enregistrement automatique de la relation entre les efforts et la déformation des matériaux lors du choc [n° 7]. 281
Enregistreur de la teneur en poussières pour les gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels, J. Izart [n° 2] 71
Essais métallurgiques [n° 3] 119
Etain (Fusion de l') [n° 9]. 355
Etain : production, consommation et prix en 1911 [n° 5]. 208
Fer ou acier (Procédé pour empêcher l'oxydation ou la rouille). *Brev.* F. R. G. Richards [n° 11]. 447
Fer-blanc (Le commerce du), en 1911 [n° 6]. 240
Fer galvanisé (Nouvel artifice pour la conservation des bacs en) [n° 2]. 64
Fer (Les propriétés magnétiques du) et la construction des machines électriques [n° 9]. 360
Fers, fontes et aciers (Prix des) dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7]. 288
Fer (Séparation quantitative du) et du manganèse [n° 11]. 420
Ferro-alliages (Production des) [n° 9] . . . 355
Ferromanganèse (Procédé de préparation). *Brev.* G. Lang [n° 1] 47
Ferrosilicium. *Brev.* C. Bingham [n° 7]. . . 287
Fonderie. *Brev.* Rheinische Metallwaren und Maschinenfabrik [n° 5] 207
Fonderie de métal. *Brev.* F. de Buigné [n° 5]. 206
Fonderie (Matériel et outillage de la), L. Descroix [n° 7] 261
— — [n° 9] 339
— — [n° 10]. 380
Fonte (Production de la) : Statistique [n° 10]. 400
Forge et laminage. *Brev.* Mellor [n° 1]. . . 47
Fours. *Brev.* Govan [n° 3] 126
Four électrique. *Brev.* Hans Bie Lorentzen Tinfos Papirfabrik [n° 5] 207
Four électrique. *Brev.* Wile [n° 11]. 443
Four électrique servant à la production des poudres métalliques. *Brev.* Schoop [n° 5]. 207
Fours de fusion (Construction des) pour les alliages de cuivre, L. Guillet [*Supplément* au n° 4].
Fours à gaz à récupération dans la métallurgie (Construction et conduite des) [n° 11] 441
Fours électriques. *Brev.* Queneau et Bourcoud [n° 3] 126
Fours pour métallurgie. *Brev.* Gobbe [n° 1]. 43
Fours métallurgiques. *Brev.* Tschernoff et Senzikovsky et Hardingham [n° 3]. . . 126
Galvanisation à froid. *Brev.* Ed. Ballegeer [n° 9]. 366
Gaz des fours à coke, leur utilisation, leurs applications [n° 3]. 119
Gaz de hauts fourneaux (Epuration des) [n° 6]. 230
Gaz de hauts fourneaux (Prix de revient de l'épuration de) [n° 7]. 273
Goudron de gaz de fours à coke (Extraction du) [n° 11]. 426
Graphite (Emploi du) dans la construction métallique, J. Duponchelle [n° 8] 316
Hauts fourneaux français (Les) en 1913 [n° 10] 400
Impuretés solides non métalliques contenues dans l'acier ou « Sonims » [n° 5]. . . . 201
Inclusions de scories (Les) [n° 5]. 201
Laminoirs (Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des), A.-R. Garnier [n° 8] 303
Limeur (Expériences sur l'art du) [n° 3]. . . 115
Machines-outils modernes (Les) pour le travail des métaux, E. Gay [n° 1] . 16
— — [n° 11]. 410
Machines soufflantes pour aciérie (Les), H. Noble [n° 8]. 306
Métal (Dispositif pour recouvrir des objets avec du). *Brev.* O. Ostermann [n° 7]. . . 287
Métal Monel (Le) [n° 9] 355
Métallurgie électrique (Essais de) effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer [n° 9] 355
Métaux autres que le fer (Commerce extérieur des) en France en 1911 [n° 2] . . . 80
Métaux autres que le fer (Production des) en 1912 [n° 10] 400
Métaux pulvérulents (Un procédé de fabrication avec des) [n° 8]. 312
Métaux ductiles (Procédé permettant de rendre les). *Brev.* The Westinghouse Metal Filament Lamp Co [n° 11]. 447
Métaux poreux (Procédé de préparation). *Brev.* H.-I. Hannover [n° 11] 447
Micrographies (Grossissements normaux pour les) [n° 5] 201
Micrographiques (Nouvelles études) sur différents métaux [n° 4] 158
Microstructure des aciers et des fontes (Nomenclature des constituants dont l'existence est révélée par l'étude au microscope) [n° 8]. 319
Minerais de fer (Traitement des). *Brev.* Elihu Thomson [n° 3]. 126
Minerais de fer (La dessiccation des) aux mines du Mesabi [n° 11]. 427
Minerais de fer (Enrichissement des) et des poussières des hauts fourneaux : briquettes et agglomérés [n° 4]. 158
Minerai de fer (La production de) en France en 1912 [n° 10]. 400
Minerais de fer (Ressources du Chili en) [n° 4]. 159
Moulage en sable vert des pièces en acier et en fonte (Application de l'huile à démouler dans le), J. Duponchelle [n° 11] . 425
Moules de fonderie [n° 9]. 339
Nickel : Production, consommation et prix en 1911 [n° 5]. 208
— Production en 1912 [n° 10] 400
Nickelage de l'aluminium. *Brev.* Chirade et Canac [n° 3] 126
Or (La production de l') dans le monde en 1911 [n° 6] 240
Or (La production de l') en France en 1912 [n° 11] 448
Or colloïdal (Préparation de l') [n° 7] . . . 268
Oxydation des métaux alcalins (Procédé d'). *Brev.* Société des usines de Rioupéroux [n° 5]. 203
Plomb : (Production en 1912) [n° 10] . . . 400
Presse à tréfiler et presse à gabarier de 800 t en acier moulé [n° 3] 109
Puddlage (Les réactions du) [n° 8] 319
Réduction d'oxydes. *Brev.* Société électrométallurgique française [n° 7] 287
Revêtement métallique de surface quelconques au moyen de poudres de métaux vaporisés (Dispositif pour le). *Brev.* Société de métallisation [n° 5] 207
Rouille (Procédé permettant de préserver de la) les métaux et pièces mécaniques en fer, fonte, acier, etc. *Brev.* Lemêtre [n° 1]. 44
Sables à mouler (Examen des) [n° 2]. . . . 79
Sidérurgie française (L'évolution de la) : fabrication de fonte, fer et acier; laminage et forgeage [n° 8] 320
Silicium (Influence du) sur la corrosion de la fonte [n° 11] 440
Soudage de l'aluminium. *Brev.* B.-G. Avis [n° 5]. 207
Soufre (Influence du) sur la fonte [n° 1] . . 40
Thermit anti-soufflures (Application du) aux lingots d'acier doux [n° 3]. 107
Thorium (Procédé pour séparer le). *Brev.* Deutsche Gasglüklicht Aktien Gesellsch. [n° 11] 447
Train de laminoir duo-réversible (Nouveau système de conduite électrique d'un) [n° 11] 441
Usure au frottement (Essais d') effectués sur des aciers ; essais d'abrasion [n° 2] . . . 78

Digitized by Google

Pages.

Zinc (Progrès réalisés dans la métallurgie du) dans la Haute-Silésie depuis 1900, Ch. Lordier [n° 1] 29
Zinc : Production en 1912 [n° 10]. 400
Zinc (Etat actuel de l'électrométallurgie du), C. Lordier [n° 5] 170

MINES ET CARRIÈRES

Charbons et cokes (Prix des) dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7]. 288
Charbon (Fabrication des briquettes de) avec addition de naphtaline [n° 11] . . . 422
Dégagements lents de grisou [n° 2] 71
Dessiccation des minerais de fer aux mines du Mesabi [n° 11]. 427
Explosifs à base d'air liquide, J. Delpech [n° 8] 311
Flottage Wood (Le procédé de) [n° 5] . . . 201
Gisements souterrains (Détermination des) de minerais ou d'eau au moyen d'ondes électriques. *Brev.* Henrich Löwy [n° 5]. . 204
Houille (Distillation fractionnée de la) [n° 4]. 157
Manœuvre des machines d'extraction à vapeur, P. Drosne [n° 1]. 1
Minerais (Commerce extérieur des) en France en 1911 [n° 2] 80
Minerai de fer (Production du) en France en 1912 [n° 10] 400
Minerais de fer (Ressources du Chili en) [n° 4]. 159
Mineurs (Loi du 13 décembre 1912, faisant bénéficier les délégués à la sécurité des ouvriers) des dispositions de la loi de 1898 sur les accidents du travail [n° 8]. . 320
Pétrole (La production du) de 1860 à 1911 [n° 11] 448
Phosphates (Production mondiale des) en 1911 [n° 5] 208
Poussières de houille (Nouvelles expériences sur les) et sur les moyens de combattre leurs dangers [n° 3]. 109
Pressions de terrains dans les exploitations houillères (Quelques effets de) [n° 11] . . 427
Pyrites de fer (Le marché des) considérées comme minerais de soufre [n° 12] 480
Soufre (Production et consommation du) [n° 12] 480
Taxation des mines (La) dans les divers pays, A. Vidal [n° 9] 367
Téléphonie sans fil dans les mines [n° 3]. . 112
Tir électrique des mines [n° 9] 356

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

(Voir aussi *Travaux publics et maritimes.*)

Air comprimé (L'emploi de l') pour les appareils auxiliaires des navires à moteurs à combustion interne [n° 12]. 478
Barreaux de grille (Historique, théorie et pratique de l'unification des) [n° 11]. . . 434
Bâtiments de guerre (Au sujet d'une installation mixte spéciale pour) : combinaison de deux machines alternatives de faible puissance à graissage forcé, avec une installation de turbines [n° 12]. 479
Carènes (Influence des dimensions principales et des formes des) sur les vitesses réalisées par les navires, L. Le Besnerais [n° 4] 143
— — [n° 5]. 175
Chaudière marine multitubulaire (Contribution à l'étude de l'établissement d'une) [n° 11] 434
Construction navale (Les tendances les plus récentes de la), M. Bahon. Conférence [*Supplément* au n° 12].
Cuirassés (Développements récents des types de) [n° 11] 433
Cuirassés *Provence* et *Bretagne* (Lancement des) [n° 10]. 394
Cuirassé *Paris* (Note sur les dispositions adoptées pour le lancement du) [n° 11]. . 435
Engrenages pour la propulsion des navires [n° 12]. 478
Mines sous-marines. *Brev.* Harlé [n° 7] . . 285
Moteurs Diesel marins (Les nouveaux) et en particulier les essais du pétrolier *Juno* [n° 7] 254
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. Dumanois [n° 8]. 289
Moteurs et chaudières pouvant convenir à la propulsion des navires de guerre (Recherche de modèles-type de) [n° 7]. . . . 278
Navires à turbines (L'influence de la pompe à air sur les qualités militaires des) [n° 11] 433
Paquebot *Aquitania* (Le) [n° 10] 394
Propulseurs aériens (Les) appliqués à la propulsion des bateaux à marchandises [n° 3]. 113
Propulsion des bateaux. *Brev.* Ducassou et Cie [n° 9] 363
Propulsion des navires. *Brev.* Thornycroft [n° 9]. 864
Propulsion des navires (Groupement générateur et moteur pour). *Brev.* Schneider et Cie [n° 9]. 364
Sillage et succion à l'arrière des navires [n° 3]. 117
Stabilité des navires partiellement envahis (Calcul de la) [n° 10] 399
Titanic (Quelques remarques sur la catastrophe du) [n° 11]. 435
Transatlantique (Le) *Rochambeau* (*Planche II*) [n° 2] 55
Transmission électrique de l'énergie. *Brev.* Allmänna Soensa Elektriska Aktiebolaget [n° 3]. 123
Turbines marines. *Brev.* Brown Boveri [n° 1], 47
Turbines marines. *Brev.* Weir et Lang [n° 9] 364

PHYSIQUE APPLIQUÉE ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE

(Voir aussi *Aérodynamique, Electricité, Hydraulique et Mécanique.*)

Air comprimé (L'emploi de l') pour les appareils auxiliaires des navires à moteurs à combustion interne [n° 12]. 478
Chauffage par panneaux ou par planchers creux (Système de) [n° 4] 156
Chauffage à vapeur des trains (Régulateur de pression pour le) [n° 12]. 472
Chauffage et ventilation des ateliers [n° 11]. 436
Chauffages dans les villes (Distribution centrale du) [n° 3] 81
Compteurs de vapeur [n° 4]. 154
Compteurs de volume, système Rota, pour gaz [n° 4] 155
Eclairement des nouvelles lampes électriques luminescentes [n° 5]. 199
Enregistrement des vitesses (Sur l'). J. Izart [n° 2]. 70
Enregistreur de la teneur en poussières pour les gaz industriels. J. Izart [n° 2]. 71
Epuration des gaz par voie sèche [n° 10]. . 397
Fusion (Méthode simple pour déterminer les points de) élevés [n° 7] 269
Grossissements normaux pour les micrographies [n° 5]. 201
Isolant calorifuge. *Brev.* Esvers et Gaucher [n° 7]. 283
Rayons ultra-violets (Procédé de stérilisation de l'eau par les). *Brev.* V. Henri, A. Helbronner, M. von Recklinghausen [n° 5]. 206
Rayons ultra-violets (Appareil de stérilisation par les). *Brev.* Hewitt [n° 5]. 206
Rayons ultra-violets (Action des) moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique [n° 6]. 235
Tubes au néon (Pseudo-résonance des) [n° 1]. 39
Ventilation des ateliers [n° 11]. 437

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

(Voir *Essais industriels.*)

STATISTIQUES

Aluminium (Production, consommation et prix de l') en 1911 [n° 5]. 208
— — [n° 10] 400
Automobiles (Statistique des) [n° 10]. . . . 377
Cuivre (Production, consommation et prix du) [*Supplément* au n° 4].
Cuivre (Production du) en 1912 [n° 10]. . . 400
Etain (Production, consommation et prix de l') en 1911 [n° 5]. 208
Fer-blanc (Commerce du) en 1911 [n° 6]. . . 240
Fonte, fer et acier (L'évolution de la sidérurgie française; fabrication de); laminage et forgeage [n° 8]. 320
Hauts fourneaux français (Production des) [n° 10] 400
Métaux autres que le fer (Commerce extérieur des) en France en 1911 [n° 2] . . . 80
Métaux autres que le fer (Production des) en 1912 [n° 10]. 400
Minerais (Commerce extérieur des) en France en 1911 [n° 2]. 80
Minerai de fer (La production du) en France en 1912 [n° 10]. 400
Nickel (Production, consommation et prix du) en 1911 [n° 5]. 208
Nickel (Production en 1912) [n° 10] 400
Or (La production de l') en France en 1912 [n° 11] 448
Or (La production de l') dans le monde en 1911 [n° 6]. 240
Pétrole (La production du) de 1860 à 1911 [n° 11]. 448
Phosphates (Production mondiale des) en 1911 [n° 5] 208
Plomb (Production en 1912) [n° 10]. 400
Prix des charbons, des cokes et des produits sidérurgiques dans les différents pays d'Europe de 1903 à 1912 [n° 7]. 288
Pyrites de fer (Le marché des) considérées comme minerais de soufre [n° 12] 480
Soufre (Production et consommation du) [n° 12] 480
Zinc (Production du) en Haute-Silésie [n° 1]. 31
Zinc (Production en 1912) [n° 10]. 400

TEINTURE ET IMPRESSION

Acide formique (Action de l') sur les colorants du triphénylméthane [n° 10] 398
Atmosphère des teintureries (Procédés d'élimination des buées et d'amélioration de l') [n° 11] 435
Bleu de tungstène et bleu de molybdène [n° 7]. 268
Charge des soies (A propos de la) : un dosage titrimétrique de l'étain [n° 11]. . . . 421
Colorant azoïque. *Brev.* Farbenfabriken [n° 11] 443
Colorants du coton. *Brev.* Casella [n° 11]. . 443
Couleurs à l'huile pour enduits de ciment (Composition de) [n° 6] 228
Couleurs sulfurées (Procédé de fabrication). *Brev.* Farbenfabriken V. Fr. Bayer [n° 11] 443
Matières colorantes azoïques (Sur le dosage titrimétrique des) au moyen de l'hydrosulfite [n° 8] 312
Matière colorante dérivée de l'anthracène. *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 11] 443
Matières colorantes diverses [n° 7]. 268
Peinture (Les nouveaux procédés dans la technique de la) : immersion et pulvérisation [n° 9]. 358
Pourpre de Cassius [n° 7]. 268
Teinture à l'indigo artificiel des filés de coton. M. Beudet [n° 2]. 63

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

Antennes au ras du sol (Sur la réception au moyen d') [n° 3]. 117
Antennes pour station de télégraphie sans fil avec générateurs de courant à haute fréquence. *Brev.* Em. Girardeau [n° 5]. . 203
Antennes parallèles (Influence réciproque des) sur les conditions de réception des ondes hertziennes [n° 7]. 277
Antennes voisines (Sur l'influence réciproque de deux) [n° 9]. 359
Bolomètre Bela Gati pour la mesure des courants téléphoniques utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie [n° 10] 396

Digitized by Google

Pages.

Conduites électriques (De la législation italienne sur les) [n° 5]. 200
Ondes hertziennes (Captation des) par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol et, par extension, utilisation des fils télégraphiques et téléphoniques d'abonnés [n° 1]. 39
Réception de télégraphie sans fil, système Ancel (Appareils de) [n° 11] 424
Relais télégraphique. *Brev.* D. G. Brown [n° 3]. 123
Relais extra-sensibles pour télégraphie sans fil [n° 9] 359
Télégraphie sans fil (Conférence internationale de l'heure) [n° 1]. 40
Télégraphie sans fil (La) et la résonance [n° 11]. 430
Télégraphie sans fil à son musical et téléphonie sans fil au moyen de générateurs à haute fréquence. *Brev.* R. Goldschmidt [n° 1]. 45
Télégraphes et téléphones électriques. *Brev.* Heurtley [n° 5]. 205
Télégraphie (La) et la téléphonie au Congrès de Versailles [n° 5]. 200
Téléphone. *Brev.* British Insulated and Helsby Cables [n° 1]. 45
Téléphone électrique. *Brev.* Siemens Bros [n° 9]. 363
Téléphonie sans fil (La) dans les mines [n° 3]. 112
Téléphoniques (Appareils) automatiques dans les colonnes-affiches de Genève [n° 11]. 425

TRAVAUX PUBLICS ET MARITIMES
CONSTRUCTION
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(Voir aussi *Hydraulique*, *Essais industriels* et *Chemins de fer*.)

Pages.

Barrage d'Assouan (Egypte) [n° 3] 114
Béton non armé (Action électrolytique sur le) [n° 2]. 79
Béton (Les variations de volume du) [n° 10]. 397
Brest peut-il devenir port transatlantique? [n° 1]. 41
Brest, port transatlantique [n° 10]. 399
Briquettes de minerai de fer (Progrès dans la fabrication des) [n° 2] 78
Canaux projetés en France et à l'étranger. Ch. Frémont [n° 11]. 405
Chauffage dans les villes (Distribution centrale du) [n° 3] 81
Ciment. *Brev.* Freeman [n° 1]. 47
Ciment hydraulique. *Brev.* Brown [n° 5]. . 207
Ciment imperméable. *Brev.* Toch [n° 1]. . . 47
Ciment armé (La construction en) des bâtiments de l'usine nord de la Cie parisienne de distribution de l'électricité [n° 2] 59
Ciment hydraulique blanc (Production d'alumine, d'acide chlorhydrique, d'alcalis caustiques et d'un) au moyen de sel, d'argile et de calcaire [n° 2]. 74

Pages.

Construction métallique (Emploi du graphite dans la) [n° 8]. 316
Empierrement des chaussées [n° 11]. 429
Escalier de grande portée en béton armé. Robert Altermann [n° 5]. 195
Maisons par moulage (La construction de). M. Darras [n° 4]. 147
Murs de quai (Les) du port de Bordeaux [n° 12] 36
Navigation intérieure (La) en France et à l'étranger [n° 11]. 405
Pavages de rues et de voies de tramways au moyen de blocs d'asphalte [n° 10]. . . 399
Ponts militaires (Manœuvre de lancement de) [n° 4]. 157
Ports fluviaux de Rouen et de Caen (Projets d'extension des) [n° 1]. 41
Ports français (Les projets d'agrandissement et de réorganisation des grands) [n° 1]. 40
Ports maritimes (Outillage des) [n° 3]. . . 120
Ports nord-africains (Nos) [n° 3]. 120
Sables à mouler (Examen des) [n° 2]. . . . 79
Tensions (Sur une méthode expérimentale pour déterminer à l'avance les) qui se produiront dans la construction [n° 4]. . . . 159
Tuyaux (Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des). Ch. Frémont [n° 11 401

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

Pages.

ALTERMANN (Robert) : *Un escalier de grande portée en béton armé* [n° 5] . . 195

BAHON (Max), Ingénieur en chef du génie maritime : *Les tendances les plus récentes de la construction navale.* Conférence [*Supplément* au n° 12].

BELLOM (Maurice), professeur à l'École nationale supérieure des mines : *L'assurance des employés en Allemagne* [n° 5] 190
— *La participation aux bénéfices, ses méthodes pratiques dans l'industrie moderne* [n° 9] 329

BERGERON (L.) : *Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des arbres de dynamos* [n° 9] 321

BEUDET (M.) : *Teinture à l'indigo artificiel des filés de coton* [n° 2] 63
— *Un succédané industriel de l'acétone* [n° 11] 421

BOUASSE (H.), Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse : *Définition des modules pour les corps déformables* [n° 9] 325

BOURNAT (L.-V.), : *Les dynamos homopolaires* [n° 7] 241
— *Analyse systématique des brevets d'invention* [n° 1] 42
— — [n° 3] 121
— — [n° 5] 202
— — [n° 7] 282
— — [n° 9] 361
— — [n° 11] 442

BRUNSWICK (E.-J.) : *Qualification et essais des matières isolantes* [n°5] . . 161

CARRON (E.-C.) : *Blanchiment du sulfate de baryte d'Auvergne* [n° 9] 353

CHAPLET (A.) : *Apprêts textiles imperméables* [n° 1] 33

COHENDY (Em.), Professeur à la Faculté de Droit de Lyon : *La loi du 31 décembre 1912 modifiant le livre II du Code du travail et de la Prévoyance sociale, relatif à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs* [n° 4] 160

COUSIN (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École des Hautes-Etudes industrielles de Lille : *Des perfectionnements apportés au gazogène du type Siemens* [n° 10] 369

DARRAS (M.) : *Les nouveaux matériaux de construction : La construction de maisons par moulage* [n° 4] 147

DELPECH (Jacques) : *Les explosifs à base d'air liquide* [n° 8] 311

DESCROIX (L.), Ingénieur, ancien élève de l'École Polytechnique : *Matériel et outillage mécanique de la fonderie* [n° 7] 261
— — [n° 9] 339
— — [n° 10] 380

DROSNE (P.) : *Manœuvre des machines d'extraction à vapeur* [n° 1] 1

DUMANOIS (P.), Ingénieur de la marine : *Applications des moteurs Diesel aux navires de guerre* [n° 8] 289

Pages.

DUPONCHELLE (J.) : *Emploi du graphite dans la construction métallique* [n° 8]. 316
— *Application de l'huile à démouler dans le moulage, en sable vert des pièces en acier et en fonte* [n° 11] . . . 425

ESCARD (Jean) : *Utilisation industrielle des caséines animales et végétales* [n° 1] 25

FRÉMEAUX (A.), ingénieur des Arts et Manufactures : *Les chariots transbordeurs électriques* [n° 11]. 416
— — [n° 12] 462

FRÉMONT (Ch.), Ingénieur : *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement des tuyaux* [n° 11] 401

GARNIER (A.-R.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Sur les cloisonnements pour barres omnibus et sectionneurs dans les installations à haute tension* [n° 3] 101
— *Sur les perfectionnements récents apportés aux commutatrices* [n° 3] 102
— *Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des laminoirs* [n° 8] 303
— *Note sur la protection des édifices contre la foudre* [n° 8] 312
— *Mise en service et entretien des batteries d'accumulateurs Edison* [n° 12] . . 473

GAY (E.) : *Les machines-outils modernes pour le travail des métaux* [n° 1] . . . 16
— — [n° 11] 410
— *Emploi des billes en acier fondu, agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux* [n° 5] 192
— *Un nouveau graisseur* [n° 6] 229

GORGEU (P.), Chef d'escadron d'Artillerie : *Emploi des roulements et des coulissements à billes et à galets dans les machines-outils* [n° 2] 52

GRANDMOUGIN (E.), Professeur à l'École de Chimie de Mulhouse : *L'industrie des composés peroxygénés : peroxydes et persels* [n° 1] 19
— *La fabrication des dérivés nitrés* [n° 6] 217

GUILLET (L.), Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École Centrale des Arts et Manufactures : *Les alliages du cuivre et leurs récents progrès* [*Supplément* au n° 4].

HAGUE (F.) : *Appareil à nettoyer les anneaux de continus* [n° 11] 429

HANRIOT (M.), Directeur des essais à la Monnaie : *Sur l'écrouissage des métaux* [n° 9] 334

IZART (J.), Ingénieur civil des mines : *Sur l'enregistrement des vitesses* [n° 2]. 70
— *Enregistreur de la teneur en poussières pour le gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels* [n° 2] 71
— *Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières* [n° 8] 314

IZART (J.) : *Sur les compteurs de vapeur* [n° 4] 154
— *Compteurs de volume, système Rota, pour gaz* [n° 4] 155

LANGLOIS (J.-P.), Professeur agrégé à la Faculté de Médecine : *La réglementation du travail dans l'air comprimé* [n° 7] 248

LE BESNERAIS (L.), Ingénieur de la Marine : *Influence des dimensions principales et des formes des carènes sur les vitesses réalisées par les navires* [n° 4] 143
— — [n° 5] 175

LE CHATELIER (Henry), Membre de l'Institut : *Le système Taylor* [n° 12] . . . 449

LENOIR (P.), Capitaine du Génie : *Sur une méthode de répartition des suspentes dans la construction des dirigeables souples* [n° 7] 252

LETOMBE (Léon), professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures : *Le moteur d'aviation à la IVe Exposition internationale de la locomotion aérienne.* Conférence. [*Supplément* au n° 2].
— *Méthodes d'essais comparées des machines à vapeur et des moteurs à gaz ou à combustion.* [*Supplément* au n° 6].

LÉVY (L.-Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Analyse systématique des brevets d'invention* [n° 1] . . . 42
— — [n° 3] 121
— — [n° 5] 202
— — [n° 7] 282
— — [n° 9] 361
— — [n° 11] 442

LORDIER (Ch.), Ingénieur civil des mines : *Progrès réalisés dans la métallurgie du zinc dans la Haute-Silésie depuis 1900* [n° 1] 29
— *Etat actuel de l'électrométallurgie du zinc* [n° 5] 170
— *Prix de revient de l'épuration des gaz de hauts fourneaux* [n° 7] 273

LUMET (G.), Chef du Laboratoire d'essais de l'Automobile-Club de France : *Le moteur d'automobile au XIIIe Salon de l'automobile.* Conférence. [*Supplément* au n° 2].
— *La question du carburant à bon marché* [n° 10] 376
— *Les locomotives à hydrocarbures* [n° 12]. 469

MELOT (Léon), Ingénieur de l'Institut industriel du Nord : *Les métiers modernes à tulles et dentelles* [n° 12] . . 451

MONTEIL (C.), Docteur ès sciences, chargé de cours à l'École centrale des Arts et Manufactures : *La turbine à vapeur, système Rateau, de 10 000 à 15 000 kw, des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité* [n° 4]. 129
— *Les turbines à vapeur modernes.* Conférence. [*Supplément* au n° 10].

Digitized by Google

Pages.

MONTPELLIER (J.-A.) : *Locomotive électrique, système Thomson-Houston, de la Compagnie des chemins de fer du Midi* [n° 8]. 295
— *Locomotive électrique, système Westinghouse, de la Compagnie des chemins de fer du Midi* [n° 11]. 408
MULLER (Richard) : *Une usine hydro-électrique d'une puissance de 300 000 ch aux Etats-Unis* [n° 7]. 209
NETTER (J.), ancien élève de l'Ecole Polytechnique : *Application aux locomotives d'un réchauffeur d'eau d'alimentation sur le réseau de l'Etat* [n° 9] . . 347
NOBLE (H.) : *Les machines soufflantes pour aciéries* [n° 8]. 306
PABIN (Lucien) : *Nouvelle classification des locomotives* [n° 11] 420
PILLAUD (H.) : *Déchargeurs de chariots et élévateurs transporteurs* [n° 2] . . . 62
— *Influence de l'âge des animaux sur la digestibilité des aliments* [n° 2] . . . 63

Pages.

PILLAUD (A.) : *Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur* [n° 5] 189
— *Distributeur « Le Fongicide »* [n° 5] . 190
— *La créatinine, ses effets dans le sol sur la croissance et l'absorption* [n° 8]. 311
— *Les machines au concours général agricole* (février 1913) [n° 9]. 343
— — [n° 10]. 387
— *L'action de l'acide sulfurique sur les plantes* [n° 12] 468
— *L'influence sur la végétation de la lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure* [n° 12] 468

RATEAU (A.), Ancien professeur à l'Ecole nationale supérieure des mines : *Les turbines à vapeur modernes.* [*Supplément* au n° 10].

SABOURIN (A.) : *Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat belge* [n° 1 24

Pages.

SABOURIX (A.) : *Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistantes développés dans la traction des trains* [n° 9] 348
— *Véhicules de chemins de fer à essieux non parallèles* [n° 10]. 393
SYLVESTRE (V.) : *Le métier continu à filer, application de la commande électrique et réglage périodique du nombre de tours* [n° 2] 49
— — [n° 3]. 89
— *Les groupes turbo-alternateurs de 10 000 et 20 000 ch de la Société d'électricité de Paris à Saint-Denis* [n° 12]. 457

VARINOIS (M.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Principales causes du bruit des engrenages* [n° 1] 23
VIDAL (A.), Ingénieur civil des Mines : *La taxation des mines dans les divers pays* [n° 9] 367

TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

Pages.

PLANCHE I. — Les nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 1]. . 8
PLANCHE II. — Le transatlantique *Rochambeau* [n° 2]. . . . 56
PLANCHE III. — Les chaufferies des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 3] 96

Pages.

PLANCHE IV. — La turbine à vapeur (système Rateau) des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité [n° 4]. . 136
PLANCHE V. — Usine hydro-électrique d'une puissance de 300 000 ch aux Etats-Unis [n° 6] 212

Digitized by Google

TABLE DES SOMMAIRES DU PREMIER SEMESTRE DE 1913

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er JANVIER 1913

MINES. — *Manœuvre des machines d'extraction à vapeur*, par P. DROSNE (p. 1).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (Planche I)*, par S. G. (p. 5).

CHEMINS DE FER. — *Nouvelle locomotive électrique de 1 500 ch de la Compagnie des chemins de fer du Midi*, par B. L. (p. 9).

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Les machines-outils modernes pour le travail des métaux (suite et fin)*, par E. GAY (p. 16).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie des composés peroxygénés : peroxydes et persels*, par E. GRANDMOUGIN, Professeur à l'École de chimie de Mulhouse (p. 19).

CHRONIQUE. — Principales causes du bruit des engrenages (p. 23). — Ergomètre d'inertie employé pour l'essai des trains en marche sur les chemins de fer de l'Etat belge (p. 24). — Utilisation industrielle des caséines animale et végétale (p. 25). — Installations hydrauliques de la centrale électrique de la Brillanne (p. 28). — Progrès réalisés dans la métallurgie du zinc dans la Haute-Silésie, depuis 1900 (p. 29). — Apprêts textiles imperméables (p. 33). — Automotrices à accumulateurs avec moteur sur chaque roue (p. 36). — Les murs de quai du port de Bordeaux (p. 36).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 38).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 42).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 48). — Statistiques (p. 48).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 JANVIER 1913

INDUSTRIE TEXTILE. — *Le métier continu à filer (à suivre)*, par V. SYLVESTRE, Ingénieur-électricien A.M. et I.E.G. (p. 49).

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Emploi des roulements et des coulissements à billes et à galets dans les machines-outils*, par P. GORGEU, Chef d'escadron d'artillerie (p. 52).

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME. — *Le transatlantique* Rochambeau, par C. N. (p. 55).

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION. — *La construction en ciment armé des bâtiments de l'usine Nord de la Compagnie parisienne de distribution de l'électricité*, par H. (p. 59).

CHRONIQUE. — Déchargeurs de chariots et élévateurs transporteurs (p. 62). — Influence de l'âge des animaux sur la digestibilité des aliments (p. 63). — Teinture à l'indigo artificiel des filés de coton (p. 63). — Perfectionnement dans la fabrication du minium (p. 64). — Nouvel artifice pour la conservation des bacs en fer galvanisé (p. 64). — Réformes dans l'organisation des services des chemins de fer de l'Etat badois (p. 64). — Fabrication des électrodes en charbon pour l'électrométallurgie (p. 66). — Machine à tailler les engrenages, système Darling and Sellers (p. 67). — Machine à fraiser, système Darling and Sellers (p. 68). — Tour à grande vitesse, système Darling and Sellers (p. 68). — Chaînes de transmission, système Coventry (p. 68). — Tours, système Tangye (p. 69). — Machine à fraiser verticale, système Tangye (p. 69). — Machine spéciale, système Landis, pour le finissage rapide et la rectification à la meule (p. 69). — Tours revolver à décolleter, système Warner et Swasey (p. 70). — Mandrin Taylor à serrage concentrique pour aciers rapides (p. 70). — Sur l'enregistrement des vitesses (p. 70). — Enregistreur de la teneur en poussières pour les gaz des hauts fourneaux et autres gaz industriels (p. 71). — Dégagements lents de grisou (p. 71).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 72).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 80).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Compte rendu des visites-conférences faites à la IVe Exposition internationale de la locomotion aérienne et au XIIIe Salon de l'automobile*, par MM. Léon LEFOMBE, Professeur du cours de machines thermiques à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, et G. LUMET, Chef du laboratoire d'essais de l'Automobile-Club de France.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er FÉVRIER 1913

CHAUFFAGE ET VENTILATION. — *Distribution centrale du chauffage dans les villes*, par G. R. (p. 81).

HYDRAULIQUE. — *Les installations hydro-électriques norvégiennes pour la fixation de l'azote*, par L. D. F. (p. 86).

INDUSTRIE TEXTILE. — *Le métier continu à filer (suite et fin)*, par V. SYLVESTRE, Ingénieur-électricien A.M. et I.E.G. (p. 89).

MACHINES THERMIQUES. — *La production de la vapeur aux nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (Planche III)*, par B. C. (p. 95).

CHRONIQUE. — Les nouveaux ateliers du Creusot pour l'usinage des canons de gros calibres (p. 98). — Etat actuel de l'industrie du blanchiment du coton (p. 98). — Projet de loi sur l'assurance des employés de commerce et de l'industrie en Allemagne (p. 100). — Sur les cloisonnements pour barres omnibus et sectionneurs dans les installations à haute tension (p. 101). — Sur les perfectionnements récents apportés aux commutatrices (p. 102). — Robinets de jauge de niveau d'eau pour chaudières (p. 104). — Application du thermit anti-soufflures aux lingots d'acier doux (p. 107). — Presse à tréfiler et presse à gabarier de 8 000 t en acier moulé (p. 109). — Nouvelles expériences sur les poussières de houille et sur les moyens de combattre leurs dangers (p. 109). — La téléphonie sans fil dans les mines (p. 112). — Les propulseurs aériens appliqués à la propulsion des bateaux à marchandises (p. 113). — Barrage d'Assouan (p. 114).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 115).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 121).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation industrielle (p. 127).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 FÉVRIER 1913

MACHINES THERMIQUES. — *La turbine à vapeur, système Rateau, de 10 000-15 000 kw des nouvelles usines de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité (Planche III)*, par C. MONTEIL, Docteur ès sciences, chargé du cours de mécanique appliquée à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures (p. 129).

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME. — *Influence des dimensions principales et des formes des carènes sur les vitesses réalisées par les navires*, par L. LE BESNERAIS, Ingénieur de la Marine (p. 143).

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION. — *Les nouveaux matériaux de construction. La construction de maisons par moulage*, par M. DARRAS (p. 147).

CHRONIQUE. — Servo-frein système Boirault (p. 150). — Caractéristiques des locomotives à grande vitesse aux Etats-Unis (p. 151). — Dosage du camphre dans les celluloïds (p. 152). — L'alumine anhydre employée comme substance dessiccatrice (p. 152). — Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide d'une machine électrique (p. 152). — L'hydropulseur (p. 153). — Boulon à ressort et à clavette (p. 153). — Goupille à pose rapide (p. 153). — Sur les compteurs de vapeur (p. 154). — Compteurs de volume, système Rota, pour gaz (p. 155). — Les accidents de moteurs Diesel (p. 155).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 156).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 160).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Les alliages du cuivre et leurs récents progrès*, par Léon GUILLET, Professeur de métallurgie au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er MARS 1913

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Qualification et essai des matières isolantes*, par E.-J. BRUNSWICK (p. 161).

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — *État actuel de l'électrométallurgie du zinc*, par C. LORDIER, Ingénieur civil des Mines (p. 170).

Digitized by Google

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME. — *Influence des dimensions principales et des formes des carènes sur les vitesses réalisées par les navires (suite et fin)*, par M. Le Besnerais, Ingénieur de la Marine (p. 170).

CHRONIQUE. — Hache-fourrage avec ventilateur-élévateur (p. 189). — Distributeur « Le Fongicide » (p. 190). — L'assurance des employés en Allemagne (p. 190). — Emploi des billes en acier fondu, agissant d'une façon analogue à la pression hydraulique, pour l'emboutissage des métaux (p. 192). — Un escalier de grande portée en béton armé (p. 195).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 198).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G. (p. 202).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 208).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 MARS 1913

HYDRAULIQUE. — *Une usine hydro-électrique d'une puissance de 300 000 ch aux États-Unis (Planche V)*, par Richard Muller (p. 209).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *L'usine Sud-Ouest de la Compagnie parisienne de distribution d'électricité*, par S. F. (p. 212).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La fabrication des dérivés nitrés*, par Eugène Grandmougin, Professeur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse (p. 217).

CHRONIQUE. — Véhicules automobiles à transmission électrique, système Balachowsky et Caire (p. 225). — Locomotive sans foyer (p. 226). — Wagons spéciaux pour le transport de certaines marchandises périssables (p. 227). — Truck transporteur de voitures (p. 227). — Capsules et électrodes de tantale (p. 227). — Analyse de l'oléum (p. 228). — Composition de couleurs à l'huile pour enduits de ciment (p 228). — Emploi de condensateurs avec les lampes à filament métallique (p. 228). — Importance de la consommation des compteurs pour les stations centrales électriques (p. 229). — Un nouveau graisseur (p. 229). — Outillage pour le démontage des chemises intérieures de cylindres (p. 230). — Moyen de réaliser un mouvement intermittent par roues dentées en évitant les chocs (p. 230). — Epuration des gaz de hauts fourneaux (p. 230). — Procédé pour prévenir les doubles fils (p. 233). — Nouvelles pinces automatiques de prise de lisières (p. 233).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 234).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 240).

CONFÉRENCES de « La Technique Moderne » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Méthodes d'essais comparés des machines à vapeur et des moteurs à gaz ou à combustion*, par M. Léon Letombe, Professeur du cours de machines thermiques à l'École centrale des Arts et Manufactures. — Allocution de M. Emile Cornuault, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, ancien Président de la Société technique de l'industrie du gaz en France, Administrateur de la Société du gaz de Paris, etc.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er AVRIL 1913

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les dynamos homopolaires*, par L.-V. Bournat (p. 241).

HYGIÈNE INDUSTRIELLE. — *La réglementation du travail dans l'air comprimé*, par J.-P. Langlois, Professeur agrégé de la Faculté de Médecine, Médecin-conseil du ministère du Travail (p. 248).

AÉRONAUTIQUE. — *Sur une méthode de répartition des suspentes dans la construction des dirigeables souples*, par P. Lenoir, Capitaine du Génie (p. 252).

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME. — *Les nouveaux moteurs Diesel marins et en particulier les essais du pétrolier* Juno, par C. N. (p. 254).

MÉTALLURGIE. — *Matériel et outillage mécanique de la fonderie (suite et à suivre)*, par L. Descroix, Ingénieur, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 261).

CHRONIQUE. — Quelques applications industrielles de la chimie des colloïdes (p. 268). — Un nouveau procédé rapide et précis pour doser les traces de fer dans les produits de sucrerie et de raffinerie (p. 268). — Procédé de fabrication de la potasse, de la silice et de l'alumine à partir du feldspath (p. 289). — Procédé de cuivrage galvanique des objets en plâtre (p. 269). — Méthode simple pour déterminer les points de fusion élevés (p. 269). — Dispositif automatique pour la mise à la terre des conducteurs électriques rompus (p. 269). — Variations périodiques de l'intensité lumineuse des lampes à incandescence à filament métallique alimentées par du courant alternatif (p. 270). — Nouvelle utilisation des courants de Foucault (p. 270). — Boite de retenue pour conduite d'eau (p. 271). — Raccords filetés pour jonctions de tuyaux (p. 271). — Tocs de sûreté (p. 273). — Prix de revient de l'épuration des gaz de hauts fourneaux (p. 273).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 277).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G. (p. 282).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Enseignement (p. 288). — Statistiques (p. 288).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 AVRIL 1913

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME. — *Application des moteurs Diesel aux navires de guerre*, par P. Dumanois, Ingénieur de la Marine (p. 289).

CHEMINS DE FER. — *Locomotive électrique, système Thomson-Houston, de la Compagnie des chemins de fer du Midi*, par J.-A. Montpellier (p. 295).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des laminoirs*, par A.-R. Garnier, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 303).

MÉTALLURGIE. — *Les machines soufflantes pour aciéries*, par H. Noble (p. 303).

CHRONIQUE. — La créatinine; ses effets dans le sol sur la croissance et l'absorption (p. 311). — Les explosifs à base d'air liquide (p. 311) — Un procédé de fabrication avec des métaux pulvérulents (p. 312). — Sur le dosage titrimétrique des matières colorantes azoïques au moyen de l'hydrosulfite (p. 312). — Note sur la protection des édifices contre la foudre (p. 312). — Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières (p. 314). — Indicateur de niveau d'eau (p. 316). — Emploi du graphite dans la construction métallique (p. 316).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 316).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Questions économiques (p. 320). — Législation industrielle (p. 320).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er MAI 1913

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des arbres de dynamos*, par L. Bergeron (p. 321).

ESSAIS ET RESISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Définition des modules pour les corps très déformables*, par H. Bouasse, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse (p. 325).

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE. — *La participation aux bénéfices*, par Maurice Bellom, Ingénieur en chef au corps des Mines, Professeur d'économie industrielle à l'Ecole nationale supérieure des Mines (p. 329).

MÉTALLURGIE. — *Sur l'écrouissage des métaux*, par M. Hanriot, Directeur des essais à la Monnaie (p. 334).

— *Matériel et outillage mécanique de la fonderie (suite et à suivre)*, par L. Descroix, Ingénieur, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 339).

AGRONOMIE. — *Les machines au concours général agricole (à suivre)*, par H. Pillaud, Ingénieur-agronome (p. 343).

CHRONIQUE. — Application aux locomotives d'un réchauffeur d'eau d'alimentation sur le réseau de l'Etat (p. 347). — Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains (p. 348). — Machine d'essai type Pacific de l'American Locomotive (p. 350). — Electrification des chemins de fer suédois (p. 351). — Résultats du concours ouvert par le Gouvernement français entre les inventeurs d'appareils d'attelage automatique (p. 352). — Blanchiment du sulfate de baryte d'Auvergne (p. 353). — Machine d'extraction électrique à courant alternatif monophasé (p. 353). — Nouvelle lampe à mercure pour réseaux alternatifs (p. 354). — Le nouveau réservoir de Chingford (p. 354). — Essais de métallurgie électrique effectués en Angleterre pour les métaux autres que le fer (p. 355). — Le métal Monel (p. 355). — Tir électrique des mines (p. 356).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 357).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G. (p. 361).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation industrielle (p. 367).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 MAI 1913

MACHINES THERMIQUES. — *Des perfectionnements apportés au gazogène du type Siemens*, par Paul Cousin, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole des Hautes Etudes industrielles de Lille (p. 369).

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L'). — *La question du carburant à bon marché*, par G. Lumet, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 376).

MÉTALLURGIE. — *Matériel et outillage mécanique de la fonderie (suite et fin)*, par L. Descroix, Ingénieur, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique (p. 380).

AGRONOMIE. — *Les machines au concours général agricole (suite et fin)*, par H. Pillaud, Ingénieur-agronome (p. 387).

CHRONIQUE. — Véhicules de chemins de fer à essieux non parallèles (p. 393). — Lancement des cuirassés *Provence* et *Bretagne* (p. 394). — Le paquebot *Aquitania* (p. 394). — Dynamos-transformatrices du Dr P. Angebaud (p. 394). — Galvanoscilla, système Boucherot (p. 395). — Electromètre, système Debierne (p. 395). — Bolomètre Bela Gati pour la mesure des courants téléphoniques utilisés en radiotélégraphie et radiotéléphonie (p. 396). — Moteurs à combustion interne, système Dingler (p. 396). — Extraction électrolytique du cuivre à partir du minerai (p. 397). — Bronzage de l'acier (p 397). — Epuration des gaz par voie sèche (p. 397). — Les variations de volume du béton (p. 397).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 398).

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 400).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Les turbines à vapeur modernes*, par M. C. MONTEIL, Professeur de mécanique appliquée à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures. — Allocution de M. A. RATEAU, ancien Professeur à l'Ecole nationale des Mines.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er JUIN 1913

MÉTALLURGIE. — *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts*, par Ch. FRÉMONT (p. 401).

TRAVAUX PUBLICS. — *La navigation intérieure en France et à l'étranger*, par L. D. F. (p. 405).

CHEMINS DE FER. — *Locomotive électrique, système Westinghouse, de la Compagnie des chemins de fer du Midi*, par J.-A. MONTPELLIER (p. 408).

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Les machines-outils modernes pour le travail des métaux*, par E. GAY (p. 410).

ELECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les chariots transbordeurs électriques dans les chemins de fer* (*à suivre*), par A. FRÉMEAUX, Ingénieur (p. 416).

CHRONIQUE. — Nouvelle classification des locomotives (p. 420). — L'électrification des chemins de fer de Melbourne (p. 420). — Séparation quantitative du fer et du manganèse (p. 420). — A propos de la charge des soies : un dosage titrimétrique de l'étain (p. 421). — Un succédané industriel de l'acétone (p. 421). — Sur le dosage des matières colloïdales dans les eaux résiduaires (p. 422). — Fabrication des briquettes de charbon avec addition de naphtaline (p. 422). — Les nouveaux instruments électrodynamiques, système J. Carpentier (p. 422). — Appareils de réception de télégraphie sans fil, système Ancel (p. 424). — Décaleur de phases (p. 425). — Appareils téléphoniques automatiques dans les colonnes-affiches à Genève (p. 425). — Application de l'huile à démouler dans le moulage en sable vert des pièces en acier et en fonte (p. 425). — Extraction du goudron de gaz de fours à coke (p. 426). — Quelques effets de pressions de terrains dans les exploitations houillères (p. 427). — La dessiccation des minerais de fer aux mines du Mesabi (p. 427). — Sur le mercerisage (p. 427). — Machine à merceriser en écheveaux (p. 428). — Appareil à nettoyer les anneaux de continus (p. 429). — Sur l'empierrement des chaussées (p. 429).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 430).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 442).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation du travail industriel (p. 448). — Hygiène industrielle (p. 448). — Statistiques (p. 448).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 JUIN 1913

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE. — *Le système Taylor*, par Henry LE CHATELIER, Membre de l'Institut (p. 449).

INDUSTRIE TEXTILE. — *Les métiers modernes à tulles et à dentelles*, par Léon MÉLOT, Ingénieur de l'Institut industriel du Nord (p. 451).

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Les groupes turbo-alternateurs de 10 000 et de 20 000 ch de la Société d'Electricité de Paris à Saint-Denis*, par V. SYLVESTRE (p. 457).

— *Les chariots transbordeurs électriques dans les chemins de fer* (*suite et fin*), par A. FRÉMEAUX, Ingénieur (p. 462).

CHRONIQUE. — Influence sur la végétation de la lumière produite par la lampe électrique à vapeur de mercure (p. 468). — Action de l'acide sulfurique sur les plantes (p. 468). — Les locomotives à hydrocarbure (p. 469). — Désignation des locomotives modernes (p. 472). — Régulateur de pression pour le chauffage à vapeur des trains (p. 472). — Wagon-ambulance des chemins de fer de l'Etat d'Oldenbourg (p. 472). — Mise en service et entretien des batteries d'accumulateurs Edison (p. 473). — La protection des bâtiments contre la foudre (p. 474). — Artifice de montagne pour tourner avec un tour ordinaire une pièce de forme elliptique (p. 475). — Bagues de graissage, système Tête (p. 475).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 476).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 480).

CONFÉRENCES DE « LA TECHNIQUE MODERNE » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Les tendances les plus récentes de la construction navale*, par M. Max BAHON, Ingénieur en chef du Génie maritime, de la Section technique des constructions navales, Professeur du cours de Construction du navire à l'Ecole d'application du Génie maritime.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

TOME VII (Deuxième Semestre 1913)

Digitized by Google

Digitized by Google

LA
Technique Moderne

Revue Bi-Mensuelle des Sciences appliquées à l'Industrie

Directeur-Rédacteur en chef : Georges BOURREY

MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, INSPECTEUR DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE AU MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE

COMITÉ DE RÉDACTION :

APPELL, C ✻, Membre de l'Institut ; Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
BARBET, ✻, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France.
BARBIER, O ✻, Ingénieur-Constructeur ; Président de l'Association des anciens élèves des Ecoles d'Arts et Métiers.
BARBILLION, Directeur de l'Institut Electrotechnique de l'Université de Grenoble.
BEAUGEY, C ✻, Inspr général des Mines ; Dirr honre des Chemins de fer de l'Etat.
BELLOM, ✻, Ingénieur en chef des Mines ; Professeur à l'Ecole Nle Sre des Mines.
BERNHEIM (E.), ✻, Ingénieur en chef au Corps des Mines ; Secrétaire-adjoint du Comité de l'Exploitation Technique des Chemins de fer.
BERTIN, C ✻, Membre de l'Institut ; Directeur du Génie Maritime.
BIETTE (L.), ✻, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées chargé des Services techniques de la voie publique et de l'Eclairage et du Métropolitain de Paris.
BLONDEL (A.), ✻, Membre de l'Institut ; Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ; Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
BOUQUET, C ✻, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.
BOUTILLIER, O ✻, Inspecteur général des Ponts et Chaussées ; Professeur de Travaux publics à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
BRANLY, ✻, Membre de l'Institut.
BREUIL, Chef de section honoraire du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.
CARPENTIER, C ✻, Membre de l'Institut ; Ingénieur-Constructeur.
CELLERIER, Directeur du Lre d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.
CHABRIE, ✻, Professeur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de Paris.
CHAPUIS, O ✻, Ancien Président du Tribunal de Commerce de la Seine.
CHARPY, ✻, Membre correspondant de l'Institut ; Directeur des usines de la Cie de Châtillon-Commentry-Neuves-Maisons.
CHAUMAT, ✻, Sous-Directeur de l'Ecole Supérieure d'Electricité.
CODRON, Professeur à l'Institut Industriel du Nord.
COHENDY, O ✻, Professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Lyon.
COURIOT, O ✻, Professeur d'Exploitation des mines à l'Ecole Centrale.
DAL PIAZ, ✻, Directeur de la Compagnie Générale Transatlantique.
J. DANTZER, Profr de Filature et Tissage au Conservatre Natl des Arts et Métiers.
DARIES, Ingénieur municipal de la Ville de Paris.
DENNERY, O ✻, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Directeur de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.
DROSNE, Ingénieur de MM. Schneider et Cie.
DUMONT, O ✻, Président de l'Association des Industriels de France.
EIFFEL, O ✻, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils et de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
Cte ESPITALLIER, O ✻, Ancien professeur à l'Ecole d'Application de Fontainebleau.
EYROLLES, O ✻, Directeur de l'Ecole spéciale des Travaux Publics.
FRIEDEL, ✻, Ingr en chef des Mines ; Directr de l'Ecole des Mines de St-Etienne.
GABELLE, O ✻, Directeur de l'Enseignement Technique au Ministère du Commerce.
GRANDMOUGIN, Professeur à l'Ecole de Chimie industrielle de Mulhouse.
GUILLET (Amédée), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.
GUILLET (Léon), ✻, Professeur de Métallurgie au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
HALLER, C ✻, Membre de l'Institut ; Professeur à la Faculté des Sciences ; Directeur de l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.
HARLE, O ✻, Directeur des Etablissements Sautter, Harlé et Cie.
Dr HEIM, O ✻, Professeur d'Hygiène au Conservatoire national des Arts et Métiers.
P. JANET, ✻, Directeur du Laboratoire Central et de l'Ecole Supérieure d'Electricité ; Professeur à l'Université de Paris.
JOURDAN, O ✻, Ingénieur des Arts et Manufactures.
KLEIN, ✻, Directeur de l'Institut Commercial de Paris.
KLEINE, C ✻, Inspecteur général des Ponts et Chaussées ; Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
LABBE, O ✻, Inspecteur général de l'Enseignement Technique.
LAFAY, ✻, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
Michel LAGRAVE, O ✻, Inspecteur général honoraire de l'Enseignement Technique.
Dr LANGLOIS, ✻, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris ; Médecin-Conseil au Ministère du Travail.
LEAUTE, O ✻, Membre de l'Institut ; Professeur à l'Ecole Polytechnique ; Administrateur de la Société Industrielle des Téléphones.
LECORNU, O ✻, Membre de l'Institut ; Inspecteur général des Mines ; Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines.
G. LEINEKUGEL LE COCQ, ✻, Ancien Ingénieur hydrographe de la Marine ; Ingénieur-Constructeur spécial de Ponts suspendus et de Ponts à transbordeur.
LETOMBE, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
LINDET, O ✻, Professeur à l'Institut National Agronomique.
LIPPMANN, C ✻, Membre de l'Institut ; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
MARCHIS, Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de Paris.
S. MASSENET, O ✻, Inspecteur Général d'Hydrographie.
MATIGNON, ✻, Professeur de Chimie Minérale au Collège de France.
MAURICE, O ✻, Ingénieur en chef du Génie Maritime ; Directeur de l'Ecole d'Application du Génie Maritime.
MERCIER, O ✻, Directeur général des Mines de Béthune : Président de la Société des Aciéries de France.
METAYER, O ✻, Professeur de Métallurgie à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
MONNIER, ✻, Professeur d'Electricité industrielle à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
A. MOUTIER, ✻, Ingénieur, Chef des Services techniques du Chemin de fer du Nord, Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.
Cte NICOLARDOT, ✻, Chef de Laboratoire à la Section technique d'Artillerie.
NIVOIT, C ✻, Inspecteur général des Mines ; Ancien Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines.
D'OCAGNE, ✻, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ; Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
PAINLEVE, ✻, Membre de l'Institut ; Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
Michel PELLETIER, O ✻, Avocat à la Cour d'Appel de Paris ; Professeur de Législation industrielle à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
QUAEGHEBEUR, Ingénieur de l'Institut industriel du Nord.
REUMEAUX, C ✻, Directeur général des Mines de Lens.
E. SARTIAUX, O ✻, Ingénieur-Electricien.
TAILLEFER, Avocat à la Cour de Paris ; Secrétaire général de l'Association Française pour la protection de la propriété industrielle.
Ct TISSOT. O ✻, Professeur à l'Ecole Navale.
Dr TOULOUSE. ✻, Directeur de l'Ecole des Hautes-Etudes.
Cal VALLIER, O ✻, Membre correspondant de l'Institut.
VIGNON, ✻, Professeur à la Faculté des Sciences et Directeur de l'Ecole de Chimie industrielle de Lyon.
VIOLLE, O ✻, Membre de l'Institut : Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.
WALL, Ingénieur de la Marine aux Chantiers de Saint-Nazaire.
WITZ, Membre correspondant de l'Institut.

TOME VII (Deuxième Semestre 1913)

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1913

Digitized by Google

Digitized by Google

CINQUIEME ANNÉE (2e Semestre). — TOME VII. — N° 1. 1er JUILLET 1913

La Technique Moderne

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

LE TRANSPORT D'ÉNERGIE A 60 000 VOLTS DE GRENOBLE A SAINT-CHAMOND

LIGNE DU DAUPHINÉ-CENTRE

[PLANCHE I.]

Si l'on examine le débit des cours d'eau de la région des Alpes du Dauphiné et ceux de la région du Massif central, on constate que, pendant la période d'hiver, les premiers, alimentés par des glaciers, voient leur débit diminuer beaucoup et cela à partir du mois d'octobre; généralement le mois de janvier est la saison du plus bas étiage, par conséquent la plus critique. Au contraire, pendant cette même période, et sauf quelquefois, pendant certains jours aussi du mois de janvier, les cours d'eau du Massif central, et notamment ceux de la région de la Loire, voient leur débit augmenter et devenir véritablement torrentiel.

Par suite des progrès vraiment prodigieux qui ont été faits pendant ces dernières années, tant dans la construction du matériel électrique à haute tension, que dans la technique des transports de force, on a eu, tout naturellement, l'idée de mettre en parallèle les usines hydrauliques de la région des Alpes avec celles de la région du Massif central, de façon à profiter de la non concordance heureuse de leurs étiages et d'arriver ainsi à une régularisation réciproque de leurs forces hydrauliques.

C'était un problème important et qui pouvait paraître difficile à résoudre, que celui de mettre en parallèle des usines distantes de plus de 200 km l'une de l'autre. On pouvait objecter immédiatement qu'il y aurait d'abord sur une distance pareille une très grande perte en ligne et que, de plus, l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés dans la construction des lignes devant transporter l'énergie, grèveraient l'exploitation de telle façon que toute l'économie du système disparaîtrait. Heureusement, il existe un élément qui vient corriger cette augmentation de prix de revient; c'est que les kilowatt-heures disponibles dans la région des Alpes peuvent, en raison précisément de leur grand excédent, être acquis à un prix extrêmement réduit.

On sait que l'Energie Électrique du Centre exploite, outre le secteur du Cher (qui n'est pas actuellement encore intéressé à la solution du problème posé), les réseaux de Saint-Etienne (30 000 v) et du Roannais (20 000 v) au moyen de courant triphasé 50 périodes, fourni par différents usines hydrauliques ou thermiques situées dans le bassin de la Loire.

Guidée par les considérations qui précèdent, afin d'accroître le développement du secteur de Saint-Etienne et de réaliser la jonction de ce secteur avec celui du Roannais, l'Énergie Électrique du Centre se préoccupa d'acheter, dans le bassin de l'Isère, l'énergie électrique disponible et d'étudier la construction d'une ligne qui transporterait cette énergie dans les régions intéressées.

Elle conclut, à cet effet, des accords, d'une part pour achat d'énergie, avec la Société d'éclairage et de force motrice de la Ville de Grenoble, avec la Société de Fure et Morge à Vizille, avec la Société hydro-électrique de l'Eau-d'Olle et, d'autre part, pour le transport de cette énergie, avec la Société anonyme des lignes électriques. Cette Société a fait construire, par MM. A. Giros, Loucheur et Fougerolle frères, la ligne dite : Dauphiné-Centre.

Cette ligne, cédée à bail, avec droit de rachat, à l'Energie Electrique du Centre, a permis de transporter, jusqu'aux régions de la Haute-Loire et du Roannais, l'énergie produite notamment par les usines de la Roizonne et de l'Eau-d'Olle : la première est située à Pont-Haut, sur la Roizonne, affluent du Drac, à 43 km en amont de Grenoble; la seconde, près du confluent de l'Eau-d'Olle et de la Romanche, autre affluent du Drac.

Toutes deux alimentent, à la tension de 26 000 v, en courant triphasé 50 périodes, des lignes de transport d'énergie qui aboutissent à Grenoble, à la sous-station de transformation du Drac, point de départ de la ligne Dauphiné-Centre. L'une de ces lignes (Roizonne-Grenoble) a été construite par la Société des lignes électriques en même temps que la ligne Dauphiné-Centre et dans les mêmes conditions.

La ligne Dauphiné-Centre s'étend sur une longueur de 117 km. Elle prend le courant à la sous-station de Grenoble à 60 000 v, et aboutit au poste de Saint-Chamond, où cette tension est abaissée par des transformateurs à 30 000 v, tension du secteur stéphanois.

Elle a été mise provisoirement en service à 30 000 v au mois d'avril 1910; au 30 juin 1910, la puissance transportée par elle était environ le quart de celle pour laquelle elle est prévue et qui est de 15 000 ch. C'est seulement en août 1910 qu'elle a été mise définitivement à 60 000 v, et depuis lors, son service a donné toute satisfaction. Le nombre de kilowatts-heures transportés par cette ligne a atteint 130 000 par jour au cours de l'été 1911, et la puissance a atteint 7 000 kw instantanés, soit environ 10 000 ch. En décembre 1911, la ligne de Chazelles-sur-Lyon à la Vourdiat assurait la jonction entre les secteurs de Saint-Etienne et du Roannais, par le poste de transformation 30 000/20 000 v installé à l'usine hydro-électrique de La Vourdiat; depuis cette époque, ces deux réseaux sont alimentés partiellement par les usines génératrices des Alpes, en se prêtant un mutuel appui.

La fourniture de tout le matériel électrique nécessaire aux postes de Grenoble et de Saint-Chamond a été confiée à la Société d'électricité Alioth (actuellement Compagnie Électro-Mécanique), qui avait à son actif le plus grand transport de force d'Europe, celui des Forces motrices de Brusio (Lombardie) à 50 000 volts triphasé.

D'autre part, la Société d'électricité Alioth a fourni à la Société hydro-électrique de l'Eau-d'Olle, spécialement pour l'alimentation de la sous-station de transformation du pont du Drac à Grenoble, un alternateur triphasé à pôles alternés, induit fixe et champ

Digitized by Google

tournant (Pl. I, fig. 1.) construit pour la puissance normale de 4500 KVA à la tension composée de 4000 volts 50 périodes. Cet alternateur est à deux paliers à refroidissement par circulation d'huile. La circulation d'huile est obtenue à l'aide d'une petite pompe centrifuge actionnée par courroie par l'alternateur lui-même. Celui-ci est accouplé directement par manchon élastique à une turbine hydraulique de 5000 ch, tournant à la vitesse de 375 tours par minute. Le moment de giration de la partie tournante est de 35000 kgm².

L'excitation se fait séparément à la tension de 110 volts.

Le cahier des charges fixait les garanties suivantes :

Charge.	4/4	3/4	2/4
Rendement à cos $\varphi = 1$ . . .	95,5 °/₀	95,0 °/₀	94,0 °/₀
— cos $\varphi = 0,75$ . .	94,0	93,5	93,0

Élévation de tension en passant de la marche à pleine charge à la marche à vide, l'excitation restant constante :

9 °/₀ pour cos $\varphi = 1$,
23 °/₀ pour cos $\varphi = 0,75$.

Échauffement 50° C au-dessus de la température ambiante après vingt-quatre heures de marche à pleine charge.

La machine peut débiter, pendant deux heures et sans échauffement dangereux, une puissance de 5400 KVA, soit une surcharge de 20 °/₀.

Les diagrammes et les essais effectués ont permis de constater que non seulement toutes les garanties sont maintenues, mais qu'elles sont en partie surpassées.

Le stator en fonte, d'un diamètre extérieur de 3100 mm, est en deux pièces et renferme la masse active de 1100 mm de largeur, constituée par des tôles de toute première qualité avec un grand nombre de canaux de ventilation. L'enroulement haute tension est placé à l'intérieur de caniveaux de micanite placés dans des rainures semi-fermées. Les enroulements sont calés entre eux et la masse pour éviter les effets de courts-circuits. La roue polaire et les pôles sont venus d'une pièce en acier coulé, fixée à la presse hydraulique sur l'arbre en acier Siemens-Martin.

L'enroulement inducteur est constitué par du cuivre plat enroulé sur champ; les bobines glissées sur les pôles sont maintenues par les plaques polaires vissées. Toutes les mesures nécessaires ont été prises pour que le rotor et l'enroulement puissent résister aux efforts de la force centrifuge, à la vitesse périphérique de 40 m à la seconde lors de l'emballement de la turbine.

Cet alternateur débite sur un transformateur triphasé à bain d'huile système Alioth et sur plusieurs transformateurs système « Westinghouse » installés en 1911. Le transformateur « Alioth », fourni en même temps que l'alternateur, est du type à bain d'huile refroidie par circulation d'eau à l'extérieur de la partie supérieure, pourvue dans ce but de nervures recouvertes d'une chemise en tôle constamment remplie d'eau courante.

Les garanties imposées pour ce transformateur sont les suivantes :

Puissance normale en service continu : 2250 KVA.

Rapport de transformateur : 4000/26000 ou 4000/27300 volts.

Rendements : 98 °/₀ à pleine charge et 97,6 °/₀ à demi-charge; cos $\varphi = 1$ et 26000 volts.

Chute de tension de la marche à vide à la marche en pleine charge, à 27300 volts : 1,1 °/₀ pour cos $\varphi = 1$, et 4 °/₀ pour cos $\varphi = 0,8$.

L'échauffement admissible en pleine charge continue est de 50° C au-dessus de la température ambiante, en utilisant pour le refroidissement 40 litres d'eau par minute à 15° C. En cas d'arrêt de la circulation d'eau, le transformateur peut supporter une marche de trente minutes à demi-charge, sans échauffement dangereux.

La surcharge est de 25 °/₀ pendant deux heures, ou 25 °/₀ pendant quatre heures en doublant la quantité d'eau de refroidissement. Momentanément, elle peut être de 100 °/₀.

Essai d'isolation : 40000 volts pendant dix minutes entre primaire et secondaire et secondaire et masse; 8000 volts entre primaire et masse.

Ce transformateur, tel qu'il a été exécuté, a complètement satisfait sous tous les rapports à ces conditions.

Poste de transformation 26000/60000 volts de Grenoble.

Ce poste de transformation construit aux portes de Grenoble sur la rive gauche du Drac (Pl. I, fig. 2, 3, 4 et 5), est destiné à élever, à 60000 volts, le courant qu'elle reçoit à 26000 volts des usines hydro-électriques de l'Eau-d'Olle et de la Roizonne. La figure 2 de la planche I représente le schéma complet du montage de ce poste, qui se compose :

1° De deux arrivées 26000 volts de l'Eau-d'Olle ;

2° D'une arrivée 26000 volts de la Roizonne.

Chacune de ces arrivées est protégée contre les décharges atmosphériques et les surtensions au moyen de limiteurs à jet d'eau, de parafoudres à cornes et de limiteurs à rouleaux genre « Würtz ». Un synchronoscope et des lampes de phase permettent de coupler en parallèle ces trois sources d'énergie sur un jeu de barres omnibus 26000 volts. Une série de wattmètres indicateurs, de wattmètres enregistreurs et de compteurs, enregistrent en se contrôlant les uns les autres, l'énergie consommée par Saint-Chamond.

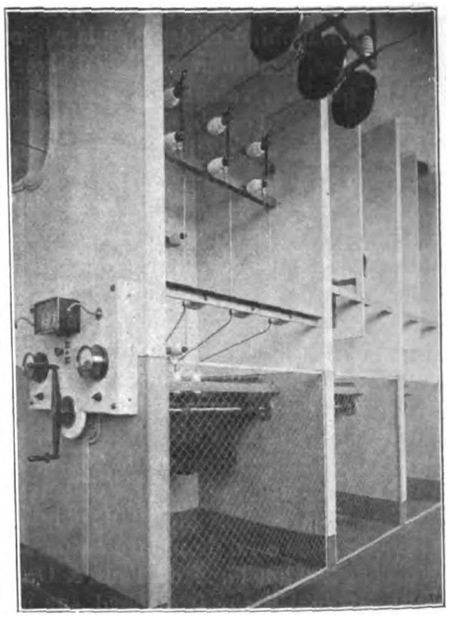


Fig. 1. — Poste de Grenoble. — Cellules des interrupteurs à huile de 4200 KVA-60000 volts à bacs séparés accouplés mécaniquement.

Les barres omnibus 26000 volts débitent sur neuf transformateurs monophasés « Alioth » type à huile à refroidissement par circulatien d'eau. Chaque transformateur est d'une puissance de 1400 KVA. Ils sont branchés en étoile par groupe de trois, formant ainsi trois groupes de 4200 KVA chacun, soit pour l'ensemble de la sous-station une puissance de 12600 KVA. Le neutre primaire et secondaire de chaque groupe est relié à la terre à l'aide d'un éclateur à corne et d'une plaque de terre. Un dixième transformateur monophasé sert de réserve en cas d'une avarie à l'un quelconque des groupes.

Les circuits primaires et secondaires de chaque groupe de transformateurs sont protégés par des interrupteurs tripolaires 26000 volts et par trois interrupteurs unipolaires 60000 volts. La figure 1 montre le montage dans les cellules des interrupteurs à huile 60000 volts d'un même groupe, qui sont accouplés mécaniquement avec l'interrupteur à huile 26000 volts et commandés par le même dispositif d'enclenchement, afin de permettre la coupure simultanée du circuit primaire et du circuit secondaire.

Le déclenchement des interrupteurs est à maxima par relais à action différée réglable. Les relais sont alimentés par les secondaires de transformateurs d'intensité branchée sur les 26000 volts

Digitized by Google

et le courant d'alimentation des bobines de déclenchement des interrupteurs est du courant continu 120 volts produit par un petit groupe de transformation et une batterie d'accumulateurs.

Des lampes de position alimentées par le circuit auxiliaire indiquent à chaque instant si un interrupteur est ouvert ou fermé.

Les trois groupes de transformateurs alimentent les barres 60000 volts, sur lesquelles viennent aboutir les deux départs de Saint-Chamond.

En raison de la tension élevée de 60000 volts, de l'importance de l'énergie à transporter, de la longueur relativement grande de la ligne haute tension traversant une région où les orages sont très fréquents, la Société Alioth a étudié d'une manière très approfondie le système de protection du poste contre la foudre et les surélévations de tension résultant de l'exploitation même.

Sur la figure 1 et sur le schéma de la figure 2 (Pl. I), nous voyons des bobines d'induction montées avant et après chaque groupe de transformateurs. Ces bobines sont prévues pour amortir les surtensions qui se produisent lors de l'enclenchement ou du déclenchement ; en outre, nous avons vu que le neutre primaire et secondaire de chaque groupe est à la terre par un parafoudre à corne réglé en conséquence, et dérivant les surtensions qui pourraient arriver encore jusqu'aux transformateurs, malgré toutes les autres précautions. Ce dispositif de mise à la terre accidentelle d'une conduite nécessite, il est vrai, un isolement très soigné de l'installation et surtout de la ligne de transport à grande distance; mais cette condition est précisément une garantie pour la bonne exécution et le maintien en bon état de l'installation.

Entre les interrupteurs des lignes de départ et la sortie de ces dernières de la sous-station est placée sur chaque pôle une bobine de self-induction, dont le but est d'amortir les surtensions avant les transformateurs et de les dériver vers les limiteurs de tension proprement dits. Ces bobines d'induction sont fabriquées exclusivement avec des matériaux incombustibles. Elles sont constituées par un ruban de cuivre, de dimensions correspondant à l'intensité, enroulé sur un noyau de laiton avec interposition de matériel isolant entre spires, de façon à former une bobine de 60 spires environ, d'une rigidité assez grande pour empêcher le déplacement des spires. Cette rigidité est nécessitée par les grands efforts mécaniques auxquels sont soumises ces bobines, lors de variations brusques d'intensité ou de tension.

Comme limiteurs de tension proprement dits, on a installé trois différents types d'appareils, dont chacun a un but bien déterminé.

Il n'existe pas aujourd'hui, comme on le sait, de dispositifs protégeant d'une façon efficace les lignes contre les coups de foudre directs. Mais un tel accident se produit si rarement, même sur un réseau étendu, que l'on ne peut considérer une installation en danger par ce fait. Par contre, les lignes sont souvent atteintes par l'une des nombreuses ramifications d'une décharge atmosphérique à la terre ou entre deux nuages. Comme protection contre ces phénomènes, on a installé des parafoudres à cornes réglés à 65 mm environ (Pl. I, fig. 2).

En série avec ces cornes, on a installé des résistances hydrauliques pour maintenir dans une limite raisonnable l'intensité de court-circuit lors d'une décharge simultanée par plusieurs cornes.

Un autre danger réside dans les surélévations de tension produites par les effets d'induction de décharges atmosphériques dans le voisinage des lignes, ou par la charge statique provenant du contact des lignes avec des couches atmosphériques chargées elles-mêmes statiquement. Suivant les circonstances, ces surtensions peuvent ou bien engendrer un courant à très haute fréquence, ou bien charger statiquement la ligne; il est donc nécessaire de rétablir l'équilibre, si l'on veut éviter des décharges qui mettraient en danger les machines et l'appareillage. C'est dans ce but qu'on a installé les parafoudres à rouleaux plus sensibles que les parafoudres à cornes, et qui ne sont pas mis hors service par des décharges se succédant rapidement. Ces parafoudres sont également combinés avec des résistances non inductives, pour limiter l'intensité du courant dérivé. La figure 2 représente ces parafoudres pour un pôle; en haut, on aperçoit un petit éclateur à corne, et une première série de résistance en carborandum. Pour la tension de 60 000 volts, ces appareils, comme on le voit, prennent une grande importance. Enfin, chaque variation de tension ou d'intensité donne lieu à des surélévations de tension qui, suivant les circonstances, peuvent être très importantes. Elles ne peuvent être rendues inoffensives par les deux systèmes précédents de parafoudres, car elles se produisent continuellement et, de plus, leur périodicité est très peu supérieure à la périodicité normale, de sorte qu'elles ne peuvent franchir que difficilement les distances dans l'air qu'on voudrait leur opposer. La mise constante des lignes à la terre au moyen d'un jet d'eau de dimensions déterminées, constitue une protection très efficace contre ces surtensions (fig. 3).

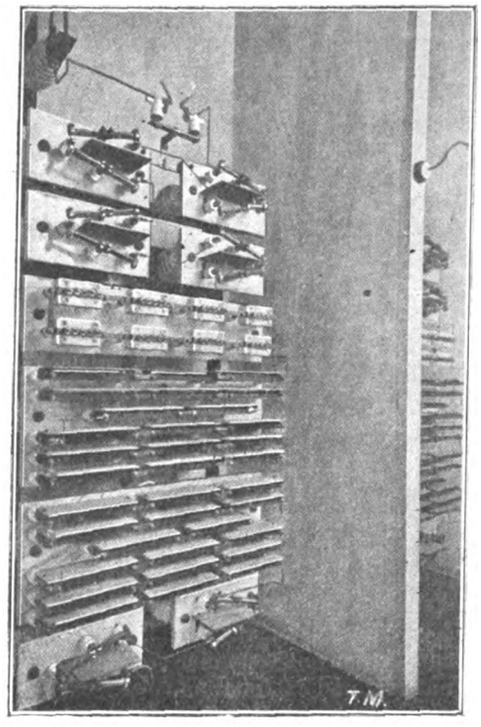


FIG. 2. — Poste de Grenoble. — Batterie de parafoudres à rouleaux, système Alioth (60 000 volts).

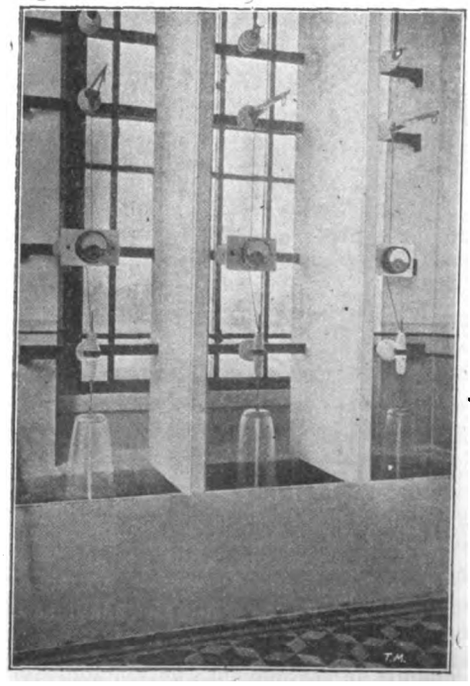


FIG. 3. — Parafoudre à jet d'eau pour 60 000 volts.

Les appareils installés sont à jet d'eau ascendant de 55 cm de longueur environ et de 1 cm de diamètre, ce qui donne à peu près un courant de circulation de 1/10 d'ampère par jet.

L'eau nécessaire est fournie à une pression de 8 m. Des ampèremètres sont branchés directement dans les circuits allant au jet d'eau; non seulement ils permettent de contrôler le courant traversant les

Digitized by Google

jets, mais ils jouent le véritable rôle d'indicateurs de pertes à la terre, toute réduction de l'intensité dans une phase dénotant une mauvaise isolation dans l'installation.

Chacun des différents parafoudres installés peut être mis hors

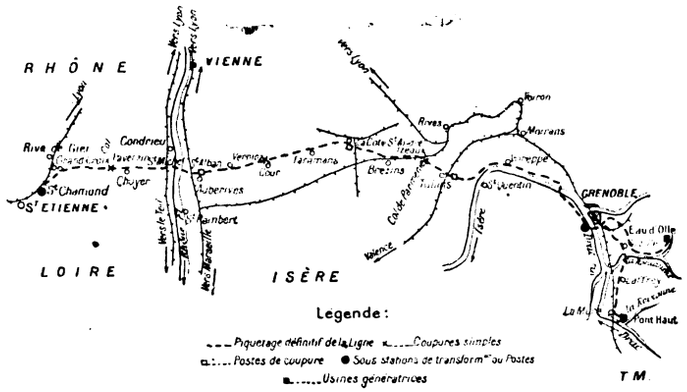


FIG. 4. — Plan du tracé de la ligne Dauphiné-Centre.

fonction au moyen de couteaux de sectionnement. D'autres couteaux sont installés directement avant la sortie des lignes pour protéger l'installation dans le cas de courant de retour; enfin d'autres couteaux permettent de brancher les lignes, après leur sortie du poste, sur une barre commune de mise à la terre, afin de pouvoir travailler sur la ligne en toute sécurité pendant un arrêt de l'exploitation.

Les figures 3, 4 et 5 de la planche I permettent de se rendre compte comment est exécutée l'installation de l'appareillage et des transformateurs.

Toutes les parties métalliques du poste qui ne sont pas parcourues par du courant, sont réunies entre elles et soigneusement mises à la terre.

Le fait que toute l'installation fonctionne sans accidents, nuit et jour, depuis 1910, même à l'époque des grands orages, permet de conclure à l'efficacité des appareils de protection installés.

TRACÉ DE LA LIGNE 60 000 VOLTS (fig. 4). — Nous avons vu que la ligne Dauphiné-Centre s'étend sur une longueur de 117 km, entre la sous-station de Grenoble que nous venons d'étudier et celle de Saint-Chamond que nous verrons par la suite.

Sur tout le parcours de cette ligne, il n'existe qu'un seul poste de coupure pouvu d'interrupteurs à huile; c'est celui de la Côte Saint-André, situé à peu près au milieu du parcours. Il y a en outre deux autres postes de coupure, à Tullins et à Auberives,

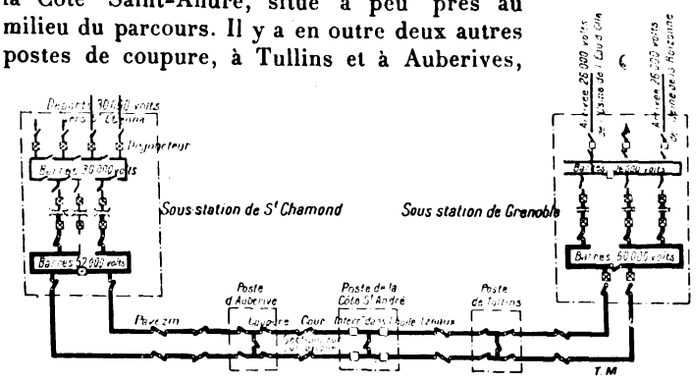


FIG. 5. — Schéma de la ligne Dauphiné-Centre.

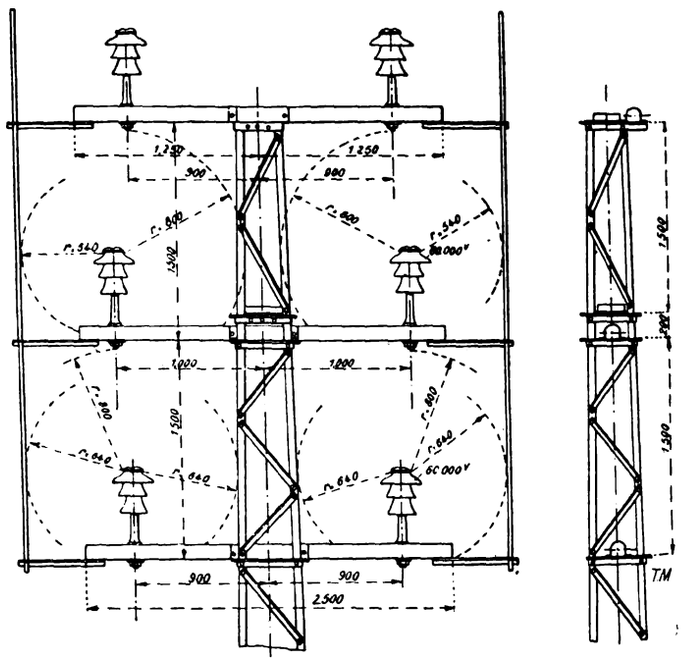
munis de sectionneurs ne fonctionnant jamais en charge, mais qui permettent, lorsqu'un défaut s'est produit, de le localiser et de mettre hors circuit la partie de ligne avariée (fig. 5).

Enfin, des pylônes de sectionnement sont placés aux points dangereux, c'est-à-dire au col de Parménie, à Cour et au col de Pavezin. Leur rôle est de sectionner au besoin les lignes, mais non pas d'effectuer entre elles une combinaison quelconque.

En quittant la sous-station du Drac, la ligne suit d'abord la rive gauche de cette rivière. Elle traverse bientôt l'Isère à l'embouchure du Furon, emprunte différentes digues et franchit successivement le canal du Palluel, la Roise, la Morge et la Fure. A Tullins se trouve le premier poste de coupure, puis la ligne traverse le chemin de fer de Grenoble à Valence et arrive au col de Parménie (point de sectionnement). Elle rencontre ensuite, à Izeaux, la ligne de chemin de fer de Saint-Rambert à Rives et un tramway aboutissant à la Côte-Saint-André, près du poste de coupure principal du même nom, où elle pénètre peu après. Elle passe ensuite par le Trievoz, Faramans et traverse, avant d'arriver au village de Cour (point de sectionnement), les lignes de transport d'énergie de la Société générale de Force et Lumière, et celles du Vercors.

A la sortie du village de Cour, la ligne est établie sur un chemin de grande communication, du côté où se trouvaient primitivement les lignes télégraphiques, l'autre côté étant occupé par les lignes d'énergie de force et lumière.

Le tracé passe par Vernioz, Auberives (poste de coupure),



(*Vue de la face des isolateurs et garde-fils montés*). (*Vue de côté, avant le montage des isolateurs et garde-fils*).

FIG. 6. — Pylône d'alignement (armement simple).

rencontre la ligne de chemin de fer de Lyon à Marseille, puis traverse le Rhône.

La ligne entre alors dans le département de la Loire et pénètre en propriétés privées, qu'elle ne quitte pour ainsi dire plus jusqu'au point terminus, qui est le poste de Saint-Chamond.

Dans cette dernière partie du trajet de la ligne, les points intéressants sont d'abord la traversée, à Saint-Michel, du chemin de fer de Lyon au Teil, le passage au col de Pavezin (point de sectionnement) et la traversée de la voie ferrée de Lyon à Saint-Etienne. La ligne arrive enfin à Saint-Chamond, sous-station de transformation terminus.

LA LIGNE. — La ligne aérienne se compose de deux circuits triphasés capables de transporter une puissance de 15 000 ch à 60 000 volts, et disposés en trois nappes horizontales de deux conducteurs. La distance horizontale des deux conducteurs d'une même nappe varie de 1^m,50 à 1^m,80 et la distance verticale entre deux nappes est de 1^m,50 au minimum (fig. 6).

Cette ligne devait être en cuivre, dans le projet primitif, mais

Digitized by Google

l'aluminium présentant la même sécurité et permettant de réaliser sur la ligne en cuivre une économie de 15 °/₀ environ, il a été adopté. Toutefois, en certains points spéciaux, où les portées sont supérieures à 150 m, on a préféré utiliser le bronze phosphoreux. Chacun des six câbles que supportent les pylônes est constitué par dix-neuf fils toronnés, en aluminium à 99,5 °/₀, dont la charge de rupture est de 22 kg par millimètre carré. Le diamètre de l'un des fils élémentaires est de 224/100 mm, et la section totale du conducteur est de 88 mm².

Le travail maximum auquel sont soumis les câbles est de 7 kg par millimètre carré, ce qui assure un coefficient de sécurité au moins égal à 3. Cependant, pour les traversées de chemins de fer, on a prévu un coefficient de sécurité plus grand : il a été pris égal à 10, d'après les règlements en vigueur pour ces points spéciaux.

D'autre part, en même temps qu'était construite la ligne à 60 000 volts de Saint-Chamond à Grenoble (sous-station du Drac), on reliait cette sous-station à l'usine de Pont-Haut, par une ligne aérienne de 26 000 volts qui traverse le Drac.

Trois traversées de rivières ont donc dû être effectuées : celles du Rhône, de l'Isère et du Drac, les portées aux différents points de traversée sont respectivement de 300 m, 265 m et 175 m.

La traversée a été réalisée dans les mêmes conditions en ces trois points, tout au moins au point de vue des conducteurs. Ceux-ci sont en bronze phosphoreux, dont la charge de rupture a pour valeur 80 kg par millimètre carré. Chacun d'eux est constitué encore par dix-neuf fils toronnés, dont le diamètre est égal à 260/100 mm, d'où 100 mm² pour section totale. Le travail maximum qui leur est imposé est de 16 kg par millimètre carré, ce qui donne un coefficient de sécurité égal à 5.

Un point très intéressant à signaler est la jonction des câbles en aluminium; cette jonction a été faite en introduisant chacune des extrémités des câbles dans un tube en aluminium recuit, de 45 cm de longueur et 3 mm d'épaisseur, puis on tord fortement celui-ci autour de son axe, cinq ou six fois. L'adhérence ainsi réalisée est suffisante pour assurer un contact électrique et mécanique des plus efficaces.

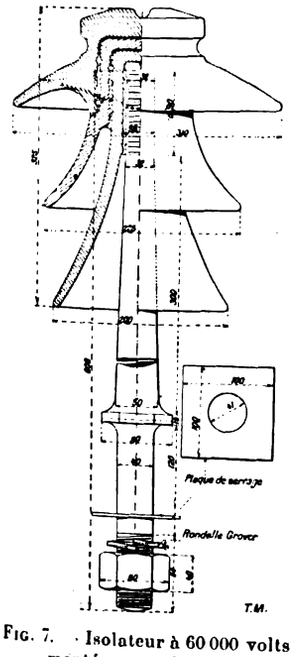


Fig. 7. — Isolateur à 60 000 volts monté sur sa ferrure.

Les isolateurs. — Les isolateurs sont d'un type unique constitué par trois cloches en porcelaine travaillées séparément et réunies par scellement. La figure 7 en indique les dimensions ainsi que celles des ferrures sur lesquelles ils sont montés; celles-ci sont scellées dans la cloche inférieure.

Les isolateurs, une fois montés et scellés, ont été éprouvés à une tension alternative de 137 500 volts, sans que l'arc s'amorce. D'autres essais ont montré que, sous une pluie de 10 mm tombant sous un angle de 45°, il se produisait des effluves à 93 000 ou 93 500 volts et un arc à 118 000 volts. Au point de vue mécanique, les isolateurs sont capables de résister à un effort horizontal de 950 kg appliqué à la gorge.

Les pylônes. — Les supports de la ligne Dauphiné-Centre sont des pylônes métalliques en treilles système Bouchayer et Viallet. Ils sont répartis le long de la ligne à des intervalles variant entre 60 et 100 m.

Les pylônes d'angle et ceux qui sont armés en drapeau (six conducteurs sur une même rangée verticale) ont des garde-fils simples et tiges de fer rond, verticales, maintenues par des bagues soudées et des fers en U qui prolongent les traverses en bois. Les pylônes à armement double supportent six traverses et celles-ci sont disposées symétriquement par rapport à l'axe du pylône. Au contraire, la symétrie n'est pas parfaite dans les pylônes à armement simple ou en drapeau. On voit par exemple, sur la figure 6, que la traverse supérieure n'est pas dans le plan des deux autres. De même, dans l'armement en drapeau, les cinq traverses inférieures passent par l'axe du pylône, mais la traverse supérieure est déportée, absolument comme dans l'armement simple.

Cette disposition a été adoptée, parce que le sommet de chaque pylône est préparé de façon à recevoir, éventuellement, dans l'avenir, un potelet en bois, pour trois fils supplémentaires.

Le nombre total des pylônes installés est de 1 697, pesant ensemble environ 1 250 t. Les traverses qui supportent les isolateurs sont en chêne ou en hêtre imprégné à la créosote. Les traverses d'angle et celles en hêtre sont frettées. Elles sont fixées sur les pylônes au moyen d'équerres, et la distance verticale qui les sépare est, comme il est dit plus haut, de 1ᵐ,50. Dans l'armement en drapeau cet écart n'est que de 1ᵐ,20.

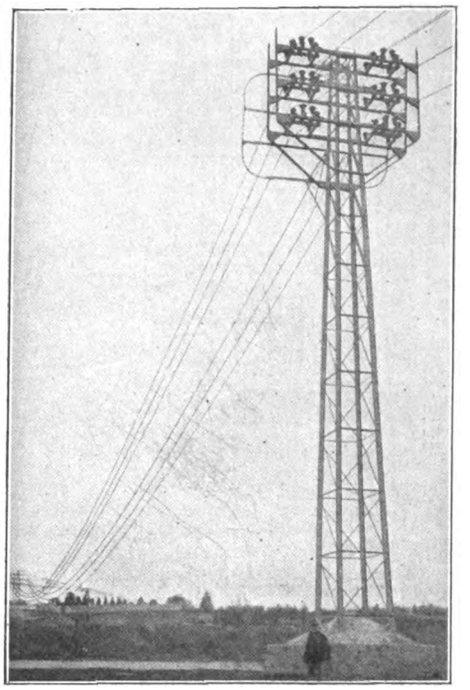


Fig. 8. — Traversée du Rhône à Caudrieu. — Au premier plan, pylône rive droite : longueur, 400 mètres; tension à chaque fil, 1 500 kgs; hauteur des pylônes, 26 mètres.

Traversées de rivières. — Nous avons vu précédemment, en décrivant le parcours de la ligne, que celle-ci effectue la traversée de trois cours d'eau importants.

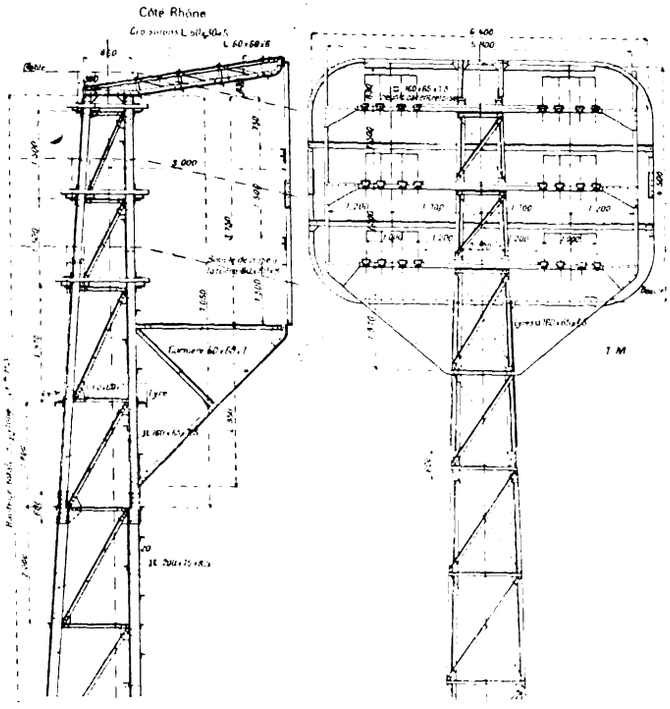
Pour la traversée du Rhône, dont la portée est de 300 m, l'ensemble des deux lignes triphasées exerce sur le pylône de chaque rive un effort de 16 380 kg. La flèche atteint 12ᵐ,5. Aussi les deux pylônes sont-ils de dimensions et de poids inusités. Ils pèsent ensemble 20 t; l'un d'eux, d'une hauteur de 26 m environ, pèse 12 t; l'autre pèse 8 t et a 16 m de hauteur.

Le plus intéressant de ces pylônes est celui de la rive droite du Rhône (fig. 8). Il pèse 12 t et a une hauteur de 26ᵐ,75; la figure 9 en indique les dimensions principales. La partie inférieure est encastrée sur une hauteur de 2ᵐ,25 dans un massif de béton d'une surface de 5 m × 3ᵐ,30 et d'une hauteur de 2ᵐ,50. Ce massif est fondé sur pilotis et radier en béton; une défense en pierres sèches protège le massif de fondations contre les effets des crues et des remous qui en résultent. Ces précautions ont été nécessitées par la nature même du sol, ancien lit du Rhône constitué en majeure partie par du sable.

Dispositif d'attache d'un conducteur. — L'effort total exercé par la ligne sur chacun des pylônes équivaut à 1 730 kg par conducteur.

Digitized by Google

Afin d'éviter le travail excessif des isolateurs, chaque câble est attaché au pylône par l'intermédiaire de 6 isolateurs; il les



(*Vue de côté. Rive droite.*) (*Vue de face. Rive droite.*)

FIG. 9. — Pylône de la traversée du Rhône.

contourne en formant une boucle de forme heptagonale (fig. 10).

Cette figure montre très clairement les détails de ce dispositif. Le câble, après avoir passé dans les gorges des 6 isolateurs, revient s'amarrer sur lui-même. L'effort est donc réparti entre les 6 isolateurs d'une façon parfaitement égale. Ce mode d'attache des conducteurs a été appliqué pour chaque traversée de rivière.

Une autre particularité à signaler sur ces pylônes de traversée, est la boucle de mise à la terre automatique des câbles en cas de rupture. Cette boucle est située à 3 m de l'axe du pylône, du côté du Rhône. Elle affecte une forme rectangulaire de 6m,40 de largeur sur 4m,50 de hauteur et est maintenue à l'écartement indiqué par un système de croisillons.

PYLÔNES DE SECTIONNEMENT. — Il existe sur la ligne, en dehors du poste principal de coupure (la Côte-Saint-André) et des postes de coupure simple (Tullins et Auberives), d'autres points de sectionnement, au col de Parménie (fig. 11) à Cour et au col de Pavezin, points particulièrement délicats en raison des surtensions atmosphériques qui peuvent s'y produire.

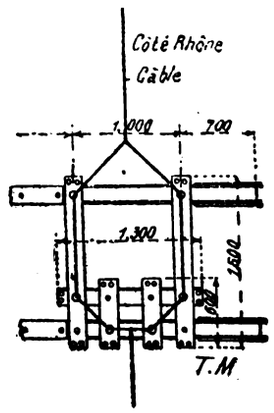


FIG. 10. — Dispositif d'attache d'un conducteur.

En ces points, la coupure ne se fait jamais en charge et elle s'opère simplement au moyen de sectionneurs montés sur pylônes. Ces pylônes portent 6 sectionneurs (fig. 18) que l'on manœuvre au moyen d'une perche.

SOUS-STATION DE TRANSFORMATION DE SAINT-CHAMOND. — Cette sous-station, dite de Saint-Chamond, est construite à Saint-Martin-en-Coailleux, près de la ville de Saint-Chamond. Son but est de ramener la tension 52 000-57 000 volts de la ligne Dauphiné-Centre à 30 000 volts, tension du réseau stéphanois. Cette sous-station se compose de deux bâtiments accolés l'un à l'autre; l'un contient les transformateurs, l'autre l'appareillage et les différents départs.

Le schéma général des connexions est représenté par la figure 6 de la planche I et se compose :

1° Des deux arrivées 52 000/57 000 volts de Grenoble;
2° Des transformateurs 52 000/57 000/30 000 volts;
3° Des départs 30 000 volts vers Saint-Etienne;
4° Des transformateurs 30 000/10 000 volts ou 30 000/5 700 volts et leur départ correspondant.

Chacune des deux arrivées 57 000 volts de Grenoble est protégée contre les décharges atmosphériques et les surtensions comme au départ du poste de Grenoble, c'est-à-dire au moyen de limiteurs à jet d'eau, de parafoudres à cornes, et de limiteurs à rouleaux genre « Würtz ».

Un interrupteur tripolaire dans l'huile permet de coupler en parallèle les deux arrivées. Celles-ci débitent chacune sur trois transformateurs monophasés « Alioth » du type dans l'huile à refroidissement par circulation d'eau. Chaque transformateur est d'une puissance de 1 200 KVA et d'un rapport de transformation de 30 000/17 300 volts. Ces trois transformateurs monophasés sont branchés au primaire et au secondaire en étoile et forment ainsi un groupe triphasé de 3 600 KVA, 52 000/30 000 volts, 50 périodes.

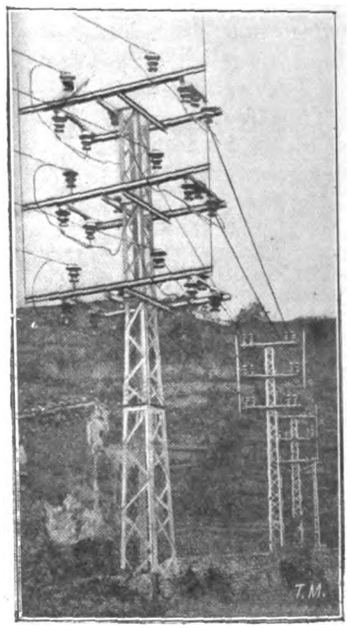


FIG. 11. — Pylône de sectionnement près du col de Parménie.

La quantité d'eau nécessaire au refroidissement de chaque transformateur monophasé est de 23 litres par minute à la température de 22° C. En cas d'arrêt de la circulation de l'eau, les transformateurs peuvent encore fonctionner à pleine charge pendant une demi-heure sans que leur échauffement soit dangereux. Ils peuvent supporter une surcharge de 15 °/₀ pendant trois heures. Ces appareils ont supporté les tensions d'essai suivantes :

45 000 volts pendant dix minutes entre le primaire et le secondaire, et entre le secondaire et la masse, 80 000 volts entre primaire et masse (à chaud).

Leurs rendements ont été trouvés de :

$$\left.\begin{array}{l}98\ \%\text{ à pleine charge}\\ 97{,}5\ \%\text{ à demi charge}\end{array}\right\}\ \text{Cos}\ \varphi = 1.$$

Les chutes de tension entre la marche à vide et la marche en pleine charge :

1,2 °/₀ pour cos $\varphi = 1$
3,5 °/₀ pour cos $\varphi = 0{,}8$.

Les circuits primaires et secondaires de chaque groupe de transformateurs sont protégés par des interrupteurs tripolaires 30 000 volts et par trois interrupteurs unipolaires 52 000 volts. Ces interrupteurs sont du type à huile et sont commandés par le même dispositif d'enclenchement, afin de permettre la coupure simultanée des circuits primaires et secondaires. Le déclenchement s'opère à l'aide de relais à maxima et à action différée réglable (système Alioth), qui ferment les bobines de déclenchement des interrupteurs sur une source auxiliaire de cou-

Digitized by Google

rant continu obtenue à l'aide d'une petite batterie d'accumulateurs et de son groupe moteur asynchrone-génératrice de transformation.

Les deux groupes de transformateurs de 3 600 KVA débitent sur un jeu de barres 30 000 volts, sur lesquels viennent se brancher les départs de Saint-Étienne (fig. 6, Pl. I).

En raison de l'impédance et de la capacité de la ligne, la tension à l'arrivée du poste de Saint-Chamond est variable; or, celui-ci alimentant un réseau très étendu, il a été absolument nécessaire de trouver un dispositif permettant de maintenir constante la tension des départs de ce poste.

Le problème a été résolu par l'emploi d'un régulateur automatique d'induction.

Régulateur automatique d'induction. — Ce régulateur permet de maintenir constante à 30 000 volts la tension sur les barres de départ, alors que la tension sur le secondaire des transformateurs principaux peut varier de 27 000 à 33 000 volts.

Cet appareil est basé sur le principe suivant : si on raccorde le côté primaire d'un moteur asynchrone polyphasé à un réseau et si, en même temps, on empêche, en la maintenant fixe, la partie rotative de tourner, on obtient du côté secondaire une tension proportionnelle à la tension primaire et au rapport de transformation. La phase de cette tension, par rapport à la tension primaire, est définie par les positions réciproques des enroulements primaires et secondaires. Portons sur une droite Ox (fig. 12) un vecteur $OA = E_1$ proportionnel à la tension primaire, le vecteur $AB_1 = e_2$ proportionnel à la tension secondaire et faisant avec Ax un angle qui est le décalage de la tension secondaire sur la tension primaire; joignons OB_1, on obtient une tension résultante E_r qui, suivant la position relative des tensions E_1 et e_2, est supérieure ou inférieure à celles-ci. Il est donc possible d'obtenir, par un déplacement convenable de l'enroulement secondaire par rapport à l'enroulement primaire, avec tension E_1 par exemple constante, une tension E_r et de donner à cette dernière toutes les valeurs que l'on voudra entre les limites $E_r = E_1 + e_2 = OB$ et $E_r' = E_1 - e_2 = OC$, ou bien encore, et c'est le cas qui nous occupe, d'obtenir avec une tension variable de OC à OB une tension constante $E_r = 30\,000$ volts.

Avec ce dispositif, le passage d'une tension à une autre se fait d'une façon continue et sans interruption du courant, la valeur

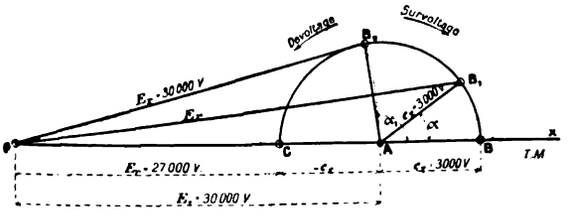


Fig. 12. — Représentation graphique des tensions du régulateur automatique d'induction.

de E_r est donnée dans chaque position par l'addition graphostatique des tensions E_1 et e_2. Dans le triangle OAB_1, on a :

$$E_r = \sqrt{E_1^2 + e_2^2 - 2E_1 e_2 \cos(\pi - \alpha)}.$$

Description du régulateur. — La figure 7 (Pl. I) représente le schéma du montage des appareils et la figure 13 leur installation. En raison de la tension élevée de 30 000 volts, le régulateur d'induction proprement dit RI est alimenté par un transformateur triphasé T_e, et un transformateur triphasé T_{sd} dont le secondaire est en série avec la ligne à régler reçoit le courant du régulateur. L'automaticité du réglage est obtenue à l'aide d'un régulateur Thury R_e, dont la balance voltmétrique est alimentée par le secondaire d'un transformateur monophasé de tension T_m branché sur les barres. Un petit moteur asynchrone triphasé M, asservi par le régulateur Thury, attaque par chaîne le rotor du régulateur d'induction RI.

L'amplitude de rotation du rotor est de 180°, le régulateur est à quatre pôles et la vitesse du régulateur Thury est telle que la course totale s'effectue en vingt secondes par 90 coups de réglage.

Afin d'arriver à un modèle de régulateur d'induction de dimensions réduites, on a utilisé la double période de déplacement de l'induit du régulateur, c'est-à-dire qu'on commence d'abord avec une tension maximum et négative et, avec un déplacement de 90°, on arrive à la tension à zéro ($E_r = E_1$ point B_2, fig. 12) pour atteindre, en continuant la rotation de l'induit jusqu'à 180°, la tension maximum en sens positif (point B, fig. 12).

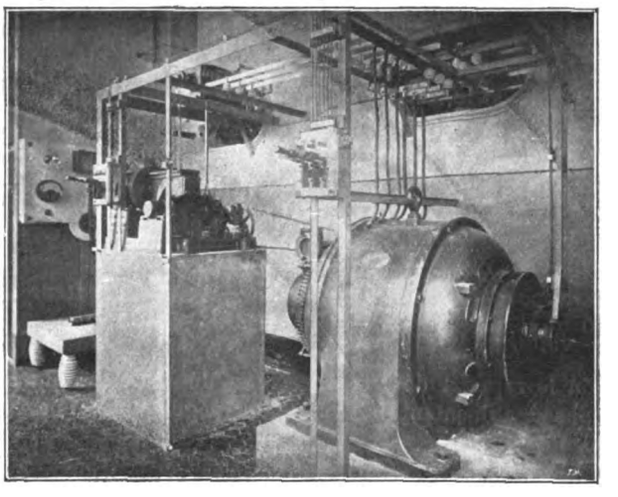


Fig. 13. — Poste de transformation de Saint-Chamond. — Survolteur-dévolteur automatique.

A la position zéro, on inverse l'enroulement primaire du transformateur T_{sd}, afin d'ajouter la tension produite par le régulateur RI toujours dans le même sens. Cette commutation à zéro volt se fait par un commutateur spécial C_m (fig. 7, Pl. I) commandé par le régulateur Thury, et doit se faire exactement à la position de tension nulle du régulateur d'induction.

L'appareillage est très simple ; un interrupteur tripolaire dans l'huile, à déclenchement automatique à maxima par relais à action différée, protège le régulateur contre les phénomènes de self induction et de surcharge qui peuvent se produire. Des sectionneurs convenablement placés permettent d'isoler le régulateur.

Nous avons vu que ce régulateur d'induction avait pour but de maintenir constante à 30 000 volts la tension variable de 27 000 à 33 000 volts, ce qui fait un survoltage ou dévoltage de 10 °/₀. La puissance qui traverse l'appareil est de 4 700 KVA.

Transformateur de ligne T_{sl}. — Le transformateur T_{sl} (Pl. I, fig. 7), dont le secondaire est en série avec la ligne, est du modèle dans l'huile à refroidissement naturel. Sa puissance est déterminée de la façon suivante :

La puissance à survolter ou dévolter est, comme nous l'avons vu, de 4 700 KVA.

La tension devant être maintenue constante à 30 000 volts, le courant par phase sous cette tension est égal à

$$\frac{4\,700 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 30\,000} = 92 \text{ ampères.}$$

Le transformateur T_{sl} est donc parcouru par ce courant de

Digitized by Google

92 ampères, et, comme il doit élever ce courant à + 3 000 volts (valeur du survoltage ou dévoltage), sa puissance réelle sera :

$$P = \sqrt{3}\,UI = \sqrt{3} \times 3000 \times 92 = 470\ KVA.$$

Il est isolé pour 33 000 volts et son rapport de transformation est de 1 000/3 000 volts.

Transformateur d'alimentation du régulateur T_r. — Ce transformateur est monté en dérivation sur la ligne 30 000 volts; il est également du type dans l'huile à refroidissement naturel. Sa puissance est donnée par l'expression :

$$P_r = \frac{\text{Puissance du transformateur } T_{ml}}{\text{Rendement du régulateur} \times \text{rendement de } T_{ml}}.$$

Or, la puissance du transformateur de ligne T_{ml} est, comme nous venons de le voir, de 470 KVA; d'autre part, le rendement combiné du régulateur d'induction et du transformateur de ligne est de 94 %; par conséquent, la puissance du transformateur d'alimentation est :

$$P_r = \frac{470}{0,94} = 500\ KVA.$$

Le rapport de transformation de ce transformateur est de $\frac{30\,000}{500}$ volts.

Enfin le rapport de transformation du petit transformateur monophasé alimentant la bobine du régulateur Thury est de $\frac{30\,000}{100}$ volts.

Station thermique de secours de Saint-Chamond. — La Société d'électricité de Saint-Chamond, qui reçoit son courant du poste de transformation que nous venons d'étudier, a installé à Saint-Chamond une station de secours permettant d'alimenter tout le secteur de Saint-Etienne dans le cas d'un arrêt fortuit de la ligne Dauphiné-Centre.

Cette installation comporte un moteur Diesel à deux temps, quatre cylindres tournant à 167 tours par minute, développant une puissance de 1 000 ch, et un moteur de 2 000 ch, 150 tours du même type, construits et installés par MM. Sulzer frères (fig. 14).

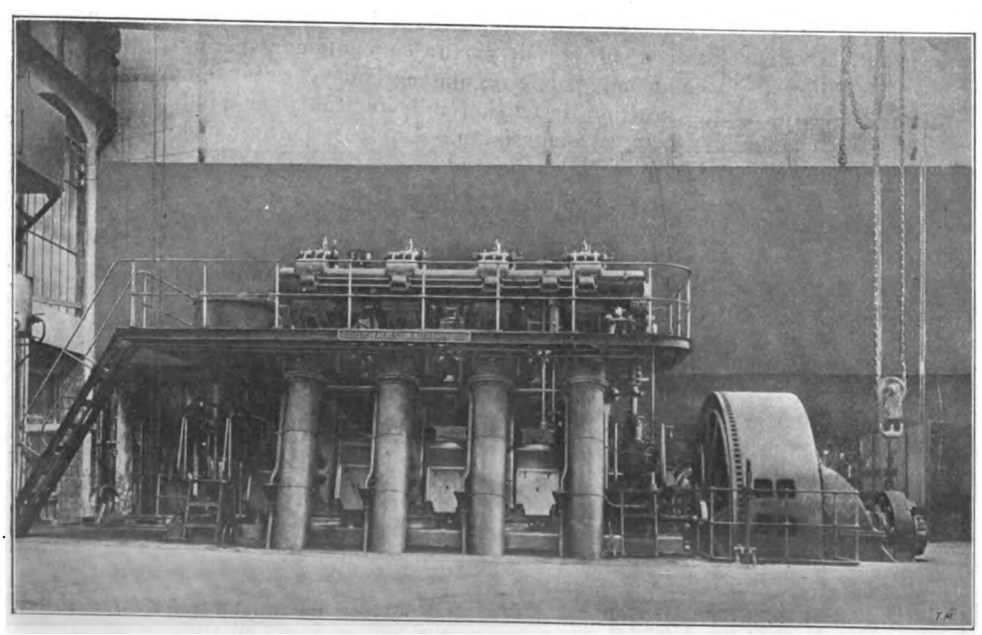


Fig. 14. — Station de secours de Saint-Chamond. — Groupe Diesel-alternateur de 1 000 ch-167 tours. Alternateur triphasé de 920 KVA. 5 700 volts-50 périodes.

Le moteur de 1 000 ch (fig. 14) est accouplé directement à un alternateur triphasé type « Alioth », à partie tournante extérieure capable de débiter une puissance de 920 KVA sur un réseau présentant un facteur de puissance de 0,75, à la tension de 5 700 volts, fréquence 50 périodes. L'excitatrice est montée directement en bout d'arbre, et le rhéostat d'excitation permet, quelle que soit la charge de la machine, une variation de tension aux bornes de 5 000 à 5 700 volts.

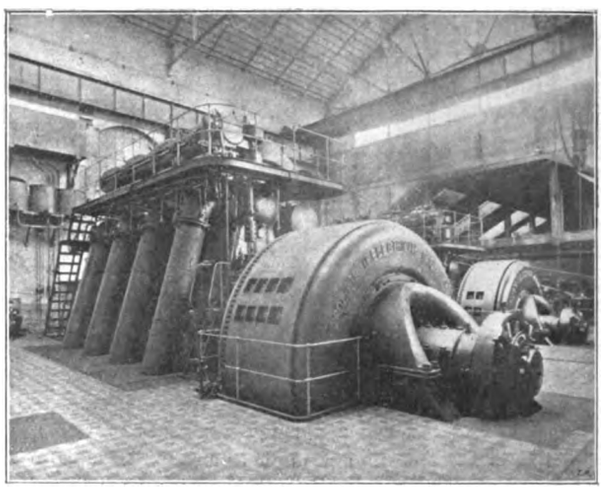


Fig. 15. — Station de secours de Saint-Chamond. — Au premier plan, groupe Diesel-alternateur de 2 000 ch-150 tours; au second plan, groupe Diesel-alternateur de 1 000 ch-167 tours.

Le moteur de 2 000 ch (fig. 15) est également accouplé directement à un alternateur triphasé type « Alioth » à partie tournante extérieure (Pl. I, fig. 8), pouvant débiter une puissance de 1 840 KVA sur un réseau dont le facteur de puissance serait égal à 0,75, les autres caractéristiques étant les mêmes que celles de l'alternateur de 920 KVA, ces deux unités devant marcher en parallèle. A cet effet, les moments d'inertie des rotors des alternateurs ont été déterminés de telle façon que le coefficient d'irrégularité soit égal à 1/250.

Les alternateurs ont été calculés pour pouvoir supporter une surcharge de 20 % pendant deux heures et de 50 % momentanément, sans danger de détérioration pour aucune de leurs parties.

Leurs rendements, excitation comprise, mais non compris les pertes par frottement et ventilation, sont les suivants :

	CHARGE 1/1	CHARGE 1/2
Alternateur de 920 KVA pour cos $\varphi = 1$ . . .	94,5 %	93 %
Alternateur de 1 840 KVA pour cos $\varphi = 1$. . . .	95	93,5

A vitesse et excitation constante pour une décharge brusque de la totalité de la charge, l'augmentation de tension aux bornes ne dépasse pas : 7 % pour cos $\varphi = 1$ et 18 % pour cos $\varphi = 0,75$. Les induits ont été essayés à la tension de 12 000 volts entre les circuits et la masse pendant dix minutes et à chaud.

Les régulateurs des moteurs Diesel assurent un réglage parfait de la vitesse, les écarts ne dépassent pas, pour une variation

Digitized by Google

brusque de charge de 25 °/₀ : 1,5 °/₀ ; de 50 °/₀ : 2,5 °/₀ ; de 100 °/₀ : 6 °/₀, du nombre de tours primitif.

En employant comme combustible une huile d'une puissance calorifique de 10 000 calories par kilogramme, c'est-à-dire correspondant à la composition des huiles de Galicie, les consommations en grammes par cheval effectif et par heure sont les suivantes :

	CHARGE 1/4	CHARGE 2/4	CHARGE 3/4	CHARGE 4/4
Moteur 1 000 HP. . .	310	225	210	210
Moteur 2 000 HP. . .	300	210	195	195

Dans cette installation, on a dû résoudre certains problèmes particuliers aux grandes puissances. Nous signalerons notamment les réservoirs à combustible, la circulation d'eau et l'échauffement.

Pour le combustible qui est amené à l'usine par wagons-citernes, on a construit deux grands réservoirs en ciment armé, à parois recouvertes de dalles vitrifiées.

Ce mode de construction permet le nettoyage alternatif des réservoirs à combustible. Une pompe à main ou une pompe centrifuge permet le service de ces réservoirs. A l'aide de l'une de ces pompes, on refoule le combustible dans les réservoirs en tôle qui, placés auprès de chaque moteur, contiennent, pour chacun d'eux, l'approvisionnement en combustible pour une journée. Chacun de ces réservoirs contient un filtre; l'huile de goudron le traverse avant de se rendre dans l'un des deux récipients munis aussi de filtres, qui sont en communication directe avec l'aspiration de la pompe à combustible et sont situés à la hauteur du couvercle du cylindre du moteur Diesel.

A la mise en marche, il est bon de laisser tourner quelques minutes le moteur Diesel avec du pétrole lampant, de façon à obtenir une combustion meilleure dès que l'on enverra des huiles de goudron. Quelques minutes avant l'arrêt, il est bon également de n'employer que du pétrole lampant; ainsi on n'aura pas à effectuer, pour la marche avec l'huile de goudron, des nettoyages plus fréquents qu'en marche avec du pétrole lampant.

Afin de pouvoir marcher au pétrole lampant seul, un récipient de pétrole est placé à la hauteur du couvercle du cylindre et peut, par un jeu de robinets à trois voies, être mis directement en communication avec l'aspiration de la pompe à combustible.

Sous la plaque de fondation du moteur de 1 000 ch, du côté opposé au volant, est fixé un bâti portant la pompe à air à trois étages pour l'insufflation et le démarrage du moteur, ainsi qu'une pompe spéciale, dite pompe de balayage, qui sert à l'évacuation des gaz de combustion des cylindres. Le moteur de 2 000 ch possède deux unités semblables fixées également sur la plaque de fondation.

L'air de balayage est emmagasiné dans un grand réservoir cylindrique fixé sous la passerelle du moteur. Il est conduit par des tuyauteries de très large section aux couvercles des cylindres des moteurs et il est introduit par des soupapes de balayage dans les cylindres.

Chaque cylindre possède quatre de ces soupapes, ce qui fait que les sections de passage étant très grandes et la vitesse de l'air par conséquent relativement faible, il ne se forme pas de remous qui provoqueraient le mélange de l'air de balayage avec les gaz de combustion encore contenus dans les cylindres. L'action de l'air de chasse peut être comparée à l'action d'un piston élastique, l'échappement ayant lieu par des fentes dans le cylindre que le piston découvre en arrivant au bas de la course.

Afin de maintenir à une température convenable tous les organes des moteurs, une circulation d'eau parcourt deux cycles distincts : l'un refroidit les couvercles et les chemises des cylindres, l'autre les pistons. L'eau réfrigérante vient d'un réservoir de 20 m³, situé à quelques mètres au-dessus des moteurs à l'extérieur de la salle des machines. L'eau circule sous cette faible charge à l'intérieur du moteur et s'écoule dans un réservoir situé dans le sous-sol, d'où elle est reprise par une pompe centrifuge et envoyée dans une tuyauterie qui la laisse tomber sous forme de pluie dans le premier réservoir. Les pistons sont également refroidis ; ils utilisent de l'eau sous la pression de 2 atmosphères, qui est donnée par une petite pompe centrifuge située également dans le sous-sol. Cette pompe aspire dans le grand réservoir et l'eau d'échappement revient au réservoir d'eau chaude.

La maison Sulzer frères a muni ces moteurs d'un dispositif de réglage de l'air d'insufflation, dispositif qui assure au moteur un fonctionnement parfait à toutes les charges. Ce système de réglage est surtout avantageux pour les moteurs Diesel dont les génératrices, comme dans le cas actuel, doivent marcher en parallèle, et qui sont soumises à des variations brusques de charge, comme il s'en produit journellement dans les installations devant assurer un service d'éclairage et de force motrice.

Les moteurs Diesel de Saint-Chamond, constituant des unités de secours, devaient pouvoir être mis en marche dans un temps très court. Le démarrage se fait au moyen d'air comprimé sous forte pression. Il s'exécute normalement en deux ou trois minutes, et nous avons même chronométré des mises en marche dans un temps de une minute vingt-cinq secondes.

Le graissage se fait automatiquement par une pompe actionnée directement par l'arbre moteur, qui envoie de l'huile sous pression dans les différents paliers et sur l'arbre de couche. Chaque cylindre possède une pompe spéciale qui effectue le graissage forcé des pistons.

Tous les organes de distribution, notamment l'arbre de cames, sont placés dans un carter spécial, complètement recouvert et rempli en partie d'huile, ce qui fait que l'usure de ces organes est insignifiante et les bruits et chocs des masses de distribution en mouvement sont réduits à leur minimum.

Dans une installation de cette importance, il a fallu étudier très soigneusement l'aspiration des pompes à air et l'échappement des gaz brûlés, afin d'éviter le bruit. Un canal de maçonnerie, ménagé dans la salle des machines, est interrompu à deux reprises différentes, et l'air aspiré est obligé de passer à travers des crépines qui amortissent d'une façon absolue les chocs et bruits qui se produiraient fatalement avec une aspiration libre. Pour le moteur de 2 000 ch, l'échappement a été obtenu en faisant échapper les cylindres deux à deux dans des pots d'échappement et en plaçant à leur suite deux chambres en maçonnerie, le passage de l'une à l'autre s'effectuant à travers des crépines, tout comme pour la prise d'air.

L'installation de secours de Saint-Chamond est celle qui possède en France les plus gros moteurs Diesel, sa marche satisfaisante jusqu'à ce jour justifie l'application d'aussi fortes unités et permet d'envisager pour l'avenir d'intéressantes applications.

Exploitation du transport d'énergie Dauphiné-Centre. — Nous avons vu au début que la ligne Dauphiné-Centre aboutit au poste de transformation de Saint-Chamond où la tension est abaissée de 55 000 volts environ à 30 000 volts. Les trois lignes triphasées à 30 000 volts partant de Saint-Chamond, aboutissent à l'usine à vapeur de Montaud (Saint-Etienne). C'est là que se concentrent toutes les lignes électriques provenant des différentes usines thermiques ou hydro-électriques de la région de Saint-Etienne.

De Montaud part une ligne à 30 000 volts qui aboutit à l'usine de la Vourdiat, située à 50 km au nord de Saint-Etienne, où un poste de transformation alimente une ligne à 20 000 volts qui se raccorde au secteur du Roannais.

Malgré la tension de régime élevée (60 000 volts), le tracé accidenté qu'elle suit et les différences d'altitudes des régions traversées, la ligne Dauphiné-Centre n'a donné lieu jusqu'ici à aucun accident d'exploitation qui mérite d'être signalé.

Les quelques déclenchements qui se sont produits par suite

Digitized by Google

d'accidents sur cette ligne, sont dus à des chutes de branches sur les câbles et à des ruptures d'isolateurs occasionnées par des coups de foudre directs ; ce dernier cas étant heureusement assez rare.

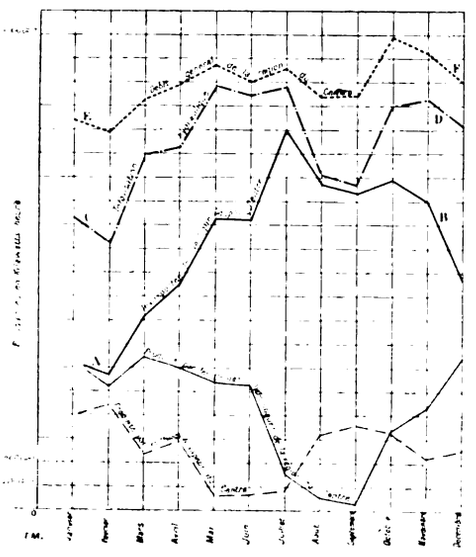


FIG. 16. — Graphique des puissances fournies par la ligne Dauphiné-Centre et par les usines de la région du Centre.

Les phénomènes de capacité, que l'on constate généralement sur les grands transports de force, sont ici tout à fait négligeables en marche normale, et contrairement à ce que l'on pourrait supposer, le couplage des usines hydrauliques des Alpes (Dauphiné) avec les usines thermiques ou hydrauliques de la région de la Loire se fait très facilement.

Nous avons vu que la puissance instantanée maximum que peut transporter la ligne, dans les conditions normales de fonctionnement, est de 15 000 ch environ.

D'après les essais qui ont été effectués, les principales caractéristiques de cette ligne sont les suivantes :

Résistance ohmique d'un conducteur à + 28° C = 41,5 ohms.

Coefficient d'induction mutuelle et de self-induction pour la longueur totale : L = 0,1789 henry.

Impédance à + 28° C = 69,8 ohms.

Conformément à ces caractéristiques, la perte de puissance est de 9 °/₀, et la chute de tension en ligne de 12 °/₀ pour une puissance livrée à Saint-Chamond de 10 000 kw environ avec un facteur de puissance à l'arrivée Cos $\rho = 0,85$.

Le graphique de la figure 16 montre que le programme que s'était tracé l'Energie électrique du Centre (1) a été exactement rempli. La majeure partie de l'énergie électrique vendue dans la région de Saint-Etienne est produite à bas prix dans les Alpes et transportée dans de très bonnes conditions d'exploitation par la ligne Dauphiné-Centre (courbe AB, fig. 16).

Les stations hydrauliques locales situées à Pont-de-Lignon (sur le Lignon), à Saint-Victor et à la Vourdiat (sur la Loire) viennent compenser de façon heureuse la diminution de production des Alpes pendant l'hiver, de sorte que le secteur de Saint-Etienne ne produit à la vapeur que le strict minimum d'énergie nécessaire à rectifier définitivement la courbe de totalisation hydraulique (courbe CD), afin d'obtenir le régime de débit général en énergie, qui est à Saint-Etienne à peu près constant (courbe EF).

C'est un exemple remarquable d'utilisation rationnelle des richesses hydrauliques de bassins hydrographiques de régimes différents et pour ainsi dire complémentaires.

V. SYLVESTRE.

ESSAIS ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

INFLUENCE DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LE BÉTON ARMÉ

L'emploi du béton armé s'est généralisé dans ces dernières années et trouve des applications de plus en plus fréquentes. En France, la Commission du ciment armé, créée par un arrêté du Ministre des Travaux publics du 19 décembre 1900 et chargée « d'étudier les questions relatives à l'emploi du ciment armé et de procéder aux recherches nécessaires pour déterminer, dans la mesure du possible, les règles susceptibles d'être admises pour l'emploi dans les travaux publics de ce mode de construction » a procédé à ses recherches de 1901 à 1905.

Ces essais ont totalement négligé la question importante de l'influence de l'électricité sur le béton armé; or, il est reconnu, depuis quelques années, que des constructions établies en béton armé : ponts, murs de quai, murs de chemins de fer, souterrains, ont été détériorées par l'effet de courants électriques. L'armature de fer du béton s'est oxydée dans un délai relativement court et il s'est produit, dans la masse du béton, des fissures rendant inutilisables des parties entières de bâtiments.

Il était donc naturel que l'on fît dans ce domaine les recherches nécessaires permettant de découvrir la cause de ces inconvénients et d'y obvier, c'est-à-dire avant leur apparition. Ce n'est guère que depuis 1907 qu'on s'est occupé de cette question et les premiers essais eurent lieu en Amérique. Sans parler des études de Knudson, de Langsdorf et d'Etlinge, publiées de 1907 à 1910, nous ne citerons que le rapport relatif aux essais de M. H. Barker.

Les résultats de ces essais sont les suivants :

1° La destruction de constructions en béton armé peut résulter de tensions produites par une dilatation causée par la chaleur avec un courant énergique continu ou alternatif, et quelle qu'en soit la direction;

2° Avec un courant faible et sans tension produite par la chaleur, la destruction peut avoir lieu par la formation d'oxyde de fer près du fer, au point où le courant le quitte pour pénétrer dans le béton;

3° L'éclatement avec un faible courant est dû à la formation d'oxyde de fer à l'anode même, mais surtout dans le béton près de l'anode, la profondeur de pénétration dépendant de la porosité du béton, de la pression des gaz, de la force du courant, etc.;

4° La résistance du béton armé ne diminue pas à mesure que se produit la corrosion du fer. L'oxygène nécessaire à la formation d'oxyde est probablement fourni surtout par l'électrolyse de l'eau et n'est emprunté qu'à un faible degré aux parties constitutives du béton;

5° L'éclatement du béton peut avoir lieu avec des courants faibles quand l'anode n'est pas en fer, si l'anode ou le béton forme d'autres composés susceptibles de se dilater pendant les réactions secondaires. Dans tous les cas, la pression des gaz dégagés peut aider ou activer l'éclatement;

6° Le béton après rupture est semblable à celui d'éprouvettes écrasées mécaniquement, ce qui peut être considéré comme étant en grande partie le résultat des tensions d'éclatement;

7° Un seul courant faible peut occasionner des corrosions et des éclatements en divers endroits, en circulant entre un certain nombre de barres d'acier emprisonnées complètement;

(1) Actuellement Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

Digitized by Google

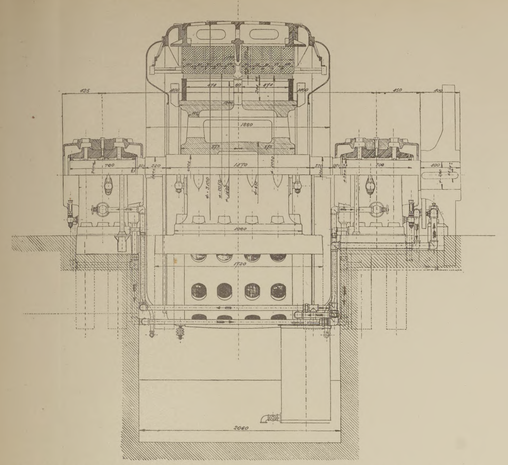


FIG. 1. — Station hydro-électrique de l'Eau d'Olle : Alternateur triphasé système Alioth de 4 560 KVA, 4 000 volts, 50 périodes, 375 tours pour accouplement direct à une turbine hydraulique.

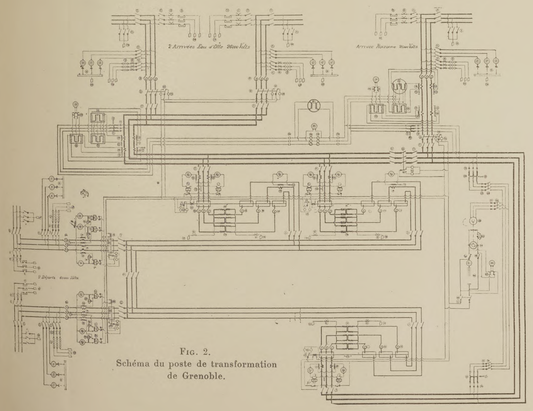


FIG. 2.
Schéma du poste de transformation de Grenoble.

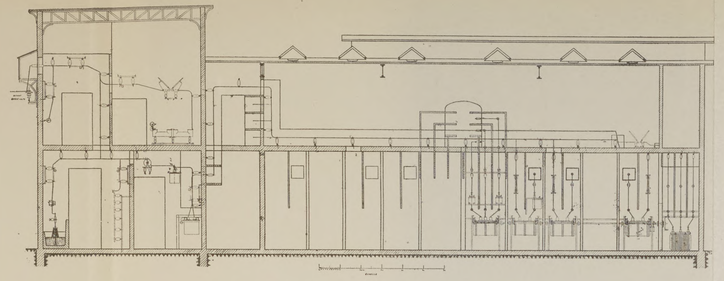


FIG. 3. — Poste de transformation de Grenoble : Coupe AB.

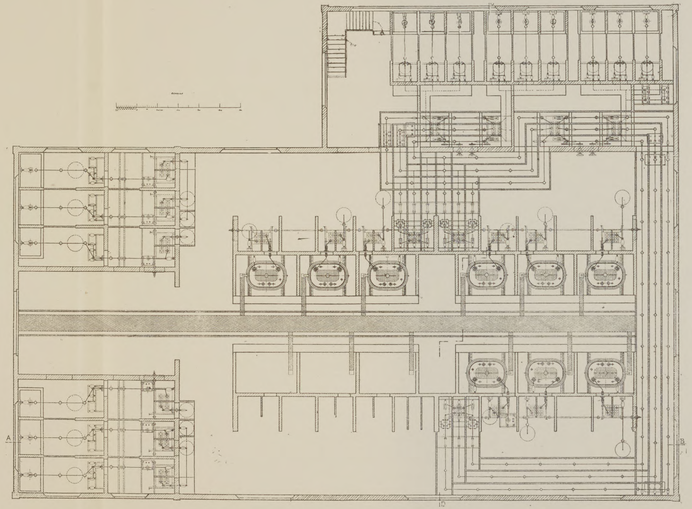


FIG. 4. — Poste de transformation de Grenoble : Plan du rez-de-chaussée.

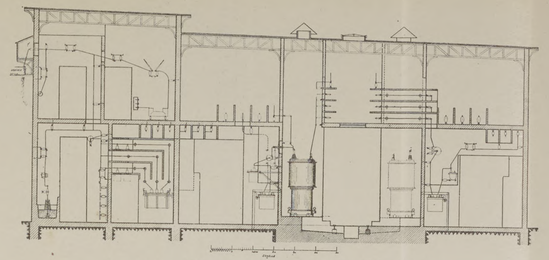


FIG. 5. — Poste de transformation de Grenoble : Coupe CD.

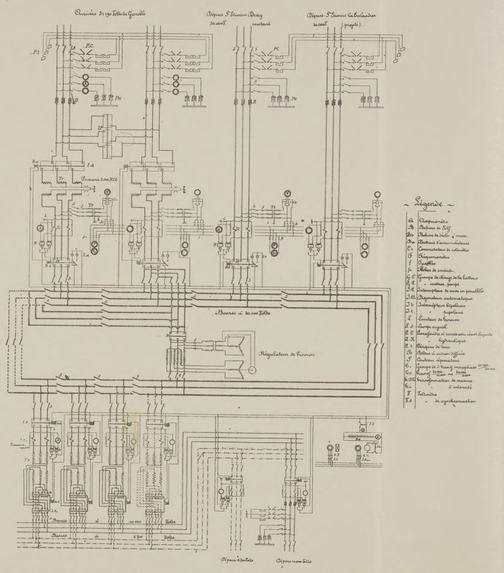


FIG. 6. — Schéma général des connexions du poste de transformation de Saint-Chamond.

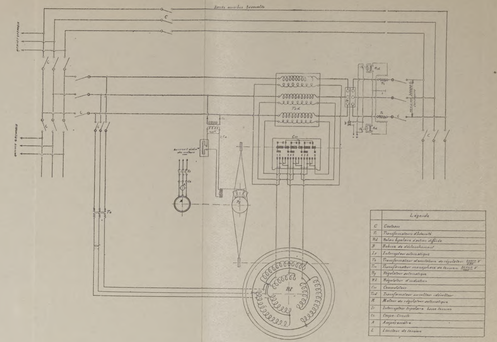


FIG. 7. — Survolteur-dévolteur du poste de Saint-Chamond : Schéma de branchement.

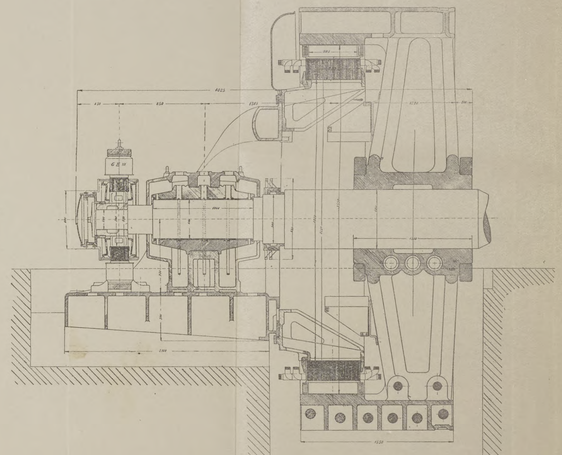


FIG. 8. — Station de secours de Saint-Chamond : Coupe de l'alternateur triphasé système Alioth (à pôles extérieurs) de 1 840 KVA, 5 700 volts, 50 périodes, attelé au moteur Diesel-Sulzer de 2 000 HP 150 tours.

H. DUNOD et PINAT, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Digitized by Google

8° Des fuites de courant continu ou alternatif importantes dans le béton armé, peuvent produire en quelques heures une destruction complète résultant d'effets thermiques;

9° Avec de faibles fuites de courant continu, la résistance mécanique sera lentement détruite sans qu'on s'en aperçoive;

10° Avec des courants alternatifs assez faibles pour éliminer les tensions locales dues à la chaleur, des essais répétés ont prouvé que les constructions ne courent aucun danger de destruction;

11° Il n'y a rien à craindre pour les constructions, si le béton est bien sec, à moins qu'on ne soit en présence de courants continus très intenses;

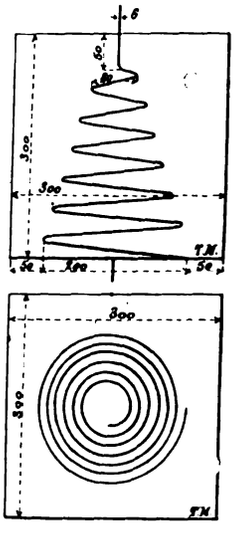


Fig. 1. — Forme d'électrodes I.

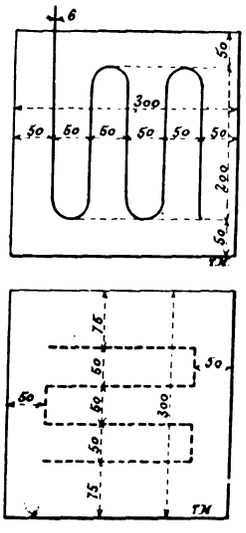


Fig. 2. — Forme d'électrodes II.

12° Les méthodes actuelles de surveillance électrique semblent suffisantes pour découvrir des voltages dangereux pour les constructions en béton armé, et, dans chaque cas, on pourra trouver un remède à la situation si on la juge dangereuse.

Les essais les plus récents faits sur le béton armé semblent infirmer quelques-unes de ces conclusions et confirmer les autres. On examinera spécialement ici les importants essais faits (1), de 1909 à 1911, à l'Ecole des hautes études techniques de Darmstadt (2).

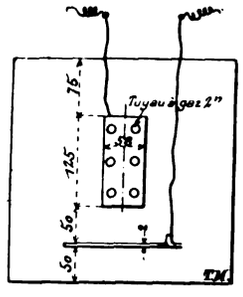
Le but de ces essais était : 1° de déterminer l'influence de l'action électrolytique des courants continus sur le béton armé et sur l'adhérence entre le béton et le fer; 2° de reconnaître l'influence des coups de foudre ou des décharges analogues sur le béton armé.

On employait pour ces essais des blocs cubiques de 30 cm de côté. A l'exception de quelques blocs destinés à des essais préliminaires et faits avec du sable basaltique et des débris de basalte, tous les blocs étaient en ciment de Portland et en sable et gravier du Rhin. La grosseur maximum du gravier était de 7mm,25 et celle du sable de 7 mm. Le poids d'un litre était de 1 kg 65 pour le sable et de 1 kg 55 pour le gravier.

Caractéristique du ciment.

Poids par unité de volume :	
Introduit sans tassement	1,186 kg par litre.
Tassé par secousses	1,45 —
Poids spécifique :	
Non cuit	3,096 kg
Cuit	3,189
Perte par cuisson	1,23 °/₀
Conditions de prise :	
Eau de gâchage	24 °/₀
Commencement de la prise	3 heures 1/2
Durée de la prise	6 heures 1/2

On procéda à divers essais : exposition à l'air et immersion des gâteaux dans l'eau, essais de cuisson, essais à la vapeur et à la vapeur sur une boulette. Les résidus sur les tamis se montaient à 1,4 °/₀ à (900 mailles), à 35,2 °/₀ (4900 mailles), de sorte que 64,8 °/₀ du ciment passait à travers le tamis à 4900 mailles.



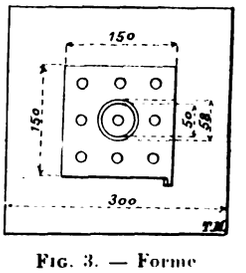
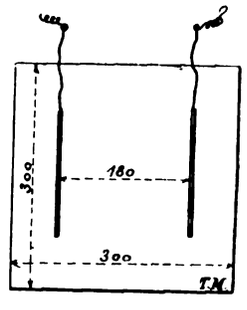


Fig. 3. — Forme d'électrodes III.



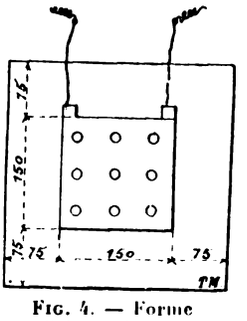


Fig. 4. — Forme d'électrodes IV.

La totalité du ciment employé pour les essais principaux provenait d'une même cuisson. La résistance du mortier était examinée de temps en temps pour déterminer ses modifications éventuelles. Pour les essais de résistance, le mortier fut malaxé avec 8 1/2 °/₀ d'eau. Vingt-quatre heures après fabrication, les éprouvettes pour l'essai à la traction présentaient un poids par unité de volume de 2 kg 28 et les éprouvettes pour l'essai à la compression un poids par unité de volume de 2 kg 24.

Les valeurs de la résistance obtenues sont indiquées dans le tableau I.

Tableau I. — Résultats des essais de résistance du mortier.

Date de l'essai	Age de l'éprouvette : 7 jours			Age de l'éprouvette : 28 jours			Age de l'éprouvette : 90 jours		
	T Résistance à la traction kg/cm²	P Résistance à la pression kg/cm²	T/P	T Résistance à la traction kg/cm²	P Résistance à la pression kg/cm²	T/P	T Résistance à la traction kg/cm²	P Résistance à la pression kg/cm²	T/P
13.5.09. . .	»	»	»	28,45	360	1/12,7	32,12	418	1/13,0
6.8.09. . .	23,25	248	1/10,6	27,68	346	1/12,5	»	»	»
23.9.10. . .	25,26	251	1/9,95	31,35	337	1/10,75	»	»	»

(1) Pour plus de détails, voir : *Deutscher Ausschuss für Eisenbeton*, Heft 15. Versuche über den Einfluss der Elektrizitat auf Eisenbeton ausgeführt in der Grossherzoglichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt 1909-1911. *Bericht erstattet* von Professor O. Berndt, Professor Dr. K. Wirtz, unter Mitwirkung von Privatdozent Dr. Ing. E. Preuss.

(2) Ces essais se poursuivent actuellement.

Digitized by Google

Proportion du mélange. — Le dosage des blocs était de 1:2:4 ou 1:4:8 pour les essais préliminaires; de 1:3:3 pour tous les autres essais. Le béton employé était humide ou plastique. L'eau de gâchage représentait 6,8 à 8,5 °/₀ du poids de mélange sec.

On employa cinq formes d'électrodes que nous reproduisons (fig. 1 à 4, p. 11).

Les formes I et II devaient servir à envoyer dans l'armature noyée un courant continu de plusieurs ampères et à déterminer si une partie du courant, après avoir quitté le conducteur, exerce une influence quelconque sur le béton et sur le fer.

Les formes d'électrodes III, IV et V devaient servir à envoyer à travers le béton un courant de 1/10 d'ampère et à déterminer l'action de ce courant sur le béton formant alors une partie du circuit.

Exécution des essais.

Position des blocs pendant les essais. — Les blocs furent d'abord placés pendant vingt-huit jours dans du sable humide et les essais commencèrent le vingt-neuvième jour. Pendant qu'ils étaient en circuit, les blocs étaient soit exposés à l'air, soit placés dans du sable humide, soit immergés dans de l'eau douce (eau de canalisation ordinaire de Darmstadt), ou dans de l'eau salée (eau de canalisation + 3,6 °/₀ de chlorure de sodium), ou dans de l'eau calcaire (eau de canalisation + 1 °/₀ de chaux). L'isolement était assuré en plaçant les blocs, les caisses qui les contenaient, sur des briques huilées emballées dans du carton huilé, recouvert lui-même d'une plaque de verre de 5 mm d'épaisseur.

Courant employé. — Avec les électrodes I et II (fig. 1 et 2, p. 11), les blocs furent mis dans le circuit du moteur de l'atelier de l'école, parcouru par un courant de 8 ampères en moyenne, pendant cinq heures par jour.

Avec les autres formes d'électrodes, on choisit un courant de 0,1 ampère pour obtenir un résultat dans un temps assez bref. Les blocs furent donc mis dans le circuit de 140 volts de l'école, et l'on maintint l'intensité de 0,1 ampère en disposant les blocs par groupes et en intercalant des résistances. Ceci était nécessaire, parce que la résistance des blocs était la plupart du temps si faible qu'on eût obtenu une intensité très supérieure à 0,1 ampère avec la tension de 140 volts.

Du reste, l'intensité ne pouvait être maintenue exactement à 0,1 ampère, par suite de la modification continuelle de la résistance, et tout ce que l'on put faire fut de la maintenir entre 0,075 et 0,125 ampère.

On mesurait chaque jour l'intensité du courant. De plus, tous les huit ou dix jours, on mesurait la tension aux bornes des électrodes de chaque bloc pour permettre de calculer la résistance apparente. La valeur ainsi calculée est plus grande que la valeur réelle, à cause de la perte de tension due à la force électromotrice de polarisation.

Des mesures de la température de l'air ambiant et des mesures hygrométriques faites, chaque jour, démontrèrent que la température et l'humidité de l'air n'avaient aucune influence sur les essais.

Tableau II. — Essais préliminaires normaux avec courant de 0.1 ampère.

Nombre des essais	Forme des électrodes	Résistance au début des essais ohms	Valeur atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	Nombre de jours écoulés jusqu'à l'apparition des premières fissures	Durée des essais en jours	Remarques
I. — Parties constitutives : Sable basaltique et basalte concassé, dans la proportion de 1 : 3 : 3 — Béton détrempé.						
aa) *Blocs exposés à l'air.*						
2	IV	150	Augmente jusqu'à 1 500	63	77	Pour l'emplacement des fissures, voir le résumé des résultats, page 15.
	III	Environ 120	Augmente jusqu'à plus de 48 600 en 180 jours	76	193	
bb) *Blocs placés dans le sable.*						
2	IV	180	Augmente jusqu'à 1 500 en 118 jours	79	121	Idem.
	III	120	Augmente jusqu'à 400 en 120 jours .	76	120	
cc) *Blocs immergés dans l'eau douce.*						
3	IV	120	Augmente jusqu'à plus de 600 . . .	78	250	Idem.
	III	70	Oscille entre 70 et 200	68	240	
	V	100	Augmente jusqu'à environ 700 en 120 jours, puis diminue	106	240	
dd) *Blocs immergés dans l'eau salée.*						
3	IV	80	Peu de variations, reste entre 80 et 100	78	150	Idem.
	III	80	Augmente jusqu'à 150 en 70 jours, puis diminue	72	110	
	V	80	Augmente jusqu'à 100 et reste alors à peu près constante	74	110	
II. — Parties constitutives : Sable et gravier du Rhin 1 : 4 : 8 — Béton détrempé.						
4	IV. Bloc exposé à l'air.	215	Augmente jusqu'à 57 000 en 236 jours	45	236	Idem.
	IV. Bloc placé dans le sable humide.	140	Augmente jusqu'à 10 500 en 160 jours	74	232	
	IV. Bloc immergé dans l'eau douce.	100	Augmente de 900 en 82 jours, puis diminue	67	103	
	IV. Bloc immergé dans l'eau salée.	80	Peu de variations, oscille entre 80 et 130	72	198	

Digitized by Google

Résultats des essais.

1. Essais préliminaires. — A. *Le béton ne forme pas une partie du circuit.*

Les essais préliminaires montrèrent que le courant n'occasionne aucune fissure et que le fer n'est pas attaqué.

B. *Le béton forme une partie du circuit.*

a) Essais accélérés avec courant intense :

D'une manière générale, les six essais ont montré que la température et l'intensité du courant augmentent d'abord pour diminuer ensuite, la résistance augmentant sans cesse. On constata toutefois une différence entre les blocs exposés à l'air et les blocs immergés dans l'eau salée, en ce sens que, pour les blocs exposés à l'air, le décroissement de la température et de l'intensité décroissent continuellement, tandis que, pour les blocs placés dans l'eau salée, la température et l'intensité, après avoir un peu diminué, restent constantes. Ceci s'explique sans doute par l'élargissement des fissures dans les blocs exposés à l'air qui sèchent peu à peu, ce qui augmente la résistance.

L'emplacement des fissures était le même que dans les essais principaux que nous rapportons ci-dessous.

b) Essais normaux au courant de 0.1 ampère.

2. Essais principaux (Blocs 1 : 3 : 3, sable et gravier du Rhin.)

A. — *Le conducteur traverse le béton.*

Six essais. Formes d'électrodes I et II : 2 blocs exposés à l'air, 1 bloc dans le sable humide, 1 bloc immergé dans l'eau douce, 2 blocs immergés dans l'eau salée.

Durée des essais : deux ans en chiffre rond.

Courant employé : 8 ampères en moyenne, cinq heures par jour.

Résultats : *Pas de fissures*, le fer n'est pas attaqué, le béton ne présente aucune modification et n'est pas devenu friable.

B. — *Le béton forme une partie du circuit.*

a) *Blocs exposés à l'air.* — Les premières fissures apparurent (l'intensité du courant étant de 0,1 ampère) entre le 50e et le 110e jour de la mise en circuit.

Avec la forme d'électrodes III (fig. 3, p. 11) le mode de formation des fissures variait avec la direction du courant, c'est-à-dire suivant que le tuyau formait l'anode ou la cathode. Dans le premier cas, l'oxydation et l'épaississement du tuyau occasionnaient, sur la face supérieure de la plaque, des fissures radiales gagnant peu à peu les côtés et courant alors parallèlement à l'axe du tuyau. Si, au contraire, la plaque formait l'anode, les fissures se produisaient dans le plan de cette plaque sur les faces latérales, parce que, à cause de l'épaississement de cette dernière par suite de son oxydation, la partie du béton située entre cette électrode et la face inférieure était séparée de la partie supérieure.

Avec la forme d'électrodes IV (fig. 4, p. 11) les fentes se produisaient toujours à la face supérieure et aux faces latérales dans le plan de l'électrode positive, à cause de l'épaississement de la plaque due à l'oxydation. De plus, la partie du béton, située entre la plaque positive et la face latérale voisine, était souvent soumise, par suite de l'épaississement de la plaque, à une flexion donnant lieu à la formation de fissures rayonnantes.

La résistance des blocs, de 140-200 ohms au commencement des essais, augmenta progressivement jusqu'à 30 000-60 000 ohms, sous l'influence de la chaleur due au courant électrique qui sécha peu à peu les blocs.

Tableau III. — Blocs exposés a l'air.

Nature du béton	Nombre des essais	Forme des électrodes	Résistance au début des essais ohms	Valeur atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	Nombre de jours écoulés jusqu'à la formation des premières fissures	Durée des essais en jours	Remarques
Détrempé. .	4	III	200	Augmente jusqu'à 14 000 en 390 jours.	92	510	Pour la place des fissures, v. p. 13, § B, *a*.
		III	150	— — 900 »	56	74	
		IV	170	— — 4 300 en 98 jours.	68	181	
		IV	150	— — 24 000 en 330 —	110	530	
Plastique. .	4	III	140	— — 28 000 en 200 —	52	250	
		III	140	— — 28 000 en 160 —	52	250	
		IV	140	— — 45 000 en 370 —	158	540	
		IV	145	— — 65 000 en 340 —	98	540	

Tableau IV. — Blocs placés dans le sable.

Nature du béton	Nombre des essais	Forme des électrodes	Résistance au début des essais ohms	Valeur atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	Nombre de jours écoulés jusqu'à la formation des premières fissures	Durée des essais en jours	Remarques
Détrempé. .	4	III	150	Augmente jusqu'à 1 000 en 180 jours.	73	208	Pour la place des fissures, v. p. 13, § B, *b*.
		III	140	— — 800 en 180 —	92	208	
		IV	159	— — 70 en 80 —	68	106	
		IV	140	— — 1 000 en 200 —	108	222	
Plastique. .	4	III	130	— — 21 000 en 164 —	52	250	
		III	180	— — 15 400 en 200 —	52	250	
		IV	90	— — 18 800 en 230 —	88	230	
		IV	120	— — 12 000 en 228 —	98	228	

Les blocs de béton détrempé et ceux de béton plastique donnèrent aux essais les mêmes résultats.

b) *Blocs placés dans le sable.* — Avec un courant de 1/10 d'ampère, les fissures commencèrent à se produire entre le 50e et le 110e jour des essais, dans les blocs placés dans le sable humide. On ne constata aucune différence entre la tenue du béton détrempé

Digitized by Google

et celle du béton plastique. La répartition locale des fissures avec les formes d'électrodes III et IV (fig. 3 et 4, p. 11) était la même que celle qui correspondait aux blocs exposés à l'air.

En ce qui concerne la résistance électrique, on observa une différence considérable entre le béton détrempé et le béton plastique. Pour tous deux, la résistance comprise entre 100 et 200 ohms au début des essais augmenta constamment.

Toutefois elle n'atteignit, avec le béton détrempé, que 800 à 1 100 ohms en deux cents jours environ, tandis que dans le même temps elle atteignit 12 000-20 000 ohms dans le béton plastique. En effet, le béton détrempé est un peu plus poreux et absorbe plus facilement l'eau du sable humide qui l'entoure, ce qui augmente sa conductibilité électrique.

c) *Blocs immergés dans l'eau douce.* — Avec un courant de 1/10 d'ampère, les premières fissures se produisirent au bout d'environ cinquante à cent jours après le commencement des essais sur les blocs immergés dans l'eau douce. Abstraction faite d'un bloc dans lequel les fissures commencèrent dès le 26e jour, on ne constata pas de différence entre la tenue des blocs de béton détrempé et celle des blocs de béton plastique.

Avec les formes d'électrodes III et IV (fig. 3 et 4, p. 11), les fissures occupaient la même place que dans les blocs exposés à l'air ou placés dans le sable humide (voir ci-dessus). Avec la forme d'électrodes V, on fit varier la direction du courant : dans certains blocs, le tuyau formait l'anode et, dans d'autres, la cathode. Dans les premiers, on constata des fissures radiales sur les faces supérieure et inférieure et des fissures longitudinales parallèles à la direction de l'axe du tube sur les faces latérales. Dans les deuxièmes, on ne constata aucune fissure. L'École de Darmstadt explique ce fait, dans le premier cas, par l'épaississement de l'anode située dans le béton, épaississement dû à l'oxydation, causant un effet d'éclatement qui n'a pas lieu dans le second cas, puisque l'anode se trouve en dehors du bloc.

La résistance électrique de 100-200 ohms, au commencement

Tableau V. — Blocs immergés dans l'eau douce.

NATURE du béton	NOMBRE des essais	FORME des électrodes	RÉSISTANCE au début des essais ohms	VALEUR atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	NOMBRE de jours écoulés jusqu'à la formation des premières fissures	DURÉE des essais en jours	REMARQUES
Détrempé. .	6	III	90	Augmente jusqu'à 700 en 135 jours; retombe à 1 200 et croît de nouveau. .	82	250	Chute subite sans doute due à une grande fissure.
		III	100	Oscille entre 100 et 180	53	83	
		IV	120	Augmente avec oscillations jusqu'à 280 en 200 jours.	68	235	
		IV	145	Augmente jusqu'à 1 160 en 200 jours.	98	215	
		V	110	— — 415 en 200 —	Aucune.	210	Le tuyau forme cathode.
		V	125	— — 400 en 200 —	Aucune.	210	Le tuyau forme cathode.
Plastique. .	6	III	140	— — 700 en 110 —	26	110	
		III	120	— — 400 en 110 —	48	110	
		IV	80	— — 430 en 120 jours, puis diminue	76	203	A la fin des essais, le bloc se sépare en deux.
		IV	100	Augmente jusqu'à 840 en 200 jours.	66	225	
		V	170	— — 1 140 en 200 —	44	212	
		V	130	— — 600 en 100 —	78	110	

Tableau VI. — Blocs immergés dans l'eau salée.

NATURE du béton	NOMBRE des essais	FORME des électrodes	RÉSISTANCE au début des essais ohms	VALEUR atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	NOMBRE de jours écoulés jusqu'à la formation des premières fissures	DURÉE des essais en jours	REMARQUES
Détrempé. .	6	III	100	Constante, à quelques oscillations près.	27	84	Protoxyde de fer verdâtre et épais s'échappe des fissures au 54e jour.
		III	120	Croît jusqu'à 500 en 80 jours.	54	84	Bord des fissures, coloration verte. Essai terminé par suite d'interruption dans les conducteurs aux électrodes.
		IV	90	Croît jusqu'à 150 en 144 jours.	70	144	
		IV	90	Faibles oscillations	17 (faibles)	20	
		V	160	Faible augmentation, puis diminution jusqu'à 100 en 110 jours	48	110	
		V	90	Faibles oscillations.	Aucune.	210	Le tuyau forme cathode.

Digitized by Google

des essais, augmenta peu à peu et atteignit 200-1 100 ohms après environ deux cents jours, la résistance des blocs de béton détrempé restant un peu plus faible que celle des blocs de béton plastique.

d) *Blocs immergés dans l'eau salée.* — Les blocs immergés dans l'eau salée (proportion du sel 3,6 °/₀) ont présenté leurs premières fissures, avec un courant de 1/10 d'ampère, vingt à soixante-dix jours après le début des essais, c'est-à-dire, un peu plus tôt que ceux exposés à l'air, placés dans le sable humide et immergés dans l'eau douce. Un phénomène particulier se produisit pour tous les blocs immergés dans l'eau salée; le béton situé dans le voisinage immédiat des fissures présentait une couleur verte, par suite de la sécrétion d'un liquide verdâtre qui se déposait fréquemment sous la forme de mamelons. Quand le bloc était exposé à l'air, la coloration verte se transformait en coloration brun oxyde. L'analyse chimique montra que la sécrétion verdâtre contenait du protoxyde de fer qui, en absorbant l'oxygène de l'air, devient de l'oxyde de fer et prend une couleur brune.

L'emplacement des fissures était le même que dans les blocs exposés à l'air, placés dans le sable et immergés dans l'eau salée.

La résistance électrique des blocs se montait de 90-160 ohms environ au début; elle varia fort peu pendant toute la durée des essais et, à une exception près, resta constamment entre 100 à 200 ohms.

e) *Blocs immergés dans l'eau calcaire.* — Les blocs immergés dans l'eau calcaire présentèrent leurs premières fissures avec un courant de 1/10 d'ampère, après environ 20-100 jours.

Les fissures avec les formes d'électrodes III, IV (fig. 3 et 4, p. 11) et V (fig. 5, p, 16) occupaient la même place que pour les autres milieux.

La résistance électrique, comprise au début des essais entre 80-120 ohms, monta peu à peu et arriva après environ 80 à 150 jours entre 300 et 700 ohms.

On n'observa pas de différence entre la tenue des blocs en béton détrempé et ceux en béton plastique.

Tableau VII. — Blocs immergés dans l'eau calcaire.

NATURE du béton	NOMBRE des essais	FORME des électrodes	RÉSISTANCE au début des essais ohms	VALEUR atteinte par la résistance au cours ou à la fin des essais ohms	NOMBRE de jours écoulés jusqu'à la formation des premières fissures	DURÉE des essais en jours	REMARQUES
Détrempé. .	6	III	120	Croît jusqu'à 470 en 83 jours	54	85	
		III	100	— — 600 en 76 —	18	76	
		IV	80	— — 230 en 75 —	44	75	
		IV	80	— — 400 en 75 —	45	75	
		V	100	— — 700 en 150 jours, puis diminue.	98	215	Détachement d'angles.
		V	100	Croît jusqu'à 400 en 140 jours, puis diminue un peu	Aucune.	210	Le tuyau forme cathode.
Plastique. .	6	III	100	Croît jusqu'à 280 en 110 jours	26	110	
		III	100	— — 500 en 108 —	44	108	
		IV	100	— — 600 en 110 —	45	114	
		IV	100	— — 550 en 98 —	44	108	
		V	120	— — 460 en 90 jours, puis diminue un peu	70	215	
		V	100	Croît jusqu'à 170 en 110 jours. . . .	Aucune.	110	Le tuyau forme cathode.

Tableau VIII. — Résistance au glissement par cm².

BLOCS immergés	N°s DES ESSAIS	SABLE BASALTIQUE ET DÉBRIS DE BASALTE								SABLE ET GRAVIER DU RHIN							
		HUMIDE				PLASTIQUE				HUMIDE				PLASTIQUE			
		avec courant		sans courant		avec courant		sans courant		avec courant		sans courant		avec courant		sans courant	
		P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o . F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : cm² kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²	P_o : F kg/cm²	P_{max} : F kg/cm²
Dans l'eau douce	1	24,6	27,9	10,3	26,5	19,1	29,7	10,6	17,8	?	29,0	?	28,2	6,4	28,0	18,0	26,3
	2	?	28,9	5,3	22,7	27,0	30,5	10,6	27,5	10,6	30,3	10,6	(13,6)*	11,8	30,8	7,5	(13,2)*
Dans l'eau salée	1	27,8	31,5	12,8	21,0	10,6	29,5	10,6	19,5	?	31,0	10,6	20,0	7,6	29,0	12,5	26,5
	2	10,6	30,5	10,6	29,3	—	—	—	—	7,1	28,7	8,9	22,7	6,8	29,0	8,7	26,0
Moyenne . . .		—	29,7	—	24,9	—	29,9	—	21,6	?	29,8	—	23,6	—	29,2	—	26,3

* Laissé de côté pour la moyenne.
P_{max} = Effort maximum pour retirer la barre en kg.
F = Surface de la partie de la barre embétonnée.
P_o = Effort auquel le commencement du glissement peut être observé à l'œil nu.

Résumé des résultats des principaux essais.

Les blocs, après avoir passé les vingt-huit jours suivant leur fabrication dans du sable humide furent mis en circuit, le courant étant de 1/10e d'ampère, la résistance électrique se montant au début à 100-200 ohms. Il a été impossible de constater que la forme des électrodes ait une influence quelconque; de même le

Digitized by Google

milieu dans lequel les blocs étaient placés n'a pas eu non plus une influence rapide. Dans tous les cas, la résistance électrique a augmenté avec la durée des essais. Les observations se sont étendues sur une durée de 150 à 300 jours environ. Cet accroissement de la résistance électrique a été maximum dans les blocs exposés à l'air, la résistance atteignant 30 000 à 60 000 ohms. L'école de Darmstadt explique l'accroissement de résistance électrique dans les blocs exposés à l'air par leur dessiccation, par suite du dégagement de chaleur engendré par le courant électrique. L'augmentation de la résistance électrique dans les blocs placés dans le sable humide n'a pas été non plus insignifiante : il faut faire une distinction ici entre les blocs en béton détrempé et ceux en béton plastique. Dans les premiers, la résistance électrique monta jusqu'à environ 800-1 100 ohms et dans les derniers jusqu'à environ 12 000-20 000 ohms. On peut expliquer cette différence peut-être par le fait que le béton détrempé est un peu plus poreux et absorbe plus facilement l'eau du sable qui l'environne, ce qui augmente sa conductibilité électrique. C'est dans les blocs immergés que la résistance électrique augmente le moins : dans l'eau douce, la résistance monta à 200-1 100 ohms; dans l'eau salée à 200 ohms et dans l'eau calcaire à 300-500 ohms. Il n'a pas été possible d'observer une différence, au point de vue de l'augmentation de la résistance électrique, dans l'eau douce, et dans l'eau calcaire entre les deux sortes de béton mentionnées plus haut.

Les premières fissures ont été observées après les intervalles de temps suivants :

Blocs à l'air	50-110 jours.
— dans le sable.	50-110 —
— dans l'eau douce	50-100 —
— dans l'eau salée	20- 70 —
— dans l'eau calcaire	20-100 —

Ce résultat montre que le milieu dans lequel se trouvent les blocs n'a pas d'influence considérable sur la formation des premières fissures, encore que la table précédente indique que dans l'eau salée et dans l'eau calcaire les fissures ont commencé plus tôt que dans le sable et dans l'air.

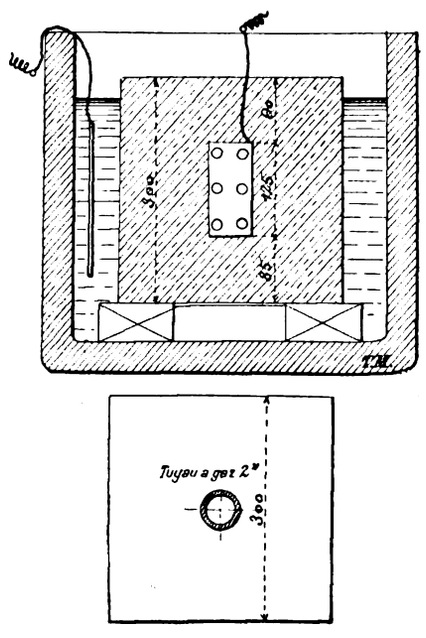


FIG. 5. — Forme d'électrodes V.

Dans aucun cas, on n'a remarqué que le béton soit devenu friable sous l'action du courant, pour autant qu'on ait pu le reconnaître avec un canif.

La situation locale et la configuration des fissures furent indépendantes du milieu environnant les blocs avec toutes les formes d'électrodes. Quand les blocs correspondant à la forme d'électrodes III (fig. 3, p. 11), étaient mis en circuit de manière que le tube formât le pôle positif et la plaque le pôle négatif, on constatait des fissures rayonnantes sur les côtés supérieurs et inférieurs du bloc et, de plus, des fissures longitudinales sur les faces latérales, parallèles à l'axe du tube. Quand le bloc était mis en circuit de la manière inverse, c'est-à-dire si le tube formait le pôle négatif et la plaque le pôle positif, les fissures sur les faces latérales se formaient dans le plan de l'anode en forme de plaque, et fréquemment la partie du béton située entre l'anode et la face inférieure présenta des fissures rayonnantes, occasionnées par les tensions de flexion engendrées par l'épaississement de l'anode.

Avec la forme d'électrode V, il ne se forma de fissures que quand le tube emprisonné formait le pôle positif et la plaque dans le liquide le pôle négatif. Les fissures avaient alors la même forme qu'avec le circuit semblable de la forme d'électrode III, c'est-à-dire qu'elles étaient rayonnantes sur les faces supérieure et inférieure et parallèles à l'axe de tube sur les faces latérales. Si, au contraire, le tube embétonné formait le pôle négatif, on ne put observer aucune formation de fissures, même dans les essais les plus longs. L'anode dans tous les blocs fut toujours fortement oxydée à la fin des essais, ce que l'on put observer fréquemment sans être obligé de casser les blocs, de fortes fissures permettant de voir l'anode. Quelques-uns des autres au contraire durent être cassés et on constata également que l'anode était toujours fortement oxydée sur toute sa surface; la cathode au contraire présenta toujours une surface absolument nette et inattaquée.

Les raisons de la formation des fissures et celles de la marche de cette formation ont déjà été mentionnées ci-dessus. La troisième série d'essais, que nous allons décrire et dont nous donnerons également les résultats, traite cette question plus à fond.

Essais pour déterminer la cause de la formation des fissures.

La formation des fissures peut être attribuée *a priori* à trois causes :

1° La pression intérieure occasionnée par le dégagement de gaz aux électrodes;

2° Les tensions occasionnées par la chaleur locale que dégage le courant électrique;

3° Les tensions occasionnées par l'épaississement des électrodes dû aux réactions chimiques qui se produisent pendant le dégagement de gaz, et en particulier à la formation d'oxyde de fer par suite du dégagement d'oxygène à l'anode.

Les essais devaient être naturellement exécutés dans des conditions variées pour déterminer la cause de la formation des fissures de manière absolument sûre. On exposera en détail le programme et les résultats des essais.

On fabriqua d'abord une série de blocs de 15 cm de côté, munis d'électrodes de la forme III (fig. 3, p. 11); quelques-uns de ces blocs comportaient la même électrode tubulaire que celle qui avait servi aux essais antérieurs, tandis que d'autres possédaient un tuyau d'un diamètre à peu près égal, mais en charbon ou en graphite. Pendant les essais, les blocs étaient exposés à l'air, placés dans du sable humide, ou immergés dans de l'eau douce ou calcaire. On pouvait prévoir, aussi bien dans ces essais que dans les précédents, que les fissures ne partiraient jamais du pôle négatif; en effet, le dégagement d'hydrogène empêche la formation de l'oxyde de fer et, par suite, de tout épaississement.

Dans une partie des blocs, l'électrode de fer ou de charbon en forme de plaque était placée sous le tuyau, quand la plaque formait le pôle positif; il ne se produisit de fissures qu'avec la plaque en fer et non avec la plaque en charbon, pour la raison indiquée ci-dessus.

Une autre série de blocs avait comme dimensions 15, 15, 30 cm de côté; on voulait loger dans un même bloc deux électrodes tubulaires de la forme III (fig. 3, p. 11), l'une de fer et l'autre de charbon. Comme nous le verrons plus loin, ces essais ont également démontré que les tensions intérieures ne peuvent causer la formation des fissures.

En essayant à l'air comprimé des blocs de 15 et de 30 cm de côté, on a constaté qu'il suffit d'une pression très faible pour permettre à l'air introduit dans le tuyau de s'échapper entre le tuyau ou le béton ou à travers le béton jusqu'à la face du bloc.

Tous les essais prouvent que la formation des fissures n'est

Digitized by Google

pas une pression intérieure due à un dégagement de gaz aux électrodes. Le béton est suffisamment poreux pour permettre au gaz de s'échapper, même sous une faible pression. Il est donc impossible que la pression des gaz dans les blocs atteigne la valeur nécessaire pour la formation de fissures, pression que l'on n'a pu obtenir dans les essais qu'avec de l'eau sous pression et non pas avec de l'air comprimé.

Les tensions dues à la chaleur ne peuvent pas non plus être la cause des fissures, car on n'a constaté, pendant les essais, qu'un faible échauffement.

Les fissures, qui ne se produisent que si on emploie un courant continu, sont dues au gonflement des anodes par suite de la formation d'oxyde de fer occasionnée par les réactions à l'anode. Si on emploie un courant alternatif, il n'y a pas d'électrolyse, le pôle positif et le pôle négatif changeant constamment.

Il ne peut se dégager d'oxygène qu'en présence de l'eau, c'est-à-dire de béton humide. Il s'est également produit des fissures dans des blocs exposés à l'air presque en même temps que dans les blocs immergés dans le sable. En effet, les blocs exposés à l'air avaient séjourné dans le sable humide jusqu'au moment où on les avait mis en circuit et ils étaient encore humides au début de l'essai. La résistance électrique était encore si faible qu'on put faire traverser les blocs par le courant prévu de 1/10 d'ampère avec une tension de 140 volts. Ces blocs exposés à l'air se comportèrent au point de vue de l'humidité et de l'intensité du courant au début de la mise en circuit, presque comme ceux qu'on avait placés dans le sable humide et immergés. On peut donc s'expliquer que des fissures se soient produites dans les blocs exposés à l'air, qu'on essaya quand ils étaient encore humides.

Par contre, la résistance électrique du béton sec placé dans de l'air sec est si grande, qu'on ne put, avec les formes d'électrodes employées, faire passer un courant prolongé de 140 volts et de 1/10 d'ampère dans les blocs. Pour prouver cette résistance, on mit en circuit 140 volts, on prit 3 blocs de béton ayant des plaques pour électrodes (forme IV) et ayant séjourné pendant plusieurs mois dans une cave sèche chauffée, en dérivation. Les blocs étaient exposés à l'air dans une pièce sèche pendant les essais, qui durèrent plusieurs mois, sans qu'on pût constater la moindre fissure. L'humidité était très faible et, par suite de la haute résistance électrique, l'intensité du courant ne monta dans ces blocs qu'à environ 1/100 à 1/200 d'ampère, malgré la tension de 140 volts. *Il n'y a donc aucun danger que des constructions en béton armé bien sèches, exposées à un air bien sec, soient détruites par l'action électrolytique.* En effet, dans des constructions au-dessus du sol, les différentes pièces, ainsi que le béton, sont très peu humides et, en raison de la haute résistance électrique, on ne constatera dans le béton que des intensités très faibles; il n'y a donc pas d'oxydation, car l'oxyde de fer se forme, grâce à un dégagement d'oxygène qui ne peut avoir lieu que s'il y a de l'eau dans le béton.

La loi de Faraday sur les décompositions électro-chimiques donne une indication sur la quantité d'oxygène dégagée, et par suite sur la formation de l'oxyde de fer. D'après cette loi, le poids des ions déposés est proportionnel à l'intensité du courant, au temps, et aux équivalents chimiques des ions. Les essais précédents permettent donc, en se basant sur cette loi, de tirer des conclusions approchées sur l'action du courant électrique dans d'autres conditions.

On peut se représenter le dégagement d'oxygène, et par suite la formation de l'oxyde de fer, comme à peu près uniforme sur toute la surface de l'anode, avec les formes d'électrodes employées pour les essais.

Avec la forme d'électrodes IV (fig. 4, p. 11), le courant sortant de l'anode du côté de la plaque tournée vers la cathode est à peu près uniformément réparti sur cette face. Avec la forme d'électrodes III (tuyau et plaque, fig. 3), la densité de courant est, l'une de l'autre aux endroits où les deux électrodes sont très près, plus grande que partout ailleurs; cependant les essais ont montré que l'oxydation des deux électrodes était presque uniforme sur toute leur surface. On peut donc admettre, avec les dimensions supposées, que la densité du courant varie peu sur la face extérieure du tuyau, aussi bien que sur la face de la plaque tournée vers le tuyau. D'après ce qui précède, la surface d'entrée du courant de l'anode avec la forme d'électrodes III aussi bien qu'avec la forme IV (fig. 4, p. 11) se monte à environ 2 dem², en chiffre rond. Il en résulte qu'avec une intensité de 1/10 d'ampère, la densité de courant était d'environ 50 milliampères par décimètre carré pendant les essais.

Une densité de courant aussi forte devait être employée pour obtenir des résultats dans le temps le plus court possible. En réalité, la densité de courant dans les constructions au-dessus du sol, ponts, etc., sera plus faible.

Pour donner une indication sur les densités de courant avec lesquelles on doit compter par suite des courants engendrés par les lignes de tramways électriques, rappelons que des essais, faits en Allemagne il y a quelques années, ont montré que les tuyaux de conduite en fer souterrains doivent être considérés comme mis en danger par ces courants quand leur densité dépasse 0,75 milliampère par décimètre carré.

D'autres essais confirment ce résultat: par exemple, MM. Haber et Krassa ont trouvé qu'une densité de 0,05 milliampère par décimètre carré ne présente encore aucun danger pour les canalisations, mais que celles-ci doivent être considérées comme menacées quand la densité du courant atteint 1 milliampère par décimètre carré.

L'intensité du courant employée pendant les essais de l'école de Darmstadt était donc environ soixante-dix fois supérieure à celle que les essais précédents indiquaient comme dangereuse. On peut considérer 0,75 milliampère par décimètre carré comme la limite admissible pour les courants provenant des lignes de tramways électriques; des mesures de précaution spéciale doivent être prises par les compagnies de tramways si l'intensité dépasse cette limite.

Dans les constructions au-dessus du sol, dans lesquelles le béton est sec, l'intensité des courants sera plus faible que dans la terre humide et on n'aura pas à craindre de destruction par suite de la formation d'oxyde de fer.

A la fin des essais, l'école de Darmstadt a déterminé l'influence de courants de faible densité sur le béton armé; ces essais ne sont pas encore terminés, car une longue durée est nécessaire. Toutefois, en cent vingt jours, on n'a pas pu constater que des intensités de courant de 1/300 à 1/1500 ampères aient occasionné des fissures.

Contrairement au résultat des essais faits en Amérique, on n'a pas constaté non plus dans les essais de Darmstadt que le béton soit devenu friable sous l'action électrolytique des courants.

Essais sur les effets de décharges analogues à celles de la foudre.

Les essais furent divisés en deux parties : A, essais de laboratoire; B, essais sur une construction.

A. — Essais de laboratoire.

Les recherches avaient pour but de déterminer l'effet de la foudre sur le béton armé; car la foudre peut traverser le béton si l'armature qui lui sert de conducteur passe à proximité d'une autre armature sans la toucher.

Pour faire des essais de laboratoire, on se servit d'éprouvettes d'un béton composé de sable basaltique et de débris de basalte, ou de sable et de gravier du Rhin (dosage de 1 : 3 : 3). Les éléments constitutifs étaient les mêmes que dans les essais précédents.

Dans les blocs prismatiques étaient emprisonnées des barres

**

Digitized by Google

de fer rondes de 100 mm de diamètre. Certains couples étaient formés de deux barres situées dans l'axe l'un de l'autre, à une distance de 2, 4, 6, 8 ou 10 mm; pour d'autres couples, les axes des barres étaient parallèles à une distance l'un de l'autre de 2, 4, 6, 8 ou 10 mm, la longueur des bouts de barre en regard l'un de l'autre étant de 30 mm (fig. 6).

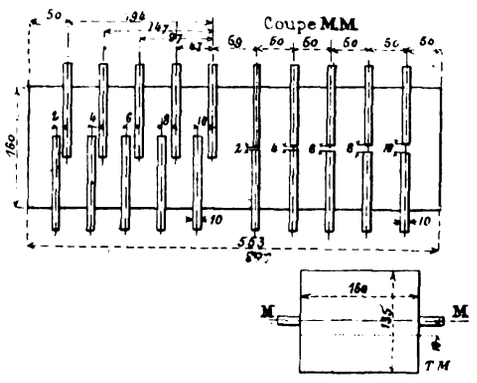


FIG. 6. — Type normal des blocs pour essais sur les effets de décharges analogues à celles de la foudre.

Certains blocs furent essayés humides, ou complètement secs; d'autres, secs à l'extérieur, étaient humides à l'intérieur.

Pour imiter la foudre, on relia les barres de fer au circuit de l'excitateur des ondes de la station d'essais de radiotélégraphie de l'École des hautes études techniques, le béton étant ainsi soumis à des décharges oscillantes. La durée des essais variait de vingt secondes à trois minutes et l'intensité du courant oscilla entre 0,4 et 3,3 ampères, suivant la distance parcourue dans le béton par l'arc voltaïque. D'après les essais, le courant se fraye un passage à travers le béton, et y forme un canal, qui se vitrifie peu à peu à cause du dégagement de chaleur et qui forme un tube dont le diamètre dépend de la durée de passage du courant; la nature de la vitrification dépend des matériaux employés, tandis que son étendue dépend de la durée de passage du courant.

Cette formation de tubes est le seul effet qui ait été remarqué, et on peut dire que des décharges semblables à la foudre, quand l'intensité et la durée du courant sont celles mentionnées, n'ont pas d'influence nuisible sur le béton. Il faut remarquer également que, dans les échantillons humides, on n'observa cette formation que très rarement, ce qui s'explique sans doute par le fait que toute la masse d'un béton humide forme conducteur, et que, par suite, le courant ne se concentrant pas sur une distance restreinte, le dégagement de chaleur est extrêmement faible.

On n'a, dans aucun essai, remarqué la formation de fissures dans le béton sec par suite d'un échauffement local, ou dans le béton humide par suite d'un dégagement de vapeur.

B. — Essais exécutés sur une construction.

Les essais de laboratoire mentionnés plus haut ne peuvent être exécutés naturellement qu'avec des décharges d'énergie faible. Pour exécuter des observations sur une construction, on en a élevé une à Kemptein, sur le Rhin, pour examiner l'effet de la foudre. La construction se compose de 3 colonnes, hautes de 12 m au-dessus du sol, avec fondations de 1,5 m de profondeur; les colonnes ont une section carrée de 25 ou 30 cm de côté et sont réunies à 5 et 10 m au-dessus du sol par des traverses. Les colonnes et les traverses sont armées. Au sommet des colonnes se trouvent des paratonnerres en fer avec une boule en fer à l'extrémité supérieure. L'armature de la construction n'est pas reliée à la terre. Pour déterminer l'effet de coups de foudre, des résistances sont intercalées dans la construction. Elles se composent d'une interruption de l'armature, de sorte que la foudre soit obligée de traverser le béton et de se rendre à terre, non pas directement à travers les colonnes, mais par un détour. Les essais ne sont pas encore terminés; toutefois, l'examen de la construction qui a été fait à la fin de l'année dernière n'a permis de constater aucune modification extérieure apparente. L'école de Darmstadt publiera plus tard les résultats de ces essais.

Essais relatifs à l'influence de courants électriques sur la résistance au glissement des armatures métalliques par rapport à l'enveloppe de béton.

Les blocs étaient formés de ciment de Portland, de sable basaltique et de basalte concassé, ou de ciment Portland et de gravier et de sable du Rhin. Le dosage était de 1 : 2 : 3; le béton devait être détrempé ou plastique et immergé, pendant la mise en circuit, dans l'eau douce et dans l'eau salée. Comme comparaison, on détermina la résistance au glissement dans chaque cas avec des blocs de même nature, immergés de même façon, blocs qui, toutefois, n'étaient pas mis en circuit. Deux blocs de chaque espèce devaient être fabriqués et examinés. Il en résulta le nombre d'échantillons suivant :

2 sortes de mélanges.
2 — d'addition d'eau.
2 — de milieu ambiant.
2 — d'essais (avec et sans courant).
2 — blocs de chaque espèce.

En tout 32 blocs.

Le ciment, les éléments, l'eau et le béton étaient les mêmes que dans les essais précédents.

Les blocs avaient la forme d'un cube de 300 mm de côté, dans lequel était emprisonnée une armature de fer rond de 10 mm de diamètre. La seule opération subie par cette éprouvette avant l'embétonnement avait été un frottage avec un morceau d'étoffe sèche. L'éprouvette avait environ 1 m de longueur et possédait à son extrémité libre un filet devant servir à visser des écrous fournissant un point d'attaque pendant les essais d'adhérence. La tranche de l'extrémité noyée de l'éprouvette affleurait la face correspondante du bloc (fig. 7).

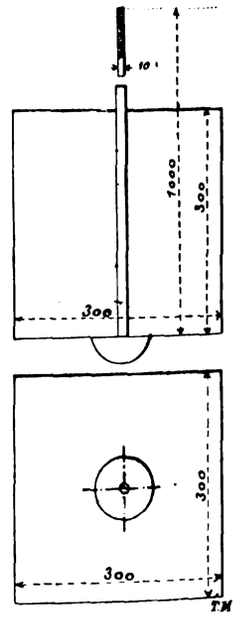


FIG. 7. — Bloc pour essais de résistance au glissement.

Dans tous les cas, l'éprouvette formait l'anode, tandis que la cathode, composée d'une tôle de fer, était suspendue dans le liquide au-dessous du bloc. Pour empêcher que le courant ne passe directement de l'extrémité inférieure de l'éprouvette à la cathode à travers le liquide, une calotte de mortier étanche fut appliquée devant l'extrémité de la barre. L'étanchéité du mortier fut obtenue en ajoutant de la cérésite à l'eau de malaxage.

Après avoir séjourné pendant vingt-neuf jours dans le sable humide, les blocs furent immergés dans l'eau douce ou dans l'eau salée et mis en circuit jusqu'au cinquante-sixième jour, c'est-à-dire pendant vingt-huit jours avant de commencer les essais. Ainsi, pendant quatre semaines, un courant de 1/10 d'ampère environ passa dans les blocs. Un calcul de la résistance au moyen de l'intensité du courant et de la tension aux bornes, montra que la résistance augmenta constamment. Après neuf semaines en tout, tous les blocs furent soumis à l'essai de résistance au glissement. Cet essai eut lieu en arrachant l'éprouvette des blocs et en déterminant la charge sous laquelle le premier glissement visible à l'œil nu commença, de même que la charge maximum atteinte.

Le résultat de ces essais, c'est que la résistance au glissement fut, dans tous les blocs soumis au courant, plus élevée d'environ 11 à 37 °/₀ que dans les blocs qui n'avaient pas été mis en circuit. L'École de Darmstadt explique cette augmentation de résistance au glissement par le fait que les éprouvettes formèrent

Digitized by Google

toujours l'anode et que, par suite du dégagement d'oxygène et de la formation d'oxyde de fer sur la barre, cette dernière devint plus épaisse, et que cet épaississement augmenta la résistance au glissement. Le petit nombre des essais ne permit pas de reconnaître que cette augmentation de résistance au glissement dépendait du milieu dans lequel se trouvent les blocs. L'éprouvette retirée des blocs qui n'avaient pas été mis en circuit ne présenta aucune trace d'oxydation, tandis que la surface des éprouvettes retirée des blocs qui avaient été mis en circuit était complètement oxydée. Cette oxydation était surtout très forte à l'extrémité inférieure de l'éprouvette ; dans trois blocs même, la barre avait été rongée en partie. La forte attaque à l'extrémité inférieure s'explique par le fait que, à cet endroit, le courant parcourt de la cathode à l'anode le chemin le plus court à travers le béton et trouve par suite la résistance la plus faible. A cet endroit, s'effectue par suite un passage de courant relativement plus intense qu'aux endroits de la barre situés plus haut.

On laissa un des blocs en circuit dans l'eau salée pendant cinq mois environ, l'intensité du courant étant d'environ à 1/10 d'ampère. On voulait ainsi déterminer si une durée d'essais plus longue occasionnerait une formation d'oxyde de fer assez considérable pour exercer un effet d'éclatement sur le béton. Cet essai montra qu'il n'en est rien : aucune fissure ne se forma, et on ne mit fin aux essais que parce que l'éprouvette était complètement oxydée à l'endroit où elle entrait dans le béton.

G. MARLIER.

INDUSTRIE TEXTILE

LES MACHINES A FILER

CARACTÉRISTIQUES DES RENVIDEURS ACTUELS POUR LA FILATURE DU COTON ET DE LA LAINE

GÉNÉRALITÉS. — Tout renvideur comporte trois parties principales, à savoir : 1° un *chariot mobile* (*Ch* de la figure 1) le plus rigide possible, en grande partie en bois ; souvent, il est soutenu par les pièces métalliques *h* reposant sur les tourillons o_4 de roues (à rainures) R_2 qui roulent sur des rails horizontaux parallèles fixés au sol. Ce chariot portant une grande quantité de broches en acier *b* identiques et parallèles, reçoit un mouvement de va-et-vient par rapport à un système étireur supporté par une traverse horizontale du bâti ; 2° le *porte système*. Cette partie fixe du renvideur π (qui supporte également le ratelier alimentaire et la main douce) est représentée schématiquement (fig. 2), vue en plan de 4 paires de renvideurs accouplés. La lettre σ indique la position du chariot la plus écartée de π, ω sont des prolongements latéraux de π ; 3° la *têtière T* (fig. 3) est un bâti très résistant qui se compose de deux parties : *a*) la *grande têtière*, située près de π, qui renferme la majeure partie des organes de commande du renvideur : arbre moteur, arbre de dépointage, arbre de sortie, de rentrée, poulies motrices, embrayages à friction pour le dépointage et la rentrée, griffons pour la sortie et les cylindres, arbres à deux temps, etc., etc.) ; *b*) la *petite têtière*, située à l'autre bout de T, qui renferme l'arbre de commande du secteur pour le renvidage, les poulies de renvoi des cordes de commande des tambours de broches, la poulie de renvoi de la corde de retenue, etc.

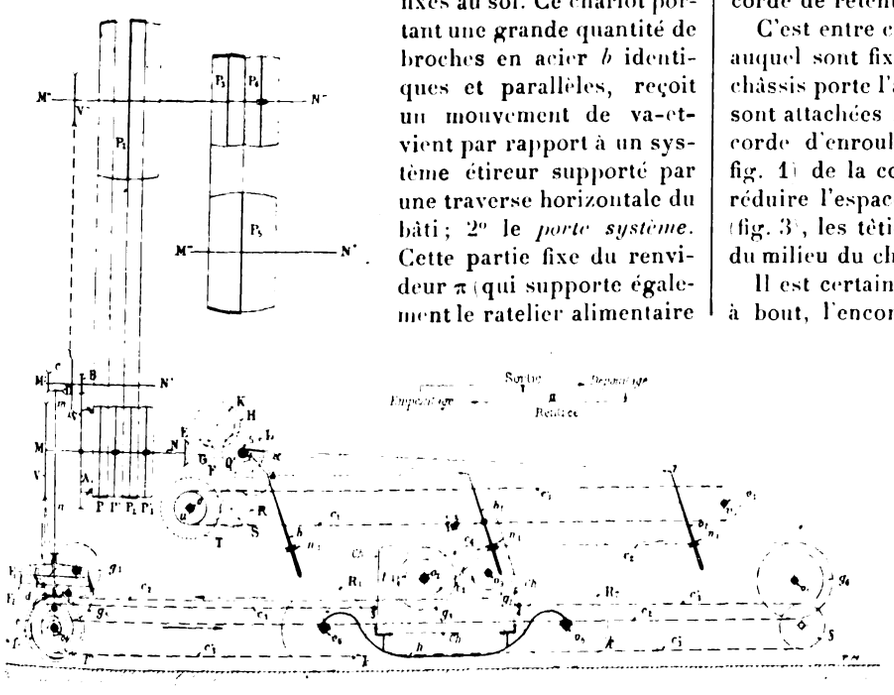


FIG. 1. — Vue en élévation des commandes principales d'un renvideur pour laine peignée ou coton.

C'est entre ces deux têtières que se déplace le châssis en fonte auquel sont fixées les deux ailes, droite et gauche, du chariot. Ce châssis porte l'arbre des tambours de broches, le barillet auquel sont attachées la chaîne du secteur ou chaîne de renvidage et la corde d'enroulement de cette chaîne, la poulie de renvoi (G_3 fig. 1) de la corde de torsion, triple (C_2), etc. Dans le but de réduire l'espace occupé par deux renvideurs situés face à face (fig. 3), les têtières T sont placées un peu à droite ou à gauche du milieu du chariot.

Il est certain qu'avec les têtières au milieu, donc placées bout à bout, l'encombrement de deux renvideurs serait plus considérable. La longueur des renvideurs dépend essentiellement du nombre de broches adopté par machine et de l'écartement :

1° *Pour le coton.* — Les écartements sont suivant les numéros du fil et le genre de fil (chaîne ou trame) par exemple : 1 1 8″ (28mm,5), 1 1/4″ (31mm,7), 1 5/16″ (33mm,5), 1 3/8″ (35 mm) et et 1 1/2″ (38 mm) (données de la maison de construction Dobson et Barlow, à Bolton, Angleterre) (la maison alsacienne Schlumberger donne : 29 à 35, 38 et 40 mm) ; l'écartement varie en raison inverse de la finesse du fil. La longueur d'aiguillée, c'est-à-dire, la longueur de fil enroulée à chaque jeu complet de la machine (ou l'espace parcouru par le chariot) est également variable avec la finesse du fil. La maison de construction Platt Brothers, d'Oldham (Angleterre), donne :

66 pouces	(1m,676)	pour les nos français	14 à 20	(28 à 40 métrique).
64 —	(1m,625)	—	22 à 50	(44 à 100 —).
63 —	(1m,60)	—	50 à 80	(100 à 160 —).
60 —	(1m,524)	—	85 à 100	(170 à 200 —).

en réalité à partir du n° 50 français, par exemple il faut ajouter

Digitized by Google

à 1m,60 ou à 1m,524, 3 pouces, c'est-à-dire 76 mm, pour la longueur de fil supplémentaire délivrée par les cylindres étireurs pendant le renvidage (voir plus loin : roller-motion) ;

2° *Pour la laine peignée.* — Les données de la maison alsacienne Schlumberger sont : 40, 42, 43, 45, 48, 50 et 52 mm comme écartements des broches, et 1m,65 ou 1m,53 comme longueur d'aiguillée ;

3° *Pour la laine cardée.* — L'écartement des broches est par exemple de 55 mm ; il varie d'après le genre de fil. L'aiguillée varie de 1m,829 à 1m,943 (ce sont les données de la firme Duesberg-Bosson, constructeur à Verviers). Ainsi un renvideur de 500 broches à écartement de 55 mm a une longueur totale (y compris la têtière et les deux bâtis extérieurs) de 29m,35. Comme largeur on peut compter sur 6m,55 pour deux machines face à face.

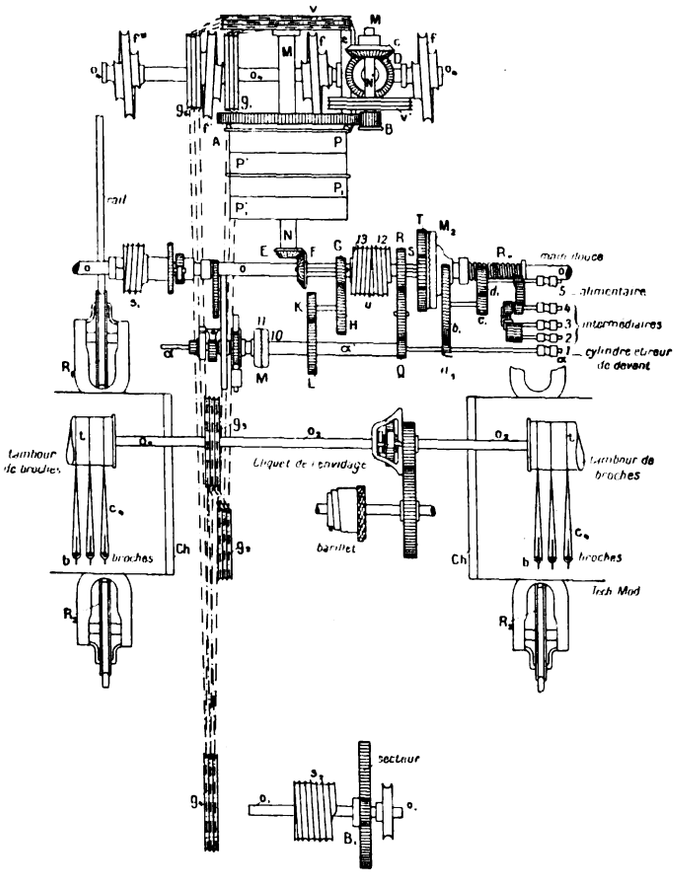


Fig. 2. — Vue en plan des principaux organes de commande d'un renvideur pour laine peignée.

La figure 3 représente la disposition très souvent adoptée pour les salles de filage dans les filatures de coton à étages. Ici les selfactings considérés ont chacun une longueur de 39m,20 environ correspondant à 1070 broches, écartées de 1 pouce 3/8 (2 renvideurs face à face nécessitent une largeur de 6m,10, aiguillée de 1m,62). Ces machines sont disposées perpendiculairement à la longueur de la salle, l'intervalle entre chaque paire de renvideur I, II, III, IV, etc., étant suffisant pour permettre la circulation aisée des ouvriers préposés au garnissage des rateliers. De la sorte, les rangées de colonnes 1 se trouvent entre les rateliers de chaque paire de machine, à une distance d'environ 7 m (écartements entre deux colonnes 3m,50 par exemple). D'un côté, il faudra prévoir une distance suffisante entre les bâtis extérieurs ω et le mur, pour permettre le passage des chariots destinés à transporter des bobines et les cannettes vers le monte-charge. L'arbre de transmission MN, tournant à 250 ou 300 tours-minute, est parallèle à la longueur de la salle et porte une poulie P_5 par selfacting, attaquant par courroie les poulies P_3 ou P_4 (fixe et folle) du renvoi de transmission de chaque renvideur : ce renvoi de transmission étant indispensable pour passer de la vitesse de 250 à 300 tours-minute de la transmission principale à la vitesse de 600 à 900 tours-minute, adoptée pour les renvideurs coton par exemple. Ces renvois portent à leur tour les poulies P_2 de commande du renvideur. Si donc on choisit cette disposition de la figure 3, le constructeur devra fournir le renvideur avec l'arbre moteur perpendiculaire à la longueur de la machine. Cette application de 2 poulies P_3, P_4, fixe et folle, sur les renvois, permet d'immobiliser tous les organes du renvideur par simple déplacement horizontal de la courroie qui va de la poulie P_1 au renvoi, de la poulie P_3 sur la poulie P_4.

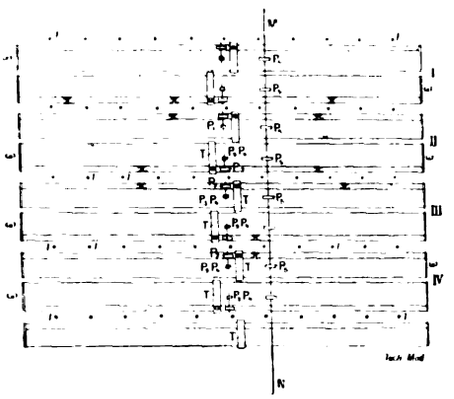


Fig. 3. — Vue en plan de 4 paires (I, II, III et IV) de renvideurs accouplés, disposés perpendiculairement à la longueur de la salle.

Description du fonctionnement général du renvideur.

Le mode de construction du système alimentaire diffère suivant la matière travaillée (fig. 4, 5 et 6).

Dans la figure 4 : les bobines de laine peignée B, de forme généralement cylindrique (mèche enroulée en spires croisées) à simple ou à double mèches (1), sont placées verticalement sur des brochettes en bois verticales *b*, soutenues de manière à faciliter le déroulement des bobines. Ces bobines, fournies par la dernière machine de l'assortiment de préparation, se déroulent par simple traction de la mèche, qui passe ensuite sur une barre ronde en bois *a* pour se diriger vers les œillets lisses du guide alimentaire *g*, animé d'un léger mouvement de va-et-vient très lent dans le sens horizontal, pour répartir l'usure sur une plus grande surface des cylindres étireurs. Le système étireur se compose de deux cylindres : *a*) la paire 5 alimentaire, le cylindre inférieur est cannelé, le cylindre supérieur lisse d'un diamètre suffisant pour avoir assez de prise sur les filaments passant entre deux ; *b*) la paire 1 : cylindres étireurs, le cylindre inférieur en acier et cannelé, le cylindre supérieur est recouvert de drap feutré, entouré

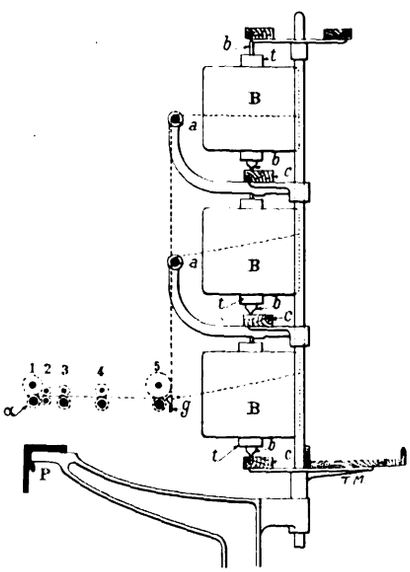


Fig. 4. — Vue en élévation du système alimentaire d'un renvideur pour laine peignée : ratelier à 3 rangées de bobines cylindriques et système étireur à 5 paires de cylindre.

(1) La disposition à double mèche est avantageuse surtout pour les numéros fins.

Digitized by Google

de papier parchemin et pressé sur le premier par levier et contrepoids. Les fibres, parvenant entre ces deux surfaces des cylindres 1, en prennent la vitesse périphérique, qui est par exemple dix fois supérieure à celle de 5, et la matière est étirée de 10 entre 5 et 1. Ces deux paires de cylindres doivent être réglées à un écartement supérieur à la plus longue fibre présente dans la matière à filer. Cet écartement des points de pinçage étant assez grand et variable avec le genre de laine, on dispose entre les deux paires 5 et 1, de deux ou trois paires d'intermédiaires 4, 3, 2, métalliques, que l'on appelle cylindres de soutien et qui ont pour but d'empêcher un entraînement irrégulier des fibres courtes par les fibres longues. La paire 2 doit venir aussi près que possible de 1, et les fibres pincées par 1 peuvent évidemment glisser entre les cylindres soutien. Contre la partie inférieure du cylindre 1 en acier, est pressé un rouleau de propreté garni de peluche, dont le rôle est de ramasser et enrouler les bouts de fils cassés.

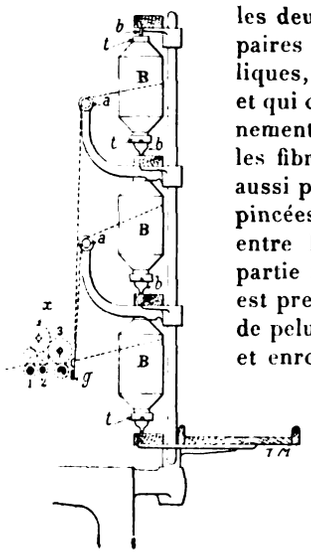


Fig. 5. — Vue en élévation du système alimentaire pour renvideur coton (ratelier à 3 rangées de bobines, système étireur à 3 paires de cylindres).

Comme le montre la figure 2, le cylindre étireur inférieur 1 commandé par l'arbre moteur MN du renvideur, actionne l'alimentaire inférieur 5 par pignons et tête de cheval a_1, b_1, c_1, d_1, lequel commande les intermédiaires.

Le pignon c_1 constitue le rechange pour l'étirage et, suivant le nombre de ses dents, cet étirage peut varier par exemple de 5,5 à 19, 9, notamment dans les machines Schlumberger.

Dans la figure 5 est représenté un ratelier à simple mèche avec trois rangées de bobines cylindro-coniques B. Les numéros fins se filant de préférence à double mèche, le ratelier est alors à trois étages, à doubles rangées de bobines formées de spires accolées, fournies par le dernier banc à broches et placées sur des brochettes en bois b, verticales. Les mèches passent sur les tringles a, dans le guide mobile g et entrent dans le système étireur composé pour le coton de trois paires de cylindres 3, 2, 1, dont les inférieurs cannelés en acier, et deux supérieurs 2 et 1 recouverts de drap feutré, entouré lui-même d'un manchon de cuir lisse, et reçoivent une certaine pression par contrepoids. On donne au cylindre supérieur alimentaire 3 souvent métallique un diamètre suffisant pour que le coton soit suffisamment pincé. L'allongement de la mèche se fait donc en deux fois par suite des vitesses progressives.

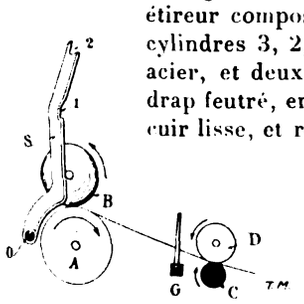


Fig. 6. — Vue en élévation du système alimentaire pour renvideur laine cardée ou déchets de coton.

Le cylindre est commandé comme précédemment, l'étirage total variant par exemple depuis 4 environ jusqu'à 14,8; les écartements entre 3 et 2, ainsi qu'entre 2 et 1 sont proportionnés à la longueur du coton.

Le rouleau x en bois, recouvert de peluche, et reposant sur 1 et 2, a pour but de reprendre les fibres entraînées par le revêtement élastique des cylindres étireurs.

La figure 6 représente un dispositif alimentaire spécial pour renvideur à laine cardée ou à déchets de coton, deux matières qui sont travaillées de la même manière à la filature. La matière première : déchets de coton, ou mélange de laine avec coton, etc. (1), a été démêlée, cardée, régularisée par son passage dans trois cardes successives par exemple; de cette manière, le voile régulier, d'un numéro bien déterminé, détaché du peigneur de la dernière carde, est divisé par des lanières en cuir ou par des lames en acier, en petites bandes parallèles, toutes d'égale largeur et par conséquent de même numéro. Ces bandes sont roulées, frottées entre des manchons de cuir (rota frotteurs) et enroulées en spires croisées sur des bâtons ronds en bois. On obtient ainsi à chaque carde finisseuse quatre bobines ou cannelles à trente fils chacune par exemple. Ces bobines cylindriques B sont déposées sur les rouleaux A en fer-blanc du porte-système du renvideur, le bout d'axe de cannelles reposant contre des pièces S fixées sur l'axe o.

Les fils boudins qui se déroulent des cannelles B, grâce à la rotation, de A passent dans le guide G, puis entre le cylindre alimentaire c et son rouleau de pression D, les vitesses de A et c étant calculées de telle façon, que les boudins soient légèrement tendus. Ici donc, l'alimentation du renvideur est toute différente de celles adoptées pour le coton et la laine peignée, et c'est logique : pour la laine peignée par exemple, la mèche alimentée au renvideur, résultant d'une combinaison judicieuse d'étirages et de doublages à de nombreuses machines (bobinoirs frotteurs) est suffisamment régulière, au point de vue épaisseur et disposition des fibres, pour pouvoir être étirée d'une façon continue entre deux paires de cylindres (1 et 5 de la figure 4) écartées, suivant le genre de laine, de 110 à 250 mm par exemple (de même pour le coton, les écartements entre les paires 3 et 2, et 2 et 1 de la figure sont appropriés à la longueur de la fibre. Ainsi, pour du coton américain, ces écartements seront de : entre 3 et 2, 41mm,2; entre 2 et 1, 28mm,5; pour du coton égyptien, entre 3 et 2, 41mm,2; entre 2 et 1, 31mm,6).

Le fil boudin cardé n'est pas suffisamment régulier au point de vue épaisseur, régularité de longueur de fibres, et disposition des fibres, pour être étiré entre des cylindres, et c'est la raison pour laquelle le renvideur pour cardé fonctionne d'après les principes du métier de Hargreaves. L'étirage au numéro d'ordre est réalisé comme suit : vers le milieu de la sortie du chariot porte-broches, les cylindres C, D (fig. 6) et les dérouleurs cessent de tourner, le chariot continue à s'en éloigner avec une vitesse de plus en plus lente; les fils sont donc étirés entre les cylindres CD et les broches qui tournent, afin de les consolider par torsion. Cet étirage par éloignement du chariot est favorable à la régularité du fil, en ce sens que les grosseurs prennent moins de torsion que les parties minces du fil; elles sont donc plus aptes à s'étirer, et la section se régularise.

Fonctionnement général. — Il était indispensable d'exposer ces différences dans l'alimentation du renvideur pour laine et coton avant de passer au fonctionnement général, qui comporte ordinairement trois périodes, dont l'ensemble constitue une aiguillée, de durée essentiellement variable suivant le genre de fil. Dans le cas de numéros fins, on applique souvent une quatrième période : la torsion supplémentaire. Le modèle qui servira à la description est le selfacting actuellement construit par la maison Schlumberger.

A) Première période : *Sortie du chariot* (fig. 1 et 2). — Le système étireur délivre le fil à vitesse constante, le chariot *Ch* s'écarte (suivant la direction I) du porte-système à vitesse uniforme, les broches b portées par le chariot *Ch* tournent à vitesse constante pour consolider le fil. Ces trois fonctions : étirage, torsion et sortie sont obtenues comme suit :

a) *Délivraison du fil étiré* : Les deux courroies motrices se

(1) La variété des matières premières utilisées dans la filature de cardé est très grande; ce sont, par exemple : laine lavée, laine carbonisée, déchets des peigneurs (blousses), laines artificielles, cotons ordinaires, etc...

Digitized by Google

trouvent sur les deux poulies PP_1 calées sur l'arbre moteur en acier MN (1) et, grâce au train d'engrenages E, F, G, H, K, L, le manchon x', fou sur le cylindre étireur de devant α, reçoit une certaine rotation. Les deux griffons M_1 étant rapprochés (celui de gauche est calé sur x par l'intermédiaire d'un estomac), le cylindre x tourne et communique sa rotation à l'alimentaire 5 par les pignons a_1 b_1 c_1 d_1 (on dispose d'une série de pignons c_1 pour changer l'étirage) et l'alimentaire entraîne à son tour les cylindres intermédiaires 4, 3, 2, 1 (la même disposition se retrouve à gauche de la têtière du renvideur). Pour la laine, par exemple, le nombre de dents de c_1 peut varier de 25 à 60, d_1 peut avoir 50 ou 75 dents, et b_1 : 125, 126, ou 127 dents. Par combinaison, on peut donc obtenir une variété considérable d'étirages. L'étirage entre les cylindres extrêmes 5 et 3 se calcule comme suit :

$$E = \frac{\text{vitesse de sortie}}{\text{vitesse d'alimentation}} = \frac{\delta_1 \times b_1 \times d_1}{\delta_2 \times a_1 \times c_1},$$

où E = étirage, δ_1 = diamètre du cylindre 1 (27 mm pour laine, 25 mm pour coton par exemple) δ_2 = diamètre du cylindre alimentaire b_1, d_1, a_1, c_1, nombre de dents des pignons. Sachant que les numéros sont proportionnels aux étirages, il est aisé d'après cette formule de calculer le nombre de dents à adopter pour le pignon que l'on change.

b) Sortie du chariot. — La sortie du chariot *Ch* à vitesse uniforme est produite grâce à la traction de la corde c_1' qui, à ce moment, s'enroule dans les gorges hélicoïdales 12 du tambour *u* fixé sur un arbre horizontal *o* qui règne sur toute la largeur du métier, en dessous de la traverse du porte-système. La corde c_1' contourne la poulie *v* située à la petite têtière avant de s'attacher par son autre extrémité sur l'axe d'un rochet tendeur 2 porté par le chariot. Tandis que, pendant la sortie, la corde c_1' s'enroule sur *u*, une seconde corde c_1, attachée directement à un second rochet tendeur 1 du chariot, se déroule des gorges 13 de *u* et sert ainsi de corde de retenue. Comme on ne peut passer (sans chocs) directement (au moment de la sortie) de la vitesse *o* (repos) à la vitesse de sortie correspondant au rayon actif des gorges de *u*, ces 2 séries de gorges 12 et 13 se terminent en escargots (gorge à rayons décroissants, forme spiralée : d'où le nom anglais de *scroll*). Le système de rochets et cliquets 1 et 2 sert de réglage pour la tension des cordes. Etant donné que le chariot, par suite de sa longueur et des organes qu'ils portent, est très lourd, et que tous ses points doivent être à la même distance du porte-système, on retrouve à droite et à gauche du métier, c'est-à-dire aux deux extrémités de l'arbre *o* (appelé arbre de main-douce ou de sortie), la même disposition de tambour à gorges *u*, cordes c_1' et c_1, et renvoi *v* (porté alors par les 2 bâtis d'extrémités). Enfin, pour résister aux efforts de torsion considérables auxquels il est soumis, l'arbre *o* doit avoir au moins 40 mm de diamètre. Le ralentissement du mouvement produit par l'enroulement et le déroulement des cordes sur les profils décroissants de *u* supprime les chocs.

La rotation voulue de la main douce *o* pour la sortie est donnée par l'arbre moteur MN, car le manchon x' fou sur x porte l'engrenage Q qui, par intermédiaire et les roues R, S, entraîne la roue T folle sur *o*, mais entraînant ce dernier par intermédiaire de l'assemblage à griffes M_2. Le griffon de droite de M_2 est calé sur *o* par nez et estomac, et pressé contre le griffon de T par le fort ressort R_0.

Si, à présent, nous examinons les deux positions extrêmes *b* et b_2 des broches, au début et à la fin de la sortie, il est visible que, pour que le fil soit tendu entre le système étireur et la broche (1), le déplacement du chariot, c'est-à-dire la distance 6-7, doit être plus grand que la longueur de fil délivrée par les cylindres c'est-à-dire 5,7 — 5,6. Cette variation de l'angle que forme le fil avec l'horizontale fait que, pour une aiguillée de 1m,625 (c'est-à-dire déplacement 6-7), on ne peut compter que sur une longueur renvidée de 1m,600 environ, pendant la rentrée. Cet excès du déplacement du chariot sur la longueur délivrée par les cylindres porte le nom de tirage du chariot; le tirage, qui varie avec le genre et le numéro du fil, est éminemment favorable à la régularité du fil (les grosseurs du fil prennent moins la torsion que les parties minces et s'étirent grâce au tirage); le tirage du chariot $t = \frac{(5\text{-}7) - (5\text{-}6)}{L}$, L étant le développement du cylindre étireur 1, correspondant au déplacement du chariot 6-7.

Le tirage se change par le pignon S (qui a 25, 26, 27, 28, 29 et 30 dents par exemple), tandis que R peut avoir de 43 à 55 dents, et dans le calcul du tirage il faut tenir compte du raccourcissement du fil (par exemple 3 °/₀) dû à la torsion.

Donc l'étirage total, c'est-à-dire le rapport du numéro du fil, au numéro de la mèche alimentée, est en réalité égal au produit de l'étirage par les cylindres, et du tirage du chariot; à remarquer à ce sujet que l'étirage pratique, c'est-à-dire celui que l'on trouve par comparaison des numéros, par exemple, diffère toujours légèrement de l'étirage donné par le calcul; cette légère différence entre l'étirage pratique et l'étirage théorique provient de l'élasticité de la matière à étirer, de l'épaisseur de la matière travaillée, de glissements dans la matière, de la difficulté de connaître exactement le rayon actif des cylindres étireurs entourés de revêtement élastique, etc.

c) La torsion se donne au fil pendant la sortie du chariot, par simple rotation des broches, tiges en acier trempé *b*, portées par le chariot *Ch*; la moitié inférieure qui porte la noix de broche n_1 est cylindrique; l'autre moitié, c'est-à-dire au-dessus du collet, est conique pour faciliter l'enlèvement des bobines. Ces broches *b* qui, pour le coton, par exemple (car le coton nécessite plus de torsion que la laine, par suite de la faible longueur de ses filaments), doivent tourner à de grandes vitesses, sans vibrations, pivotent dans des crapaudines, et sont soutenues vers le milieu par des collets (ces collets sont alésés à 1/4 de millimètre plus grand que la broche en cet endroit, pour éviter les vibrations). Ces collets et crapaudines doivent être maintenus dans un état de lubrification parfait; le diamètre de la noix de broche n_1 est variable : la maison anglaise Platt donne de 5/8" (15mm,9) à 1" (25 mm) de diamètre. La pointe des broches se trouve par exemple 60 mm en dessous du niveau supérieur du cylindre étireur α, en acier; l'angle que fait la direction de la broche avec la verticale est de 16°. Cette dénivellation et cette inclinaison sont calculées de manière que, par simple rotation des broches, les fils sautent par-dessus les pointes coniques des broches à n'importe quel endroit de la sortie du chariot. En d'autres termes, l'angle compris entre le fil et la broche doit toujours être supérieur à 90°. Evidemment, avant que le chariot ne sorte, il faut que, au préalable, le fil soit enroulé sur la partie conique de la broche, c'est-à-dire depuis le sommet de l'enroulement (pointe de la bobine) jusqu'à la pointe de la broche. Cet enroulement de quelques spires de fil (empointé) sur la partie libre de la broche est réalisé lors de l'empointage à la fin de la rentrée du chariot. La rotation des broches pour la torsion est réalisée grâce à la disposition suivante : chaque noix de broche n_1 est entraînée par une corde en coton *c* (2mm,5 de diamètre) qui contourne le tambour en fer-blanc *t* solidaire de l'arbre o_1 porté

(1) Cette disposition de 4 poulies sur l'arbre MN, au lieu de 2 poulies d'une largeur double et une seule courroie, permet d'obtenir un déplacement plus rapide des courroies à la dernière évolution (à la fin de la rentrée), et par conséquent un entraînement plus rapide des poulies fixes PP_1 pour la sortie suivante : donc perte de temps moindre à cette évolution.

(1) En réalité, à fond de course de sortie, le fil n'affecte pas la forme d'une ligne droite 5-7, mais bien celle d'une courbe appelée chaînette, ce qui fait que l'angle formé par le fil et la broche b_2 est plus petit que l'angle obtus $5\text{-}7\text{-}b_2$.

Digitized by Google

par le châssis du chariot *Ch*. Sur cet arbre est fixée la poulie à gorges g_3, commandée par une corde c_3 triple (13 mm de diamètre) en coton à partir du volant de torsion V, calé sur l'arbre moteur MN du renvideur. Cette corde, triple, sans fin, contourne les poulies g_1, g_3 à la grande têtière, g_4 (1) à la petite têtière et g_2 sur le châssis du chariot, toutes à trois gorges comme le volant V et la poulie g_3; le sens de marche de la corde de torsion c_3 est celui indiqué par les flèches (fig. 1). Le diamètre du volant V peut varier de 25 mm depuis 200 jusqu'à 650 mm par exemple, celui de g_3 peut être de 275, 300 ou 332 mm (données de Schlumberger); donc vitesse théorique de broches =

$$\text{Vitesse avec le moteur (750 t/m par ex.)} \times \frac{\text{diamètre V}}{\text{diamètre } g_3} \times \frac{\text{diamètre } t}{\text{diamètre } n_4},$$

de cette valeur, il y a lieu de déduire 4 à 6 % pour le glissement dont l'intensité dépend d'une foule de circonstances et principalement de la tension des cordes.

La torsion que reçoit le fil pendant la sortie dépend donc de deux facteurs : la vitesse de rotation des broches et la vitesse de sortie du chariot; cette torsion en général est inversement proportionnelle à la longueur du textile, et proportionnelle au numéro du fil. Pour les grandes variations, on agit sur le volant V, dont le diamètre est proportionnel à la torsion à produire; pour les variations moindres, la vitesse des broches ne change pas, mais on agit alors sur la vitesse de sortie du chariot, en changeant le nombre de dents du pignon droit K, appelé pignon de marche. Dès lors, pour une délivraison de 1 dem par exemple, par le cylindre étireur α, il est facile de déterminer le nombre de tours de broches correspondant, en tenant compte du diamètre du cylindre α, et du rapport de transmission entre α et les broches (il y a lieu de déduire environ 4 % pour le glissement des cordes), et ainsi on peut dresser un tableau des torsions au décimètre pour une noix de broche de diamètre déterminé, pour un volant V d'autant de millimètres, et un pignon de marche d'autant de dents.

L'arrêt du chariot, à la fin de la sortie, est déterminé par l'ouverture de la friction dentée M^3. Pour diminuer les chocs à la fin de la sortie, les pièces frein situées sous le chariot *Ch* viennent presser légèrement contre des plans inclinés fixés dans le sol. Le débrayage de la friction de main douce M_2, coïncide avec le débrayage de la friction M_1 de cylindres étireurs, et avec le passage des courroies motrices des poulies calées P_1 P sur les poulies folles P' et P'_1. Conséquence : les cylindres cessent de délivrer, l'arbre moteur s'arrête et la torsion cesse.

L'ensemble de ces mouvements constitue ce qu'on appelle la *première évolution*.

Le débrayage des manchons M_1 et M_2, le déplacement des courroies, sont produits par des leviers généralement soumis à l'action d'excentriques de profils bien déterminés, fixés sur un arbre horizontal appelé arbre à deux temps. Dans les renvideurs Schlumberger, par exemple, cet arbre se trouve en dessous de l'arbre moteur MN, dans les renvideurs Platt, au-dessus et à droite de l'arbre moteur. Cet arbre effectue un tour complet par aiguillée, le premier demi-tour à la fin de la sortie, le second à la fin de la rentrée; il reçoit sa rotation de la couronne dentée A folle sur MN, et comme cette rotation doit se faire par intermittence, il porte des manchons d'embrayage à friction. (Les renvideurs Dobson et Barlow ne possèdent pas d'arbre à temps.)

Remarque : Le passage des courroies motrices des poulies fixes PP_4 sur les poulies folles $P'P'_4$ peut se faire un peu avant la fin de la sortie du chariot; celui-ci atteint sa position finale grâce à sa force vive, la vitesse des broches diminue progressivement, la durée de la première évolution est diminuée. Ce mouvement anticipé des courroies, s'il est bien réglé, permet donc au chariot d'atteindre sa position finale sans chocs.

La sortie étant terminée, le fil est donc achevé; il s'agit à présent de l'enrouler sous une forme convenant au transport et aux exigences du tissage. La forme adoptée est celle d'une bobine cylindro-conique représentée schématiquement en section dans la figure 10. Comme on le voit, cette bobine est composée de couches superposées les unes aux autres, ce sont comme des cônes emboîtés les uns sur les autres. Donc, pour pouvoir enrouler le fil sur la dernière couche (renvidée à l'aiguillée précédente), il est nécessaire d'amener le fil fait jusqu'au sommet de l'enroulement en déroulant les spires enroulées sur la partie libre de la broche. C'est ce qui est réalisé pendant la deuxième période.

B) Deuxième période : *Le dépointage*. — Sur l'arbre moteur MN et à côté de la poulie calée P se trouve folle une couronne dentée A, solidaire d'un cône recouvert de cuir qui pénètre dans un creux correspondant de la poulie P; A et son cône constituent la friction de dépointage, et tournent constamment en sens inverse de l'arbre moteur, car A est entraîné par la roue B fixée sur un arbre M'N' (parallèle à MN), que l'on appelle arbre de dépointage et qui fait fonction d'arbre moteur pendant le dépointage et la rentrée. La rotation de cet arbre est donnée par câble et poulies à gorges V' et V'' (sur le renvoi); ce câble passe également sur une poulie guide (non figurée) montée sur vis pour le réglage de la tension. Dès que la sortie est terminée, A et son cône se rapprochent de P; celle-ci est entraînée par friction, l'arbre moteur détourne ainsi que les broches, grâce au volant de torsion V. Mais au moment où ce détour se produit, interviennent deux nouveaux organes : la baguette et la contre-baguette (fig. 7 et 8). Ce sont deux fils de fer parallèles tendus entre des pièces D et C fixées (aux extrémités des deux ailes du chariot) sur deux arbres parallèles A (arbre de baguette) et B (arbre de contre-baguette) portés par le chariot; à intervalles égaux, les fils *b* et *cb* sont soutenus par des leviers courbes R_2R_1 fixés par vis de pression sur A et B. Pendant la sortie du chariot, les deux organes sont inactifs : le fil de fer de la baguette *b* se trouve au repos environ 29 mm au-dessus des pointes de broches (fig. 7), celui de contre-baguette *cb* 8 mm en dessous des fils. Au moment du dépointage, *b* va décrire un arc de cercle suivant la flèche II (fig. 7) pour guider le fil pendant son déroulement, tandis que *cb* va se relever suivant l'arc I pour tendre les fils déroulés, de sorte que, pendant la rentrée, *b* et *cb* occuperont les positions de la figure 8.

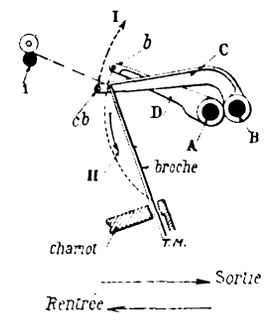


Fig. 7. — Positions de la baguette *b* et de la contre-baguette *cb* pendant la sortie du chariot.

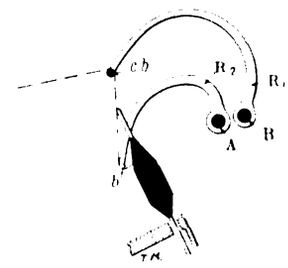


Fig. 8. — Positions de la baguette *b* et de la contre-baguette *cb* pendant la rentrée du chariot.

La descente de la baguette *b*, lors du dépointage, est produite comme suit (fig. 9) (le mécanisme représenté en 9 est emprunté à un renvideur anglais Platt) : sur l'arbre de baguette A et au-dessus du châssis du chariot est fixée une pièce c recourbée, à laquelle est articulé le levier D, levier de liaison, et est attachée l'extrémité d'une chaîne *Ch'*, appelée chaîne de dépointage. La pièce E, fixée à la partie inférieure du levier de liaison, possède une partie plane (contre le galet G_1) et une encoche inférieure.

(1) La poulie g_4 est montée sur vis dans une coulisse du bâti de la petite têtière, de façon à pouvoir régler la tension de la corde de torsion c_3, pour réduire autant que possible les glissements.

Digitized by Google

Le levier de liaison D est réuni par H à la fourche F portée par le chariot, mobile en o_1 et soumise à l'action d'un ressort z (qui applique donc (pendant la sortie du chariot) la face plane de E contre le galet G_1. La chaîne *Ch'*, attachée d'une part à C, contourne le galet G_2 porté par la fourche F et est fixée à son autre extrémité sur une douille W en escargot, folle sur l'arbre des tambours O_2. Dès que le cône de friction embraye avec la poulie fixe de l'arbre moteur du renvideur, les tambours de broches détournent (dans le sens III); dès lors, un rochet non figuré, fixé sur l'arbre O_2, entraîne un cliquet porté par W (que l'on appelle la virgule); la virgule enroule donc *Ch'* qui se tend, puis fait tourner C et l'arbre de baguette A. La baguette descend, vient en contact avec les fils et guide ceux-ci pendant leur déroulement. Le levier de liaison D se soulève jusqu'à ce que l'encoche inférieure de E vienne au niveau supérieur du galet G_1; à ce moment, grâce au ressort z, la fourche F, avec H et D, se déplace vers la gauche; ce déplacement brusque de F dégage la friction de dépointage de la poulie calée de l'arbre moteur, le détour cesse, la baguette cesse de descendre; la virgule W, n'étant plus sollicitée à tourner dans le sens III, détourne (sens II) par le simple poids de *Ch'* qui se déroule et devient lâche. La contre-baguette *c b* n'est pas commandée directement, elle reçoit des mouvements inverses de ceux de la baguette. Ainsi lors du dépointage, quand la baguette descend, la contre-baguette remonte (grâce à l'action de contre-poids) et le fil prend la position de la figure 8. La tension des

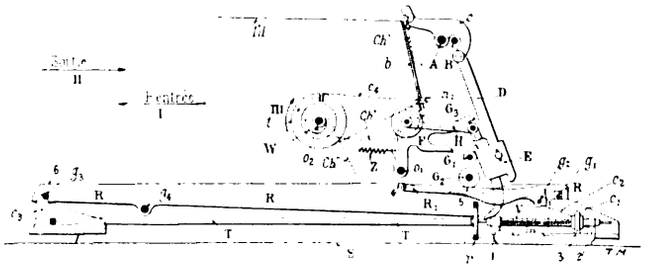


FIG. 9. — Dispositif de commande de la baguette pendant le dépointage et la rentrée du chariot et organes concourant à la formation de la bobine.

fils dépendra, par conséquent, de l'importance des contrepoids de contre-baguette; l'importance de ceux-ci doit donc être proportionnée à la résistance des fils en question (de manière à obtenir une bobine suffisamment serrée, dure). La portion de fil (variable pendant le renvidage) comprise entre les fils de baguette *b* et contre-baguette *c b* porte le nom de réserve.

Mais le nombre de spires à dérouler lors du dépointage, et la position que doit occuper la baguette au début du renvidage, sont essentiellement variables suivant le degré d'avancement de la bobine sur la broche. Donc, au début, pour les premières couches renvidées, le nombre de tours de dépointage sera le plus grand, et la position finale de la baguette, la plus basse. Ceci est réalisé par le fait que la position en hauteur du galet G_1 (qui suit les mouvements du chariot) est variable pendant tout le cours de la formation d'une bobine. Au début, G_1 se trouvant très haut, le chemin que doit parcourir E, et par conséquent la baguette, sera maximum; et le détour sera maximum puisqu'il ne cesse que lorsque l'encoche inférieure de E vient au niveau de G_1. Ensuite, à chaque nouvelle couche renvidée sur la bobine, la position de G_1 descend d'une certaine quantité, proportionnée à la section du fil, et il s'ensuit une diminution correspondante du détour des broches et du chemin parcouru par le fil de baguette.

La distance entre le fil de baguette *b* et les fils est constante au début du dépointage (29 ou 32 mm); donc, si la chaîne *ch'* reste toujours au même degré de tension au début du dépointage, la rencontre des fils par la baguette se fera toujours un peu après que les broches ont commencé leur détour. Or, le chemin parcouru par la baguette au début de la formation de la bobine est beaucoup plus considérable qu'à la fin, alors que la distance que doit parcourir la baguette avant de rencontrer les fils reste, somme toute, constante. En conséquence, si le moment où la baguette commence à descendre, et celui où les broches commencent à détourner sont toujours distants du même intervalle de temps, le déroulement des spires de fils sera défectueux (au début, la vitesse de descente de la baguette serait trop grande, les fils casseraient; à la fin, la baguette ne viendrait pas assez tôt en contact avec les fils). Bref, le retard de la descente de la baguette sur le détour des broches, retard maximum au début, doit diminuer pendant tout le cours de la formation de la bobine, si l'on veut obtenir un dépointage convenable. C'est donc la raison pour laquelle, au début de la formation de la bobine, la virgule W (fig. 9) doit enrouler une certaine longueur de chaîne *Ch'* lâche, avant de produire la descente de la baguette. Cet excès de chaîne doit diminuer au fur et à mesure que la bobine grossit. Ce raccourcissement de la chaîne de dépointage est produit dans la figure 9 par une seconde chaîne *Ch''* enroulée, sur une partie cylindrique de la virgule W en sens inverse de la chaîne de dépointage *Ch'*. L'autre extrémité de la chaîne *Ch''* est fixée en un point (porté par le chariot) qui descend d'une certaine quantité à chaque nouvelle couche renvidée sur la bobine. Lors du dépointage, *Ch''* se déroule de W; dès que le dépointage est terminé, la virgule devenue folle, détourne sous le poids de *Ch'* jusqu'au moment où *Ch''* est tendue. Il se forme donc ainsi un excès de chaîne *Ch'* qui diminue de plus en plus, puisque le point d'attache de *Ch''* descend. D'ailleurs, l'extrémité supérieure de la chaîne *Ch'* est fixée par exemple dans une coulisse de *c* pour pouvoir l'allonger ou la raccourcir suivant le besoin (le moyeu du plateau de virgule W est en hélice parce que la vitesse de descente de la baguette est décroissante pour obtenir un bon dépointage).

C) TROISIÈME PÉRIODE : *Rentrée du chariot et renvidage.* — Aussitôt que la baguette a amené le fil au sommet de l'enroulement de la dernière couche de la bobine, la rentrée doit commencer simultanément avec le renvidage. Nous avons dit précédemment que le déplacement en avant du levier de liaison D (fig. 9) sous l'action du ressort z de la fourche F avait pour effet de dégager la friction de dépointage de la poulie fixe. Ce débrayage de la friction de dépointage coïncide avec l'embrayage de la friction de rentrée située sur l'arbre vertical *mn*, commandé par roues coniques C, D, par l'arbre de dépointage M'N' (fig. 1). Ces deux mouvements constituent la deuxième évolution. Les courroies motrices restent sur les poulies folles P'P'$_1$. L'arbre de dépointage M'N' continue à faire fonction d'arbre moteur. Sur l'arbre vertical *mn*, qui tourne continuellement, peut se déplacer verticalement (sous l'action d'un levier) une cloche F_1 (cloche de rentrée) dont les deux projections intérieures n_1 pénètrent dans des creux correspondant d'un estomac E, calé sur l'arbre *mn* (d'où rotation de F_1). Le cône friction F_2, fou sur *mn*, pénètre en partie dans la cloche creuse F_1; il porte le pignon conique *d* qui engrène avec le conique *e* calé sur l'arbre de rentrée O_4 horizontal, parallèle au chariot (voir également figure 2). Dès que la friction de dépointage se dégage, la cloche F_1 descend, entraîne le cône friction F_2, l'arbre de rentrée O_4 tourne, les deux scrolls *f* enroulent leurs cordes C_3 fixées d'autre part au chariot (en 3), tandis que le contre-scroll *f'* déroule sa corde C_3' qui contourne la poulie δ (montée sur vis dans une coulisse de la petite têtière) avant de s'attacher au chariot en 4. La corde C_3', appelée corde de retenue, a pour effet d'éviter que le chariot ne prenne des vitesses différentes de celles correspondant aux rayons actifs des gorges des scrolls *f* de l'arbre de rentrée.

Nous avons vu dans l'étude de la première période que la vitesse uniforme de sortie du chariot était, à vitesse de broches égale, proportionnée au degré de torsion du fil. Mais la rentrée du chariot, période pendant laquelle le renvideur ne produit pas de fil, doit s'effectuer le plus rapidement possible, et sa durée

Digitized by Google

reste constante et minimum. C'est pourquoi le profil des gorges des scrolls de rentrée *f* est calculé de manière à obtenir un mouvement du chariot uniformément accéléré (depuis le repos jusqu'à une vitesse maximum vers le milieu de la rentrée, correspondant au rayon maximum des scrolls), suivi d'un mouvement uniformément retardé (de la vitesse maximum jusqu'au repos à la fin de la rentrée), de façon que le chariot parte et arrive sans chocs. Le profil de la gorge du contre-scroll *f'* est inverse de celui des scrolls *f* et ces tambours à gorges sont calés sur l'arbre O_4 de façon que, à chaque instant, la longueur de corde enroulée par *f* soit égale à la longueur déroulée de *f'*. Etant donné que l'arbre O_4 ne règne que sur une petite longueur et que les cordes C_3 n'attaquent le chariot qu'à l'endroit du châssis métallique, on dispose généralement d'un quatrième scroll *f''* (fig. 2, p. 20) dont la corde est attachée d'autre part à un tambour à gorges S_4 fixé sur l'arbre *o* de main douce. De la sorte, dès que l'arbre O_4 de rentrée se met à tourner, le chariot étant également sollicité au milieu et aux deux extrémités de ses ailes, rentrera parallèlement au porte-système.

Pendant cette rentrée à vitesse variable, les broches doivent tourner pour enrouler convenablement le fil mis à leur disposition par le déplacement du chariot ; le fil de fer de baguette doit guider le fil pendant son enroulement, celui de contre-baguette doit maintenir le fil constamment tendu.

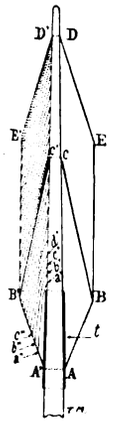


Fig. 10. — Section verticale d'une bobine de forme cylindro-conique : A B, C, C', B', A', fond ou noyau; C, B, E, D, D', E', B', corps de la bobine.

Pour déterminer les lois de rotation des broches pour le renvidage, et les lois de déplacement du guide-fil, il est nécessaire avant tout de connaître les lois de formation de la bobine de forme cylindro-conique. Cette bobine, représentée par la figure 10, est formée sur un tube en papier, glissé sur la partie conique libre de la broche, ce tube est souvent court (*t*) et sert d'assise pour le fond de la bobine. La bobine peut se diviser en deux parties bien distinctes :

1° Le fond ou noyau de la bobine, c'est-à-dire le volume correspondant au triangle ABC ;

2° Le corps de la bobine, c'est-à-dire le volume correspondant à la surface CBED.

Il est visible que le corps est formé par la superposition de couches semblables, de même inclinaison (B'C') et de même épaisseur à la base et au sommet. La quantité dont se relèvera la baguette à chaque nouvelle couche sera donc constante pour le renvidage du corps de la bobine. La différence entre les diamètres extrêmes de renvidage reste sensiblement constante pour tout le corps de la bobine, en d'autres termes le diamètre moyen de renvidage restant le même, le nombre de tours de renvidage sera sensiblement le même pour toutes les couches du corps. En réalité, il y a lieu de faire une légère correction provenant du fait que la broche étant conique, le diamètre moyen diminue très légèrement, ce qui entraîne une légère augmentation du nombre de tours de renvidage (voir plus loin mouvement de serre-pointes).

Pendant la formation du fond de la bobine (A'B'C'CBA), le cas est tout différent : l'inclinaison des couches doit passer petit à petit d'une position voisine de la verticale à celle de la première couche du corps B'C' ou BC et pour cela la quantité *a''b''*, ou marche de base dont se relève le guide-fil à la base de l'enroulement, doit être différente de la quantité dont le guide remonte au sommet, *a'b'* ou marche de sommet; la différence entre les marches de base et de sommet doit diminuer progressivement pendant la formation du noyau pour devenir nulle à la première couche du corps, dont les marches de base et sommet sont égales. Le diamètre moyen de renvidage augmente à chaque couche du fond. Il en résulte une diminution correspondante du nombre de tours de renvidage qui est maximum pour la première couche du fond, et minimum pour la première couche du corps. De plus, une couche quelconque de la bobine est formée de deux parties : *a*) la couche croisante ou descendante, la plus courte, renvidée au début de la rentrée du chariot et constituée par quelques spires, peu nombreuses et fortement inclinées; *b*) la couche montante, la plus longue, formée de spires nombreuses et peu inclinées. Grâce à cet artifice, les spires fortement croisées de la couche descendante viennent serrer celles de la couche précédente ; la bobine est ainsi rendue plus solide et le dévidage meilleur. Le rapport des deux longueurs de couches est par exemple de 1 à 7, on a intérêt à adopter une couche croisante courte pour que la bobine ne s'éboule pas et se dévide bien : ceci constitue un avantage du renvideur sur le continu à filer, dans lequel la descente du chariot porte-anneaux, pour le renvidage de la couche croisante, augmente la tension dans le fil ; le danger de ruptures de fils sera donc d'autant plus grand que la vitesse de descente des anneaux sera plus élevée. Dans le renvideur et pour le renvidage de la couche croisante ou descendante, la vitesse de rotation des broches ira en diminuant puisque le diamètre de renvidage augmente, tandis que la vitesse de descente de la baguette ira en diminuant; au contraire, pour la couche montante, la vitesse de rotation des broches devra augmenter, et le déplacement de la baguette devra augmenter également.

En résumé, pendant la formation d'une bobine complète :

1° La vitesse de rotation des broches diminue pendant la formation du fond de la bobine, le nombre de tours de renvidage reste sensiblement constant pour le corps, mais à chaque instant la vitesse des broches pendant la rentrée doit être inversement proportionnelle au diamètre de renvidage ;

2° La vitesse de déplacement du guide-fil (baguette) est inversement proportionnelle au diamètre de renvidage ; les quantités dont se relève ce guide-fil au sommet et à la base de l'enroulement sont variables pendant la formation du fond et constantes, pendant la formation du corps.

Cette question du renvidage est donc en réalité assez complexe.

Les positions de la baguette pendant la rentrée sont données par la règle R et par ses platines ou calibres C_1 C_2 et C_3 (fig. 9) ; la vitesse variable des broches pour le renvidage et obtenue par le secteur (fig. 11) dont l'invention est due à l'anglais Roberts.

On examinera tout d'abord les organes concourant à la formation de la bobine et qui sont la règle R et ses calibres (fig. 10).

Lors du dépointage, le levier de liaison vient se poser par son encoche inférieure sur le galet G_1 ; le contact constant du plan inférieur de E avec le galet G_1, est assuré grâce à des ressorts puissants reliés à l'arbre de baguette A, ressorts qui tendent à faire revenir la baguette vers le haut. De cette manière, le levier de liaison et par conséquent la baguette recevront des déplacements proportionnés aux déplacements en hauteur du galet G_1 ; or, les tourillons du galet G_1 et du galet G_2 sont portés par un petit chariot, qui peut glisser verticalement dans des glissières du bâti du chariot, tout en suivant le mouvement de celui-ci. Le galet G_2 roule sur un rail R, appelé règle de formation de la bobine (copping rail) dont le profil 4, 5, 6, est établi d'après le déplacement que doit recevoir la baguette pendant le renvidage d'une couche du corps par exemple. Donc, de 5 à 4, la baguette descend rapidement; de 4 à 6, elle remonte lentement; le point 4 s'appelle extrême-point, il correspond à la position la plus basse de la baguette. La règle R possède des tourillons g_1 et g_2 reposant sur le calibre C_1, platine de bases (c'est la position de C_1 dans le sens horizontal qui règle la hauteur de l'extrême-point 4) et sur le calibre C_3, platine des sommets. Les profils de ces calibres de bases C_1 et de sommets C_3 sont calculés d'après les marches de bases et de sommets de la bobine à obtenir et en fonction des bras de leviers des organes. Les constructeurs fournissent fréquemment la règle articulée en deux pièces R et

Digitized by Google

R_4, R_1 articulé à R près de l'extrême-point 4 et soutenu à son autre extrémité par un troisième calibre C_3.

L'adjonction de R_1 et C_3 a pour but d'assurer que les positions initiale (de G_3 en 5) et finale (de G_3 en 6) soient au même niveau. Les déplacements convenables des points 5, 6 et 4 sont obtenus par le déplacement, à chaque nouvelle couche, des calibres C_1, C_2 et C_3 sur des glissières horizontales. A cet effet, une pièce de prolongement 3 des calibres de bases forme écrou sur une tige filetée V soutenue horizontalement par 1 et 2. A chaque nouvelle couche et lors de la rentrée, le secteur, en s'inclinant vers la grande têtière, soulève un cliquet qui fait avancer d'une certaine quantité un rochet de formation de la bobine R calé sur la vis V. La rotation de la vis entraîne un déplacement vers la gauche des calibres C_1, C_2, C_3 (car C_3 participe aux déplacements de C_1, C_2, grâce à la tige de liaison T) et un abaissement correspondant des deux extrémités de la règle de formation. Les déplacements de la baguette et de la règle, étant proportionnels au diamètre du fil, le nombre de dents du rochet r devra être proportionnel au numéro du fil; donc, si deux rochets r et r' correspondent aux numéros N et N', on aura $\frac{r}{r'} = \frac{N}{N'}$.

A numéro égal, si on veut par exemple augmenter la grosseur de la bobine, il faudra augmenter le nombre de dents du rochet r

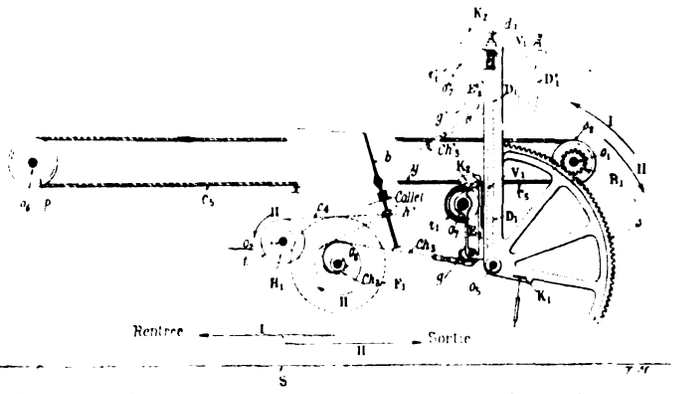


FIG. 11. — Dispositif de commande du secteur et de broches pour le renvidage du fil pendant la rentrée du chariot.

et inversement. On pourrait aussi modifier le déplacement des calibres à chaque couche, en adoptant un autre pas de vis pour V ou en modifiant la course du cliquet qui actionne le rochet r. Ce cliquet est commandé à partir de la coulisse K_1 du secteur (fig. 11). C'est à propos de la commande des broches pour le renvidage qu'intervient le secteur (fig. 11).

L'arbre o_2 des tambours de broches porte un pignon fou H_4 qui, lors du renvidage, est entraîné dans le sens II par la roue dentée F_1, calée sur l'axe o_5 d'un tambour cylindrique qui se termine en escargot et que l'on appelle le barillet. H_1 est solidaire d'un plateau porte-cliquet, lequel, quand il tourne dans le sens II, grâce à un ressort à pattes, entraîne un rochet calé sur l'axe o_2; les broches sont donc sollicitées de tourner dans le sens qu'elles avaient pour la torsion, par les tambours en fer-blanc t et par les cordes en coton C_4. La rotation du barillet dans le sens II, pour le renvidage, est produite par le déroulement de la chaîne Ch_3 très résistante, fixée d'autre part, sur le moyeu d'un rochet r_1, retenu par le cliquet K_2, et porté par une pièce E_1 dont une projection pénétrant à l'intérieur du bras creux D_1 forme écrou sur la vis V_1 de ce bras D_1 du secteur. Ce bras D_1 est mobile au point o_3 et porte un secteur denté s, concentrique à o_3 et commandé par la roue B_1 calée sur l'arbre O_1 transversal à la petite têtière. Cet arbre porte également un tambour à gorges s_2, actionné par la corde C_5 qui contourne la poulie guide p, folle à la grande têtière, et qui est attachée en x et y en deux points du chariot. Le mouvement de sortie du chariot (II) produit par conséquent une certaine rotation du secteur s dans le sens II, et lors de la rentrée (I) le bras du secteur s'incline vers la grande têtière dans le sens I. Les déplacements angulaires du secteur s et de son bras D_1 sont proportionnels aux déplacements linéaires du chariot, puisque le nombre de tours de renvidage et du barillet est proportionnel à la longueur renvidée, donc au déplacement du chariot. On a, en effet, $N_R = \frac{L}{\pi d}$, N_R = nombre de tours de renvidage L, longueur renvidée, d diamètre considéré. En réalité il y a deux cordes C_5, fixées d'une part sur le tambour à gorges s_2 et d'autre part en x et y au chariot; si $C_5 y$ se déroule pour la rentrée, la corde $C_5 x$ s'enroule et inversement.

Lorsque le chariot est complètement sorti, le bras du secteur D_1 occupe la position des traits pointillés D'_1, qui fait par exemple un angle de 15° avec la verticale, tandis que la position extrême vers le bas du bras D_1 à fond de rentrée, sera écartée de D'_1 d'un angle de 90° environ. Dans ce dernier cas, le rapport de couche totale à couche croisante sera de $\frac{90°}{15°}$, c'est-à-dire $\frac{6}{1}$. Lors du renvidage de la première couche du fond de la bobine, l'écrou du secteur occupe sa position E_1 la plus basse, position déterminée par le nombre de tours de renvidage à obtenir. Comme la chaîne Ch_3 contourne le galet g de l'écrou E_1 avant de s'attacher sur le moyeu de r_1, la position de ce galet g doit être considérée comme point d'attache de Ch_3 sur D_1. Donc, pour la première couche, g se trouve très rapproché de O_3. Le chariot rentre, g tourne de 90° autour de o_3, la chaîne Ch_3 se déroule du barillet et les broches tournent de $\frac{L}{\pi d} \times \frac{F_1}{H_1} \times \frac{t}{n'}$ tours.

L, longueur de chaîne déroulée, d diamètre du barillet, F_1 et H_1 nombre de dents de F_1 et H_1 et t et n' diamètres du tambour t et de la noix n'. L étant maximum, le nombre de tours sera maximum et conviendra pour la première couche. A chaque nouvelle couche, la vis V_1 tourne d'une certaine quantité, l'écrou remonte sur le bras D_1. Les positions g à la fin de la rentrée seront de plus en plus rapprochées de la grande têtière. La quantité dont se rapproche le point d'attache g, du barillet augmentant, la longueur L déroulée diminue, le nombre de tours de renvidage diminue pour être minimum lorsque l'écrou du secteur occupe sa position la plus haute, en E'_1 par exemple, qui correspond au renvidage de la première couche du corps de la bobine. Donc, à mesure que le diamètre moyen de renvidage augmente pendant la formation du noyau de la bobine, l'écrou, en s'élevant le long du bras du secteur, diminue le nombre de tours de renvidage. Pour le renvidage du corps de la bobine, l'écrou restera en E'_1. Mais le secteur doit encore communiquer à chaque instant aux broches une vitesse inversement proportionnelle au diamètre de renvidage, c'est-à-dire une vitesse décroissante pendant l'enroulement de la couche descendante, et croissante pour le reste de l'aiguillée. Or, il est visible que lorsque le bras du secteur se déplace de la position D'_1 à la position verticale D_1, les longueurs de chaîne déroulées du barillet, pour les déplacements angulaires égaux du secteur, diminuent, car les projections horizontales d'arc égaux augmentent de D'_1 à D_1; l'inverse se produit lorsque le secteur se déplace de la position verticale jusqu'à sa position extrême à la fin de la rentrée. En d'autres mots, pour des déplacements angulaires égaux du secteur, les quantités dont se rapproche l'écrou du barillet augmentent pendant les premiers 15° de rotation, puis diminuent pendant le reste, la position verticale D_1 du bras du secteur correspondant au renvidage, à vitesse minimum, sur le diamètre maximum de la bobine.

La montée de l'écrou le long du bras du secteur, pour diminuer le nombre de tours de renvidage pendant la formation du noyau de la bobine, est généralement réalisée automatiquement au moyen de *régulateurs*. Les différents systèmes de régulateurs appliqués aux renvideurs sont très nombreux, mais ils fonctionnent tous de la même manière et il suffira d'indiquer ici les conditions que doit remplir un bon régulateur. Si, à un moment

Digitized by Google

donné de la formation du fond de la bobine, la position de l'écrou est trop basse pour le diamètre de bobine considéré, le nombre de tours de renvidage sera trop élevé; les broches cherchent à enrouler plus de fil que la quantité mise à leur disposition par la rentrée du chariot; il en résulte, à la fin de la rentrée, une diminution correspondante de la réserve de fil, comprise entre la baguette et la contre-baguette. La position de cette dernière pendant la rentrée est déterminée par la tension des fils. Si donc l'écrou du secteur est trop bas, par suite de la diminution de la réserve à la fin de la rentrée, la contre-baguette occupera une position trop basse. C'est pourquoi les régulateurs actuels fonctionnent d'après la position de la contre-baguette *à la fin de la rentrée*. Donc, s'il y a lieu, le régulateur sera armé à la fin de la rentrée, il fera remonter l'écrou pendant la sortie du chariot. Evidemment, des oscillations de la position de la contre-baguette pendant le cours de la rentrée n'impliquent nécessairement pas une position de l'écrou trop basse, mais proviennent du fait que le mécanisme secteur pour le renvidage ne fonctionne pas d'une façon mathématiquement exacte; à chaque instant, la longueur enroulée par la broche ne correspond pas exactement au déplacement du chariot; si la différence est en faveur de l'un ou l'autre, la contre-baguette descend ou remonte par suite de la variation de la réserve. C'est également pour cette raison que la contre-baguette doit pouvoir se déplacer le plus aisément possible; on augmente, par exemple, sa sensibilité en la faisant reposer sur des galets; le frottement de glissement de l'arbre de contre-baguette dans ses supports fixés au chariot est remplacé par un frottement de roulement. Un bon régulateur doit réaliser des montées d'écrou de plus en plus petites pendant la formation du noyau : c'est pourquoi, dans le système Schlumberger, le mécanisme comporte un plateau muni d'une nervure en escargot; dans les renvideurs Hetherington (Curtis), une vis à filet dégressif, etc. Enfin le régulateur doit se mettre automatiquement hors d'action lorsque le fond de la bobine est terminé, c'est-à-dire lors du renvidage de la première couche du corps. Le mécanisme doit, en outre, comporter un organe changeable, de manière à pouvoir modifier les montées d'écrou si l'on vient à changer de numéro de fil.

Cependant, la broche étant conique, si on conserve exactement la même vitesse de renvidage pendant toute la formation du corps de la bobine, il se formera à la fin de la rentrée (après empointage) des vrilles de plus en plus grandes dans le fil, les bobines deviendront molles surtout au sommet. Pour éviter la formation de vrilles exagérées, l'ouvrier sera donc obligé de faire redescendre légèrement l'écrou du secteur.

Cette légère accélération de vitesse peut être réalisée automatiquement par des mécanismes serre-pointe. En principe, ils ont pour but de raccourcir la chaîne du secteur pendant la formation du corps de la bobine. A cet effet, une seconde chaîne enroulée sur le moyeu du rochet r_1 de l'écrou du secteur en sens inverse de la chaîne Ch_1, fait tourner ce rochet, la chaîne Ch_1 se raccourcit et, de la sorte, à la fin de chaque rentrée se déroule de plus en plus sur le profil décroissant du barillet. Ce déroulement de Ch_1, sur un rayon de plus en plus petit de la partie en escargot du barillet, produit par conséquent une accélération de vitesse des broches de plus en plus grande au sommet de l'enroulement et les pointes de bobines ou cannettes sont bien serrées. Le réenroulement de la chaîne du secteur sur le barillet est réalisé pendant la sortie suivante, grâce à un système de contrepoids et une corde enroulée sur le barillet en sens contraire de la chaîne du secteur. A la fin de la rentrée se produit l'empointage, c'est-à-dire l'enroulement de la réserve de fil sur la partie libre de la broche. A la fin de la rentrée, la pièce recourbée, située à la partie inférieure du levier de liaison D (fig. 9), vient buter contre un plan incliné situé en dessous de la grande têtière. Le chariot continuant à se déplacer, l'encoche inférieure du levier de liaison se dégage du galet G_1, la baguette reprend brusquement sa position de repos au-dessus des fils, grâce à ses ressorts, tandis que la contre-baguette s'abaisse brusquement et la réserve de fil, libérée par ces deux mouvements inverses, s'enroule sur la partie libre des broches, grâce à leur rotation finale. Comme le nombre de spires de fil empointé diminue à mesure que la bobine grossit, le relèvement de la baguette doit se faire de plus en plus tard; c'est pourquoi le butoir qui produit ce relèvement est incliné (de manière que la rencontre soit de plus en plus retardée). Enfin, pour éviter qu'au début de la sortie suivante le fil ne se déroule de la broche, par suite de la rotation de celle-ci, de l'inclinaison des broches et de la tension du fil, il est bon de renvider un peu de fil au sommet de la couche; c'est pour cette raison que très souvent la règle de formation de la bobine présente, du côté de la grande têtière, une petite déclinaison sur laquelle vient rouler le galet G_1 à la fin de la rentrée. La rentrée du chariot est limitée par sa rencontre avec des butoirs fixes, sous le porte-système étireur. A la fin de la rentrée, l'arbre à deux temps effectue son second demi-tour; il en résulte : déplacement des courroies motrices des poulies folles sur les poulies calées de l'arbre moteur, soulèvement de la cloche de friction de rentrée, fermeture des frictions dentées des cylindres étireurs et de l'arbre de main-douce, et nous nous retrouvons dans les conditions du début. Cependant, l'instant où les cylindres se mettent à tourner et le moment auquel le chariot commence à sortir ne coïncident pas toujours exactement; en effet, grâce au mouvement de retard des cylindres, ceux-ci se mettent à tourner un peu après le départ du chariot, et ainsi les vrilles qui pourraient exister dans les fils disparaissent. Une autre remarque à faire, c'est que pendant la rentrée on applique souvent le mouvement de délivraison par les cylindres (appelé en anglais : roller-motion). Pendant le renvidage, la position spéciale de la baguette qui guide les fils et de la contre-baguette qui les tend, a pour résultat de refouler légèrement la torsion vers les cylindres étireurs. Si donc ceux-ci tournent lentement pendant le renvidage, la torsion refoulée se répartira sur cette longueur de fil alimenté, et cette délivraison, de 60 mm par exemple, équivaudra à un supplément de production, car l'aiguillée sera somme toute allongée de cette longueur. Cette rotation lente des cylindres est donnée à partir d'un rochet fixé sur l'arbre de main-douce, et d'un système de plateau (fou), cliquet et train d'engrenages. Le sens de rotation de la main-douce pendant la rentrée produit, grâce à un ressort garni de cuir, l'entraînement du cliquet et plateau et par conséquent des cylindres à vitesse lente. Le sens de rotation inverse pendant la sortie (et la rotation rapide des cylindres) dégrène le cliquet du rochet.

Renvideurs pour numéros élevés.

Dans le cas de fils fins, la torsion étant proportionnelle à la racine carrée du numéro, on n'a pas le temps de donner toute la torsion pendant la sortie, et l'aiguillée complète comporte alors une *torsion supplémentaire*.

A la fin de la sortie, grâce aux débrayages des griffons des cylindres et de main douce, le chariot et les cylindres étireurs s'arrêtent. Mais, bien qu'à la fin de la sortie, l'arbre à deux temps ait effectué son premier demi-tour, le guide-courroie, grâce à un levier sous l'action du compteur de torsion, reste vis-à-vis des poulies calées sur l'arbre moteur; le volant de torsion continue, par conséquent, à faire tourner les broches jusqu'à ce que les fils aient reçu le complément de torsion voulu. A ce moment, un doigt du compteur de torsion, qui, généralement, prend sa commande sur une vis de l'arbre moteur, déclenche le levier-guide-courroie, qui, grâce à son ressort, amène les courroies sur les poulies folles, la torsion cesse, le dépointage peut avoir lieu. Le compteur comporte un pignon changeable permettant de limiter la durée de la torsion supplémentaire. Connaissant le rapport de transmission entre le doigt du compteur et les broches, ainsi que

Digitized by Google

la longueur de l'aiguillée, il est possible de dresser un tableau des torsions au décimètre, par exemple, pour les différents volants de torsion et les différentes roues de rechange du compteur. Il faudra, évidemment, tenir compte des pertes de vitesse dues aux glissements des cordes. Le calcul est analogue à celui indiqué pour la torsion pendant la sortie (sans compteur).

Par suite de la torsion considérable qu'il reçoit, le fil se raccourcit entre la broche et le système étireur : il en résulte donc des tensions qui peuvent provoquer la rupture du fil. C'est pourquoi, quand il y a torsion supplémentaire, et pour compenser le raccourcissement du fil, on fait tourner légèrement les cylindres étireurs; cette légère livraison est produite grâce à une vis de l'arbre moteur et à une série d'engrenages dans laquelle est intercalé un système de plateau, avec cliquet et rochet, qui, pendant la torsion supplémentaire, transmet la rotation de l'arbre moteur aux cylindres étireurs. Le système est dégréné lors du dépointage. L'une des roues est amovible pour permettre de régler à volonté la quantité de fil livrée par ces cylindres.

Dans les renvideurs pour laine cardée, pour compenser le raccourcissement du fil pendant la torsion supplémentaire, s'il y a lieu, on fait revenir légèrement le chariot sur les cylindres. Cette rentrée légère du chariot pendant la torsion supplémentaire est produite par le mouvement de recul du chariot.

Dans le but de diminuer la durée de la torsion, certains conducteurs anglais (Dobson et Barlow, Threlfall, etc.) appliquent à leurs machines la *double vitesse des broches* pour les numéros fins, c'est-à-dire que, lors de la torsion supplémentaire, un second volant, par exemple, de plus grand diamètre, commande les broches. Grâce à cette double vitesse, le degré de torsion voulu est plus rapidement atteint, la production augmente. Cette double vitesse est atteinte par utilisation de deux volants de torsion de diamètres différents ou par double vitesse du renvoi de commande du selfacting. Dans le premier cas, la vitesse de l'arbre moteur sera constante pour toute la torsion; dans le second, elle sera plus considérable à la fin qu'au début.

Un autre mouvement intéressant peut être appliqué aux renvideurs pour numéros fins : c'est *l'étirage par le chariot*. La qualité la plus recherchée pour un fil fin est certainement la régularité; si bien que la préparation de la matière soit conduite, lors du filage, le fil présente toujours des irrégularités d'épaisseur que l'on cherche à diminuer autant que possible. Si on soumet un cordon fibreux quelconque à la torsion, on remarque aisément que les grosseurs prennent moins de torsion que les parties minces, qui, en conséquence, se consolident; si alors on opère sur ce cordon une traction suffisante, c'est-à-dire un étirage, ce sont les grosseurs qui vont s'étirer, puisqu'elles sont relativement peu tordues, et il en résultera une régularisation du produit.

Les mécanismes qui réalisent cet étirage par le chariot peuvent être de deux types :

1° Ceux dans lesquels les cylindres cessent complètement de tourner un peu avant la fin de la sortie, tandis que le chariot continue son mouvement de sortie, mais avec une vitesse ralentie pour ménager les fils pendant leur étirage (renvideurs Asa-Lees et C°, d'Oldham);

2° Dans ceux-ci, les cylindres étireurs sont débrayés un peu avant la fin de la sortie, mais alors une seconde commande agit pour les faire tourner lentement. L'intervention de cette seconde commande des cylindres complique la machine. Au moment où la rotation lente des étireurs commence, le chariot reçoit sa vitesse ralentie, évidemment en tout cas supérieure à la vitesse de livraison du fil, pour qu'il y ait allongement (renvideur Platt, d'Oldham, Dolson et Barlow, de Bolton, etc.).

Certes, le fil sera mieux ménagé dans le second cas que dans le premier, et l'idéal serait de communiquer, vers la fin de la sortie, aux étireurs (et au chariot), une vitesse *décroissante*.

Cette double vitesse du chariot est obtenue par l'application de mouvements différentiels très intéressants.

VARIATION DE FORCE ABSORBÉE PAR UN RENVIDEUR. — Il est intéressant de dire enfin quelques mots au sujet de ce point spécial.

Les constructeurs anglais recommandent les chiffres de base suivants :

110	broches par cheval	pour numéros	bas	(coton)
120	—	—	moyens	—
130	—	—	fins	—
et 75 à 100	—	—	pour la laine.	

Ces chiffres qui peuvent être considérés comme de bonnes moyennes pour l'estimation de la force absorbée par un renvideur n'ont rien d'absolu, la force prise par une machine quelconque dépendant d'une foule de circonstances.

Si l'on considère deux machines fournies par la même maison, l'une peut marcher plus facilement que l'autre. Les variations des conditions atmosphériques influent sur la tension des cordes et des câbles, sur l'état de lubrification des organes, sur la résistance que la matière textile oppose au travail, etc.

La force absorbée, proportionnelle à la vitesse adoptée pour les broches, dépend aussi de leurs dimensions, de leur écartement, des diamètres du volant de torsion, et de la noix de broche, du réglage des frictions de dépointage et de rentrée, de la tension des cordes, du graissage des supports, poulies, crapaudines, collets de broches, etc.

Les causes de variation de force prise sont donc très nombreuses, et il ne faudrait pas trop s'étonner, si, dans des conditions défavorables, soixante broches absorbaient un cheval-vapeur. De plus, dans un renvideur, la force prise varie non seulement d'un tour à l'autre, mais encore pendant le cours d'une aiguillée complète : c'est un fait évident que la force absorbée pendant la sortie du chariot est toute différente de celle nécessitée pour le dépointage et la rentrée. La détermination de la force prise à différents stades du cycle de mouvements est assez difficile; par de nombreuses mesures dynamométriques, on peut établir une bonne moyenne qui conduira ainsi à un résultat sensiblement exact.

Au début de la sortie du chariot, la force absorbée est énorme, puisqu'il faut faire passer la masse considérable du chariot et de ses organes, d'une vitesse nulle correspondant au repos, à la vitesse de sortie et qu'il faut lancer les broches à la grande vitesse à laquelle elles doivent tourner pour effectuer la torsion et vaincre la résistance qu'oppose le textile à l'étirage.

Il faut lire avec soin les indications dynamométriques et observer la vitesse du renvoi de transmission au début de la sortie, avec une précision dont dépend également l'exactitude des résultats. Le chariot étant arrêté près du porte-système étireur, le renvoi de transmission tourne à pleine vitesse sur la courroie de commande sur les poulies folles du renvideur; dès que les courroies passent vis-à-vis des poulies calées, le chariot *doit* sortir à la vitesse voulue, et les broches doivent tourner à leur vitesse normale. Comme il est impossible d'atteindre instantanément ces vitesses sans chocs, ces courroies motrices glissent, permettent au chariot et aux broches d'arriver graduellement à la vitesse donnée par le rapport de transmission. Si, à l'aide d'un tachéomètre, on examine cette rotation de broches, on observe qu'elles n'atteignent leur vitesse maximum qu'après un parcours du chariot, de 30 à 90 cm, suivant les circonstances. Suivant les métiers, suivant les conditions, la perte de vitesse par glissement au début de la sortie, varie de 10 à 30 %. Au départ du chariot, la courroie de commande fléchit d'une façon marquée, par suite de la tension soudaine qu'elle subit.

Dans la figure 12 sont représentés trois diagrammes dynamométriques.

Le diagramme A concerne un renvideur, coton, de 636 broches,

Digitized by Google

dont la vitesse de rotation normale est de 9 100 t/m. Au départ du chariot, la vitesse du renvoi était de 410 t/m, la vitesse normale de ce renvoi, 460 t/m, n'était atteinte qu'après 2 1/2 s (donc, près de 11 °/₀ de glissement). Malgré le nombre relativement peu élevé des broches, la force absorbée s'élève à près de 25 ch pendant la première seconde de l'aiguillée. Les courroies et les cordes étaient probablement nouvellement placées et bien tendues au moment de l'essai. Dès que le chariot et les broches ont acquis leurs vitesses, la force prise descend rapidement, et après environ 2 1/2 s, les conditions normales étant atteintes, la force absorbée par le renvideur reste à peu près stationnaire, 11 1/2 ch, jusqu'à la fin de la sortie qui dure 7 s. L'arrêt du chariot, à la fin de la sortie, produit une chute presque intantanée, mais comme certains organes sont encore en mouvement, la courbe ne descend pas jusqu'au zéro, d'autant plus que les organes du dépointage entrent immédiatement en action. Dans le cas A, la durée du dépointage est de 2 1/2 s, la force prise étant de 1 1/2 ch, valeur somme toute relativement élevée, étant donnée la nature des mouvements pendant cette période.

Pour les deux autres diagrammes B et C, la force est moindre; elle est inférieure à 1 ch; cette différence est peut-être due à un réglage différent de la friction de dépointage, tension de la corde de commande de l'arbre de dépointage, etc. Le dépointage terminé, la rentrée du chariot commence, et si on examine les courbes A, B et C, on remarque que ce départ du chariot, d'une position de repos, ne paraît pas provoquer une augmentation considérable dans la force prise, peut-être parce que les cordes de rentrée s'enroulent d'abord sur les petits rayons des scrolles, pour passer ensuite sur des rayons de plus en plus grands et produire l'accélération voulue. Cette augmentation progressive du rayon d'enroulement des cordes de rentrée correspond à une augmentation de la force, qui, pour le diagramme A, atteint près de 3 ch (vers le milieu de la rentrée), puis la courbe redescend jusqu'au zéro, qui est atteint quand le chariot vient rencontrer ses butoirs. La force moyenne, absorbée par ce renvideur, pendant une aiguillée complète (durant 12 s), est donc de 8,89 ch, ce qui correspond à 71,5 broches par cheval.

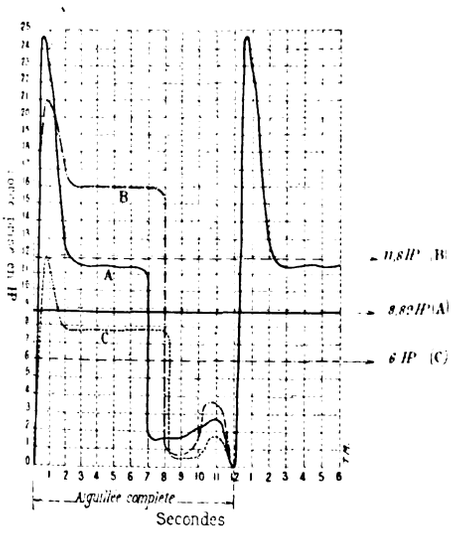


Fig. 12. — Diagrammes des forces absorbées par 3 renvideurs au cours d'une aiguillée complète. — Courbe A : S, A, de 636 broches. Renvoi 460 t/m Force moyenne, 8.894 HP; Courbe B: S. A, de 1.000 broches. Renvoi 422 t/m Force moyenne 11.8 HP. Courbe C: S,A, de 524 broches. Renvoi 520 t/m Force moyenne 6 HP.

L'allure des courbes B et C est analogue à celle de A. Dans la courbe B, correspond à un selfacting de 1 000 broches, 8 000 t/m, la force absorbée au début est très peu élevée, ce qui est dû à des glissements considérables; cette particularité donne donc au renvideur B un avantage apparent qu'il n'aurait pas si ses courroies et ses cordes étaient dans les mêmes conditions que celles de A.

La force normale de 16 ch pendant la sortie, atteinte au bout d'environ deux secondes, concorde bien avec celle de la courbe A, puisque le nombre de broches a passé de 636 à 1 000; le chariot est donc plus long. Cependant, les broches tournent à 8 000 t/m au lieu de 9 100 t/m.

Pendant la rentrée, la force prise est un peu plus élevée que pour A, ce qui est logique. Si l'on compare la force prise moyenne de chaque renvideur à son nombre de broches, on trouve que

pour A, le nombre de broches moyen par cheval est de 71,5
pour B — — est de 84,7
pour C — — est de 87,3.

Ces valeurs sont peu élevées si on les compare aux chiffres indiqués précédemment. Mais on peut obtenir de meilleurs résultats d'un métier qui travaille dans des conditions ordinaires : c'est le cas pour le diagramme de la figure 13.

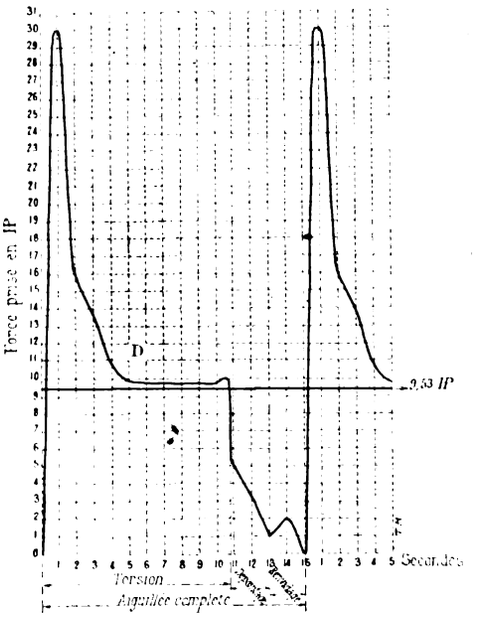


Fig. 13. — Diagramme des forces absorbées par un renvideur de 1.000 broches tournant à 7.500 t/m (courbe D). Force moyenne 9,53 HP.

La force moyenne, 9,53 ch, est peu inférieure à la force normale de 10 ch environ, nécessaire pendant la torsion, et la moyenne obtenue de 105 broches par cheval, est bien supérieure aux moyennes obtenues des diagrammes de la figure 17. La variation de force prise pendant le dépointage, qui varie de 1 à 5 ch, est assez forte; mais il est probable que ces valeurs ne seraient pas aussi élevées, au début du dépointage, dans un renvideur où l'on utiliserait le mouvement de déplacement anticipé d'une ou de deux courroies avant la fin de la sortie du chariot; le renversement du sens de rotation de l'arbre moteur par la friction de dépointage est alors moins brusque.

Les diagrammes de la figure 12 résultent d'un grand nombre de lectures dynamométriques. L'aspect d'un diagramme relevé au cours d'un essai, présente une allure analogue à celle de celui de la figure 14; la courbe présente même des ondulations plus marquées que dans la figure 14. Ces ondulations, ces irrégularités sont dues tout autant au dynamomètre qu'au renvideur, et pour certaines périodes, telles que le dépointage et la rentrée, il ne s'ensuit pas que la portion de la courbe correspondante soit correcte. Les changements de sens soudains dans la marche du métier, la rapidité avec laquelle il doit effectuer ses évolutions, ne

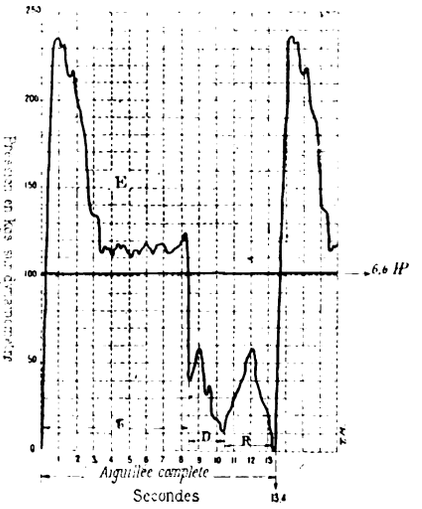


Fig. 14 — 578 t/m pour le renvoi. Diagramme des forces absorbées par un renvideur de 600 bouches tournant à 7.450 t/m. T, torsion; D, dépointage; R, renvidage. Force moyenne 6,6 HP.

Digitized by Google

permettent pas à l'indicateur du dynamomètre de descendre à la pression réelle avant que d'autres mouvements n'entrent en jeu. Ce fait doit évidemment fausser les indications quand on passe d'un mouvement tel que la sortie à un autre : le dépointage, période pendant laquelle la force prise est faible et ne dépasse guère 1 ch.

Ce renvideur de 600 broches (fig. 14) nécessite donc, en moyenne, 6,6 ch environ, ce qui correspond à 91 broches par cheval.

Dans un autre essai, sur un renvideur de 1000 broches, 9800 t/m, écartement, 31 2/3 mm (fil n° 50 français), aiguillée, 14,5 s dont 8,7 pour la sortie ; la force moyenne est de 9,9 ch, ce qui donne 110 broches par cheval.

Pour les 3 1/2 premières secondes de la sortie, la force moyenne était de 20,7 ch. Pour le reste de la sortie elle était de 8,35 ch ; 1,56 ch pour le dépointage, et 2,3 ch pour la rentrée.

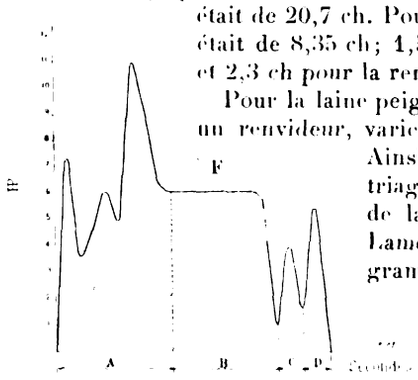


FIG. 15. — Courbe F des forces absorbées pendant une aiguillée (Renvideur pour laine cardée — 360 broches). — A, sortie du chariot (torsion, étirage) ; B, torsion supplémentaire ; C, dépointage ; D, rentrée et renvidage.

Pour la laine peignée, la force absorbée par un renvideur, varie d'une manière analogue. Ainsi, dans son ouvrage sur le triage, le peignage et la filature de la laine peignée, M. Paul Lamoitier représente un diagramme dynamométrique des forces absorbées par un renvideur de 600 broches, écartement, 43 mm, tournant à 6900 t/m, et filant du n° 52. Au début de la sortie, la force atteint près de 28 ch, elle est, en moyenne, de 18,7 ch pour les trois premières secondes de la sortie, et d'un peu plus de 7 ch pour le reste de la sortie ; pendant le dépointage, elle descend à 2,4 ch en moyenne, et à 1,4 ch pour la rentrée. Le nombre de broches par cheval étant, d'après la force moyenne, d'environ 80.

Pour la laine cardée, les diagrammes sont analogues, mais présentent cependant une particularité (fig. 15) ; au début de la sortie, la courbe s'élève rapidement au delà de 7 ch, puis peu après le milieu du parcours de sortie, la force atteint près de 11 ch, cet accroissement étant provoqué très probablement par le fait que, dans le renvideur pour laine cardée ou déchets de coton, les cylindres alimentaires s'arrêtent, le chariot continue sa sortie à vitesse ralentie et l'étirage se produit. C'est donc, par suite de la résistance qu'offre la matière à l'étirage que se produit l'accroissement de force prise. Pour le restant de l'aiguillée, l'allure du diagramme est semblable aux précédents.

Il résulte donc de tout ceci, que la force absorbée par un renvideur durant une aiguillée complète est extrêmement variable.

Dans les filatures de laine et de coton, un même arbre de transmission commande par renvoi tout un groupe de renvideurs.

Les renvideurs ne sont jamais tous au même instant à la même période de l'aiguillée, car de deux renvideurs qui se font face, l'un sort quand l'autre rentre, et inversement. Pour le calcul des arbres de transmission, on peut donc se baser sur la somme des forces moyennes de chaque machine, et non pas sur les maxima dont on a parlé ci-dessus. Et, à ce point de vue, la commande par groupes assez conséquents est la plus favorable. Quand on dispose de force motrice électrique, on peut, par exemple, placer le moteur de puissance calculé d'après le nombre de machines, à l'extrémité de l'arbre de commande du groupe considéré. C'est la disposition qui est appliquée à la filature Falcon, à Bolton. Cette filature, d'environ 100 000 broches, munie de matériel système Dobson et Barlow, et spécialisée pour les numéros fins, travaille des cotons américains Sea-Island et égyptien fin. Un groupe de vingt-quatre renvideurs de 1350 broches, est commandé par un moteur électrique de 250 ch utilisant du courant triphasé à 50 périodes. Par suite de la variation considérable de force prise par ce genre de machine, il semble qu'on doive en conclure que l'application de la commande individuelle par moteur électrique ne peut être économique. Cependant, la Société de construction électrique Max Schorch et Cie, de Rheydt, (Allemagne), a appliqué cette commande à un groupe de vingt-quatre renvideurs pour cardé, dans les ateliers Gebr. Wiede, à Werden. Chaque moteur à courant alternatif de 5 ch, complètement cuirassé, avec induit fermé, porté par consoles fixées au mur ou au plafond, commande par courroie le renvoi d'un selfacting de 360 broches. Le rendement effectif de ce moteur spécial est de 90 % demie charge, 91 % à pleine charge, et de 83,5 % à 100 % de surcharge. Pour une aiguillée de 21 s, pendant les trois premières secondes, la force prise était au maximum, de 9 ch, pour les 18 secondes restantes, elle était de 5-6 ch et même moins. Donc, si l'on considère une heure de marche, le moteur de 5 ch devrait produire 9 ch pendant 8,5 minutes, c'est-à-dire marcher avec 80 % de surcharge, en supposant que la machine marche sans interruption pendant une heure.

Conclusion.

Il résulte de cette étude rapide du fonctionnement des renvideurs, que les organes opérateurs qui sont : les cylindres étireurs, les broches, la baguette et la contre-baguette, reçoivent les mouvements cités à des moments bien déterminés. C'est ce qui explique l'intervention de toute la série de commandes et mécanismes spéciaux énumérés, et rien d'étonnant que ces machines soient d'un aspect aussi compliqué. C'est à M. R. Arkwright (de Bolton) que revient l'honneur d'avoir construit en 1768 la première machine à filer qui put donner des résultats pratiques. Il est difficile de croire que cet inventeur n'ait d'ailleurs pas eu connaissance des essais tentés par Lewis Paul et James Hargreaves, un anglais, qui, en 1764 était parvenu à construire un métier à 8 broches. Mais c'est vers l'année 1780 que Samuel Crompton (de Bolton), construisit son premier « Meele Jenny » qui comportait 20 à 30 broches et qui fut le véritable ancêtre des renvideurs actuels. Dans cette machine, Crompton combinait le système étireur du « water frame » de Arkwright avec le chariot voyageur (porte broches) du « spenning Jenny » de Hargreaves. Cette nouvelle machine possédait toutes les caractéristiques essentielles des renvideurs actuels, mais cependant nécessitait l'intervention de l'ouvrier lors du dépointage et de la rentrée. En 1818, William Eaton invente le mouvement de « copping » (formation de la bobine) et démontre ainsi la possibilité d'opérer mécaniquement tous les mouvements d'un « meele » de Crompton, mais le mouvement différentiel des broches pour le renvidage était obtenu par un mécanisme trop compliqué et imparfait. C'est alors que, sur demande des filateurs du Lancashire, M. Richard Roberts, mécanicien, étudie (en 1825) la question et en 1830 parvient à retenir un métier à filer « selfacting » c'est-à-dire automate, ceci en imaginant le fameux secteur de renvidage avec écrou voyageur, et dès ce moment les principes généraux du métier ne changent plus, toutes les inventions qui suivent ne portent plus que sur des détails de construction, l'application de mécanismes spéciaux dans le but d'augmenter la production de la machine, d'améliorer la qualité du fil produit, etc., etc.

Bref, les renvideurs actuels sont parvenus à un tel degré d'exactitude et de perfection dans leurs mouvements, qu'il paraît presque impossible de pouvoir en obtenir plus sans les compliquer davantage, ce qu'il faut éviter avant tout.

Edouard Fontigny.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Pont tournant à commande électrique des chemins de fer de l'État autrichien.

Le pont tournant dont il s'agit, étudié et construit par la maison Brown-Boveri (filiale de Vienne), est en service à la gare d'Attuang Puchheim.

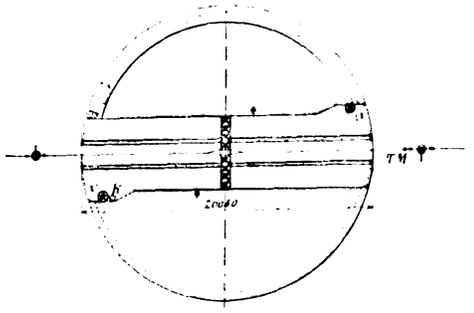


Fig. 1. — Vue de la cuve du tablier et du tracteur.

La longueur des rails portés par le tablier est de 18 m; la vitesse est de 1 tour à la minute et la puissance de 125 t.

Le courant employé est du triphasé 220 volts 48 périodes; la commande est faite par un tracteur attelé à l'une des extrémités du tablier (fig. 1).

Le tracteur, dont le poids total est de 400 kg, comporte un lourd caisson de fonte, qui constitue la portion principale du poids adhérent; il porte sur le chemin de roulement par une roue unique, et se compose de trois chambres distinctes.

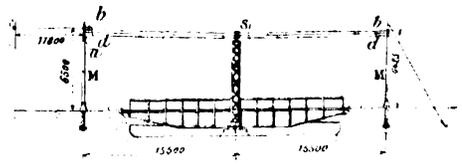


Fig. 2. — Coupe montrant les fils et le portique d'alimentation.

La chambre antérieure renferme le moteur; elle est fermée par un couvercle qui sert en même temps de point de suspension du moteur; ce couvercle comporte deux ouvertures permettant la visite des anneaux du moteur.

Le moteur (9 ch) tourne à 690 tours-minute; il est relié à la roue motrice par une double paire d'engrenages.

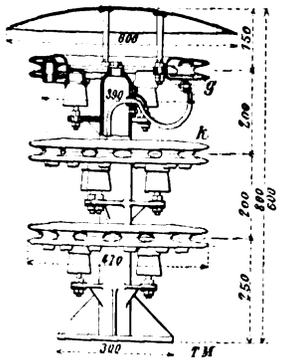


Fig. 3. — Pôles circulaires de contact.

La chambre centrale contient la roue motrice et l'une des paires d'engrenages, l'autre paire étant disposée contre l'une des faces extérieures du caisson et protégée par un carter.

Les divers organes du tracteur sont disposés de telle sorte que le centre de gravité de l'ensemble tombe sur l'axe de la roue motrice, et que la totalité du poids contribue à l'adhérence.

La chambre arrière est disposée de telle sorte qu'on puisse la charger, en cas de besoin, pour augmenter l'adhérence.

Le graissage est assuré par un réservoir à huile, placé à la partie supérieure du caisson.

L'alimentation du moteur est faite par trois fils aériens disposés au-dessus du pont (fig. 2); ces fils sont en bronze siliceux de 8 mm et sont espacés de 0m,20 entre eux; des ressorts d'acier sont intercalés pour compenser la dilatation des fils; les câbles d'amenée du courant sont établis en caniveau jusqu'à l'un des poteaux M et ils s'élèvent à l'intérieur de ce poteau jusqu'à une boîte de jonction a; la prise de contact au-dessus du pivot principal du pont est faite au moyen de boucles entourant trois pôles circulaires suivant un dispositif assez original.

La figure 3 donne la disposition des trois pôles en question, formés par des anneaux superposés à 0m,20 d'intervalle; chacun de ces anneaux porte, à sa périphérie, douze poulies à gorge, assurant un contact certain; les poulies sont protégées contre les influences atmosphériques par un couvercle annulaire k et l'ensemble est recouvert d'un couvercle métallique.

Les anneaux g portant les trois pôles sont fixés, par des isolateurs, à une colonne de fonte, reliée au pont par un portique de fer profilé; cette colonne et ce portique servent de support à un câble armé à trois conducteurs reliant le tracteur aux trois pôles de prise de courant.

Un contrôleur k est disposé à l'extrémité du tablier pour la manœuvre du pont.

A. S.

Les automotrices à accumulateurs(1).

Les Chemins de fer de l'État Prussien multiplient rapidement le nombre de leurs automotrices à accumulateurs, et cela après plusieurs années d'essais scrupuleusement suivis.

Ils n'avaient, en 1907, que six automotrices en service, ils en auront bientôt deux cents. La traction par accumulateurs est donc maintenant possible. Le changement n'a pas été brutal : il n'y a pas eu de révolutions dans l'art de construire les accumulateurs, ni de découverte sensationnelle dans l'industrie de l'automotrice électrique; mais des améliorations paraissant chacune peu importante en elle-même, ont, en s'additionnant, rendu réalisable économiquement le mode de traction qui a toujours été reconnu, même par ses adversaires, comme celui qui présente le maximum de sécurité d'exploitation : la traction par accumulateurs.

L'automotrice à accumulateurs permet une exploitation économique, même en traitant à forfait pour l'entretien des accumulateurs avec le constructeur qui les a fournis. Ces forfaits, qui augmentent les frais d'exploitation des bénéfices du constructeur, permettent tout au moins d'éviter les surprises et de régler à l'avance les sommes à dépenser par voiture-kilomètre.

Même, dans ces conditions défavorables, ces dépenses sont faibles parce que l'entretien des moteurs est à peu près nul, et que la dépense d'énergie est très petite.

Cette énergie emmagasinée, dans la batterie, a été produite à bon marché, en usine, à puissance constante, c'est-à-dire dans les conditions de production les plus économiques. Si le kilowatt-heure ainsi produit revient à 0 fr 07, prix normal pour une installation de quelque importance, on utilise sur l'automotrice à accumulateurs de l'énergie dont le prix réel, en tenant compte du rendement de la batterie (70 °/₀ en watts), et du rendement des moteurs (85 °/₀), est 0 fr 087 par cheval-heure, réellement utilisé à la jante.

Il est bien certain qu'aucune voiture benzo-électrique, aucune locomotive à vapeur ne peut produire le cheval-heure à un prix approchant.

En ce qui concerne les dépenses totales, nous pouvons

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 7 (1er octobre 1912), p. 247.

Digitized by Google

d'ailleurs citer quelques chiffres qui se rapportent à l'exploitation des automotrices normales des Chemins de fer prussiens.

Ces voitures, constituées, en réalité, par deux voitures semblables, réunies par un accouplement, peuvent contenir cent voyageurs. La batterie d'accumulateurs Tudor est placée dans deux compartiments disposés l'un à l'avant, et l'autre à l'arrière du wagon.

Deux des six essieux qui portent le wagon sont moteurs. La puissance de chacun des moteurs est de 85 ch. La batterie est établie pour assurer sans recharge un parcours de 100 km.

La vitesse en palier atteint 60 km à l'heure; elle est encore de 36 km à l'heure sur une rampe de 25 °/₀.

Le poids de la voiture en ordre de marche, mais non compris les voyageurs, est de 55 t, dont 17,5 pour les accumulateurs.

On peut estimer à 90 000 fr le prix de la voiture.

La dépense d'énergie électrique est très petite : 0 fr 15 par voiture-kilomètre, en comptant le kilowatt-heure de charge à 0 fr 10, ce qui est un maximum à prévoir.

Les frais totaux sont d'environ 0 fr 55 par kilomètre-voiture, y compris les dépenses d'exploitation pures, ainsi que celles occasionnées par l'amortissement et les intérêts, y compris aussi les dépenses d'entretien des accumulateurs qui font l'objet d'un forfait avec le fabricant.

Dans le cas où le prix du courant serait le double du prix indiqué, les frais d'exploitation des automotrices à accumulateurs seraient encore toujours nettement inférieurs à ceux des voitures benzo-électriques, par exemple, qui, d'après les expériences faites jusqu'ici, coûtent environ 0 fr 80.

Avec la traction à vapeur, le coût du train-kilomètre est tellement élevé, que deux automotrices à accumulateurs peuvent circuler pour le même prix.

Doubler la fréquence des départs sans augmenter les frais d'exploitation, cette considération, à elle seule, rendrait populaire en France, où le public est toujours pressé, les automotrices à accumulateurs que les Allemands ont méthodiquement adoptées pour leur marche régulière et sûre. L. G.

CHIMIE INDUSTRIELLE

A propos de la formation de l'azoture d'aluminium à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote.

La préparation de l'azoture d'aluminium au four électrique à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote, d'après l'équation :

$$Al^2O^3 + 3C + N^2 = 2AlN + 3CO$$

fut mentionnée pour la première fois par Th. L. Wilson, en 1895 (brevet anglais 21 755). Mais c'est au Dr O. Serpek et à la « Société générale des nitrures » que revient l'honneur d'avoir rendu cette réaction pratique et d'avoir par là réalisé une méthode industrielle de synthèse de l'ammoniaque (on sait que l'azoture d'aluminium, traité par les alcalis, met en liberté de l'ammoniaque).

Sur ce sujet, Serpek et d'autres chimistes (1) ont pris dans ces dernières années de nombreux brevets, mais une étude scientifique du problème n'avait pas encore été publiée. Aussi lira-t-on avec intérêt la description des recherches qu'a entreprises Walter Fraenkel dans ce domaine, recherches qu'il expose dans « Zeitschrift für Elektrochemie » (numéro du 15 avril 1913) et dont voici les conclusions :

1° La formation de l'azoture d'aluminium à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote commence avant 1400° C lorsqu'on emploie du charbon en poudre très fine (suie). La réaction devient très vive au-dessus de 1500° C.

2° La réaction se fait à peu près avec la même rapidité, soit que l'on emploie l'azote à la pression atmosphérique, soit qu'on l'emploie sous pression réduite. (On peut descendre jusqu'à une pression d'environ 250 mm de mercure.)

3° L'oxyde de carbone diminue la vitesse de formation de l'azoture d'aluminium. Le phénomène donne lieu à un état d'équilibre qui se produit à :

1 500° C pour 25 à 40 °/₀ d'oxyde de carbone en volume.
1 600° C — 50 à 65 °/₀ —

4° L'alumine est réduite par le charbon avec formation de carbure d'aluminium : Al^4C^3, lorsque le mélange est chauffé dans une atmosphère d'oxyde de carbone sous une pression qui peut varier de 20 à 65 mm de mercure. Dès 1500°, cette réaction se produit avec une vitesse notable.

5° La vitesse de la réaction est variable suivant la qualité des charbons que l'on emploie. M. B.

(1) Voir G. Coutagne : « Notes bibliographiques sur l'azoture d'aluminium ». Grenoble, 1912.

Préparation de la potasse et du ferrosilicium à partir du feldspath.

Axel Lindblad, de Ludvika, chauffe un mélange, fait dans certaines proportions, de feldspath potassique, de charbon et de fer dans un four électrique. Il se forme, d'une part, un sel de potasse qui est soluble dans les terrains riches en humus et d'autre part, du ferrosilicium.

Le sel de potassium ainsi obtenu, qui porte le nom d' « Elektrokali » est, paraît-il, un engrais très intéressant. A ce point de vue, il est même supérieur aux sels potassiques allemands, en ce sens qu'il ne contient pas de chlore.

Les premiers essais de préparation ont été faits en 1912 aux « Sandsta Elektriska Smaltsverks » à Ludvika (Suède) avec un four de 500 kw. — Pour être employée comme engrais, la scorie potassique n'a besoin que d'être broyée dans des moulins à galets. Elle contient en moyenne 11 °/₀ de potasse.

M. B.

Méthode iodométrique de dosage des persulfates.

Les persulfates sont aujourd'hui d'un usage courant dans la pratique industrielle, et nombreux sont les chimistes qui ont à s'occuper de ces produits. C'est pourquoi il ne sera peut-être pas sans intérêt de signaler la nouvelle méthode de dosage que leur applique M. Erich Müller, méthode simple, rapide et dont la précision est comparable à celle du procédé de Le Blanc et Eckardt (sulfate ferreux et permanganate).

Le principe en est le suivant : Quand on ajoute de l'acide persulfurique ou un persulfate à une lessive de soude caustique diluée, dans laquelle on a dissous une quantité suffisante d'iodure de potassium, en faisant en sorte que la liqueur reste alcaline, elle se colore bientôt en jaune clair par suite de la formation d'acide hypoiodeux. (On reconnaît d'ailleurs facilement la présence de cet acide à son odeur d'iodoforme.) Cette coloration disparaît lentement à la température ordinaire, plus rapidement si l'on chauffe, et l'on constate alors que la solution contient un iodate. A ce moment, le résultat de la transformation peut être représenté par l'égalité suivante :

$$(1) \quad 3S^2O^8K^2 + KI + 6KOH = 6SO^4K^2 + IO^3K + 3H^2O.$$

Si maintenant on acidifie avec de l'acide sulfurique dilué, l'acide iodique mis en liberté réagit sur l'acide iodhydrique d'après l'équation :

$$(2) \quad HIO^3 + 5HI = 3I^2 + 3H^2O.$$

Si bien que, lorsque la réaction 1 s'est effectuée complètement, il a été mis en liberté une quantité d'iode que l'on peut calculer d'après l'égalité :

$$(3) \quad S^2O^8K^2 + 2KI = 2SO^4K^2 + I^2.$$

Digitized by Google

Il ne reste plus qu'à titrer cet iode avec de l'hyposulfite pour en déduire la quantité d'acide persulfurique mis en réaction.

Voici maintenant comment l'auteur recommande d'opérer :

On prépare une solution binormale de soude caustique (cette solution ne doit pas libérer trace d'iode en présence d'iodure de potassium et d'acide sulfurique dilué. De plus, la soude employée doit être pure; mais on ne fera pas usage de soude dont le procédé de purification aurait nécessité la mise en œuvre d'alcool, car, en si faible proportion soit-il, l'alcool décompose le persulfate). On verse 25 cm³ de cette solution dans une fiole d'Erlenmeyer, on ajoute 2 gr d'iodure de potassium et, lorsque ce sel est dissous, on introduit la solution ou le produit solide dont on veut connaître la teneur en persulfate. (On opérera sur une quantité de produit équivalent à peu près à 0 gr, 6 de persulfate de potassium, ce qui nécessitera lors du titrage ultérieur l'emploi d'environ 50 cm³ de la solution décinormale d'hyposulfite; dans ces conditions, 2 gr d'iodure de potassium constitueront toujours un excès suffisant.) Au cours de ces additions, la solution doit rester alcaline : on peut être sûr que cette condition est remplie si l'on ne remarque pas trace d'iode mis en liberté.

La solution se teinte peu à peu en jaune. On place alors la fiole sur une plaque d'amiante qu'on chauffe et on fait bouillir doucement pendant trois minutes en agitant. On refroidit ensuite sous un courant d'eau, on ajoute 30 cm³ d'acide sulfurique binormal, et on titre jusqu'à liqueur incolore avec une solution décinormale d'hyposulfite de soude. On reconnaît très facilement le terme du titrage sans avoir recours à l'amidon.

Cette méthode a un point faible : elle donne des résultats tout à fait inexacts lorsque la solution d'acide persulfurique contient de l'eau oxygénée et voici pourquoi :

On a vu que les persulfates réagissent sur les iodures en formant des hypoiodites :

$$(4) \qquad S^2O^6X^2 + IX + 2OHX = 2SO^4X^2 + IOX + H^2O.$$

Or, l'eau oxygénée réagit très rapidement sur les hypoiodites :

$$(5) \qquad H^2O^2 + IOX = O^2 + H^2O + IX.$$

Par conséquent, si l'on mélange un persulfate et de l'eau oxygénée à une solution alcaline d'iodure, l'hypoiodite, que formera le persulfate, sera immédiatement décomposé par l'eau oxygénée. Le processus résultant peut être représenté par la somme des équations (4 et 5):

$$(6) \qquad S^2O^6X^2 + H^2O^2 + 2OHX = 2SO^4X^2 + O^2 + 2H^2O,$$

réaction qui, d'elle-même, ne se fait que très lentement, mais dont la vitesse est accélérée considérablement par l'action catalytique des ions iode.

On voit donc, en résumé, d'après l'équation 6, qu'un équivalent d'oxygène actif dans l'eau oxygénée détruit un équivalent d'oxygène actif dans le persulfate.

Par contre, la méthode de M. Erich Müller s'emploie fort bien en présence de l'acide de Caro.

En somme, ce nouveau procédé de dosage est surtout intéressant pour l'analyse des persulfates solides ou de leurs solutions neutres. Il ne pourra être employé avec certitude dans l'analyse des solutions acides de persulfates que lorsqu'on aura démontré que ces solutions ne contiennent pas d'eau oxygénée. Cette présence d'eau oxygénée est toujours possible, attendu que ces solutions se décomposent spontanément comme suit :

$$S^2O^6H^2 + H^2O = SO^4H^2 + SO^5H^2.$$
$$SO^5H^2 + H^2O = SO^4H^2 + H^2O^2.$$

M. B.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Lancement du cuirassé « Jean-Bart ».

Le *Jean-Bart* a été lancé le 22 septembre 1911 sur la cale où le *Danton* avait antérieurement eu un premier lancement non réussi. Les murs de l'entrée avaient été recoupés et la pente portée de 55 °/₀₀ à 60 °/₀₀. Sur le radier, on a dû mettre un remplissage dont la hauteur variait de 200 mm à l'AR à 860 mm à l'AV de la savate.

Depuis la mise sur cale jusqu'au jour du lancement, avant enlèvement des ancres, l'avant du bâtiment est descendu de 10 mm et l'arrière de 5. Le pont blindé a subi, par rapport à la quille, un tassement de 5 mm malgré un accorage très développé.

Suiffage. — Une étude comparative (tableau I) montre qu'en Angleterre on adopte des pentes de cale et des charges faibles, 2 kg à 2 kg 500, qu'en Italie, vu le climat plus chaud, on a des pentes plus fortes et des charges plus faibles, 2 kg seulement; car on craint la fusion du suif.

Le climat de Brest est intermédiaire; on a réduit les charges jusqu'alors adoptées en France et calculé les largeurs des savates pour une charge de 3 kg 23.

Des essais sur divers échantillons de suif, en enfonçant un cube dans une petite caisse, ont montré que le suif pétri est

Tableau I. — Pentes de la cale et charges de divers navires au moment de leur lancement

DATE du lancement	NOM DU NAVIRE ET CHANTIER	PENTE DE LA CALE °/₀₀	CHARGE PAR CM² EN KILOGS	REMARQUES
10-7-10	*Hercules* (Palmers I. et S. C°)	52 moyenne.	2,1	Sur 2 coulisses.
30-3-11	*Monarch* (Armstrong).	47 moyenne.	2,5	—
18-5-12	*Kongo* (Vickers).	32 avant. 47 milieu. 63 arrière.	2,125	—
21-9-07	*Edgar-Quinet* (Brest).	83	4,67	Sur savate.
22-5-09	*Danton*, 1er lancement (Brest).	55	5,34	—
4-7-09	*Danton*, 2e lancement.	55	5,7 en comptant la savate centrale seule. 4,0 en comptant les savates latérales.	Sur 3 coulisses.
22-9-11	*Jean-Bart* (Brest).	60	4,42 en comptant les savates centrales seules. 3,23 en comptant les savates latérales.	—
10-8-11	*Conte di Cavour*.	80	1,94	Sur 2 coulisses (température 32° à l'ombre).
14-10-11	*Giulio Cesare* (Ansaldo).	70	2,06	Sur 2 coulisses.

Digitized by Google

insuffisant, que le suif fondu de bonne qualité résiste à plus de 4 kg 04, mais doit être, au détriment du frottement, additionné du savon s'il fait chaud (tableau II).

On a employé pour la coulisse centrale 20 mm suif fondu, recouvert de 5 mm suif pur pétri et d'une couche mince de savon mou.

A noter que l'ingénieur principal Raclot avait vérifié, pour le quable; c'est le 29 avril qu'avait eu lieu le premier essai officiel de 10 heures à puissance maximum; la vitesse moyenne au cours de cet essai a dépassé 21 nœuds.

Au cours d'un essai officiel ultérieur de 3 heures à toute puissance, le bâtiment a pu maintenir, avec une consommation de 160 kilos de charbon par mètre carré de grille, une vitesse moyenne voisine de 22n05; la puissance totale correspondante

TABLEAU II. — RÉSULTATS D'ESSAIS EFFECTUÉS SUR DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONS DE SUIF

NUMÉRO de l'essai	NATURE DU SUIF	TEMPÉRATURE extérieure	PRESSION par centimètre carré en kilogs	DURÉE de la charge	RÉSULTATS
2	Pur pétri. Refroidi par immersion dans l'eau pendant une nuit.	20°	Chargé progressivement jusqu'à 1 kg 500.	»	Suif écrasé à 1 kg 500.
4	Pur fondu. Refroidi une nuit dans l'eau.	23-27	4	5h30m	Se comprime de 9 mm mais résiste. En augmentant la charge, l'écrasement se produit à 6 kg 500.
5	Pur fondu. Refroidi une nuit dans l'eau.	21-23	4,25	4.30	Se comprime de 2 mm 5, mais résiste en augmentant la charge, l'écrasement se produit à 5 kg 500.
6	Fondu à 2 % de savon. Refroidi une nuit dans l'eau.	21-23	7,500	1	Compression de 7 mm 5. Le reste tient bien.
7	Pur fondu. Refroidi une nuit dans l'air.	22-26	»	6.15	Compression de 4 mm.
			»	22.30	— de 6 mm 5.
			5	»	Chargé progressivement, s'écrase sous 7 kg 500.
8	Fondu à 2 % de savon. Refroidi deux jours dans l'eau.	21-25	5	6	Comprimé de 2 mm 5.
9	Pur fondu sous 20 mm d'épaisseur surmonté d'une couche de suif pétri (25 mm).	23-25	5	6	Tout le suif pétri est expulsé. La couche fondue est comprimée à 3 mm 75.

lancement de l'*Edgar-Quinet*, que chaque boulon de 36 mm d'assemblage donnait dans le cas de fibres parallèles une adhérence de :

Joints chêne sur chêne, surface de contact : 1 m. . . . . 3.450 kg
Les mêmes avec interposition de toile sèche. 5.650

CONDITIONS DU LANCEMENT. — Le poids du navire était prévu à 8325 tx; la hauteur de marée à 6m,50; le parcours jusqu'au pivotement à 100 m; l'effort sur le brion à 1574 tx. Ayant constaté que la résistance hydrodynamique au 2e lancement du *Danton* était passée par un maximum, on a étudié le phénomène du lancement au moyen d'un modèle du navire au 1/100 lancé sur une cale et dans un modèle au 1/100 de la Penfeld, en supposant que le phénomène obéit à la loi de similitude. On cherchait d'ailleurs seulement la plus grande vitesse et le plus grand parcours, ainsi que la plus petite vitesse et le plus petit parcours qu'on peut estimer possibles.

LANCEMENT. — Les relevés faits au lancement ont suffisamment confirmé les prévisions. Le frottement au départ a été 0,055 au lieu de 0,035; l'aire de la courbe réelle des résistances en fonction des espaces correspond aux prévisions faites; la vitesse au moment où le bâtiment flotte fut de 3 m au lieu de 4m49. La force vive absorbée par les câbles et les bosses fut de 3820 tx, alors que les moyens avaient été prévus pour 8994 tx.

C. N.

Essais du cuirassé « Jean-Bart ».

Le cuirassé *Jean-Bart*, construit par l'arsenal de Brest, a terminé, le 30 mai, la série de ses essais officiels, à l'exception des tirs de vitesse des tourelles de 30 que l'entraînement du personnel et certaines nécessités de mise au point du menu matériel ne permettaient pas encore d'effectuer.

Les essais officiels ont été conduits avec une rapidité remarquable; c'est le 29 avril qu'avait eu lieu le premier essai officiel de 10 heures à puissance maximum; la vitesse moyenne au cours de cet essai a dépassé 21 nœuds.

Au cours d'un essai officiel ultérieur de 3 heures à toute puissance, le bâtiment a pu maintenir, avec une consommation de 160 kilos de charbon par mètre carré de grille, une vitesse moyenne voisine de 22n05; la puissance totale correspondante a dépassé 41 500 chevaux, la consommation moyenne de charbon par cheval-heure étant de 0k771.

Si l'on tient compte du fait que la vitesse prévue était de 20 nœuds, on voit que les résultats réalisés sont particulièrement brillants.

Le *Jean-Bart* ayant été mis en chantier en mai 1910 se trouvera donc prêt à entrer en service trois ans après cette date. Il en eût été de même du *Courbet*, bâtiment identique construit par l'arsenal de Lorient, si des incidents de chaudières n'avaient retardé les essais.

Ces deux bâtiments de 23 500 tonnes, cuirassés à 30 centimètres, ont un armement de 12 canons de 30 en tourelles doubles et de 22 canons de 14; ce sont les premiers cuirassés français ayant l'unité de calibre de grosse artillerie, réalisée pour la première fois par la marine anglaise sur le « Dreadnought. »

E. P.

Lancement du sous-marin « Gustave-Zédé ».

Le 20 mai a eu lieu à Cherbourg le lancement du sous-marin *Gustave-Zédé*, construit sur les plans de M. l'Ingénieur en chef de 2e classe Simonot.

Ce bâtiment a 74 m de long, sa largeur au fort dépasse 6 m et son déplacement en surface est d'environ 800 t.

La caractéristique qui frappe dès l'abord est celle relative au déplacement; les plus gros sous-marins antérieurs : *Archimède Amiral-Bourgeois* et *Mariotte* ne dépassaient pas 560 t. Les autres types qui forment actuellement le fond des flottilles de sous-marins d'escadre déplacent seulement 400 t.

Tous ces bâtiments dérivent d'ailleurs par agrandissements et améliorations successives du type *Pluviôse*, de 400 t, de 1905, dû à M. l'Ingénieur en chef de la Marine Laubeuf.

Seuls le *Charles-Brun*, de M. l'Ingénieur en chef Maurice, et le *Mariotte*, de M. l'Ingénieur Radiguer, se différencient de ce pro-

Digitized by Google

totype par des dispositions et des formes spéciales et à eux personnelles.

Les sous-marins de 400 t ayant 13 nœuds de vitesse en surface, 8 nœuds en plongée avaient été primitivement prévus pour faire partie de flottilles dépendant de stations installées en des points convenables du littoral. Les résultats obtenus, tant au point de vue tenue à la mer que puissance offensive, furent tels qu'il parût possible d'étendre leur rayon d'action en les adjoignant aux escadres ; mais dans ce nouveau rôle leur vitesse peut, dans certains cas, devenir insuffisante et la faiblesse de leurs tonnages ne permet pas de leur donner une habitabilité analogue à celle des autres bâtiments de haute mer.

Les divers perfectionnements réalisés sur le *Gustave-Zédé* ont trait surtout à l'augmentation de la vitesse en surface et en plongée et à l'amélioration de l'habitabilité, de façon à obtenir un bâtiment capable d'accompagner les escadres en toute circonstance et de tenir la mer aussi longtemps qu'elles.

Le *Gustave-Zédé* a deux lignes d'arbres actionnées chacune par un moteur Belleville de 1500 ch qui lui permettront d'atteindre la vitesse de 18 nœuds en surface ; ses moteurs sont alimentés par 4 chaudières du Temple réunies par groupes de deux.

Le bâtiment déplaçant 1050 t en plongée possède donc une flottabilité de 250 t qui doit lui assurer une bonne tenue à la mer. Il est muni d'un abri mobile pour la navigation par mauvais temps; enfin il possède une installation de T. S. F. analogue à celle des contre-torpilleurs.

Le *Gustave-Zédé* avait été prévu primitivement avec moteurs Diesel, mais, étant données les difficultés d'exécution et de mise au point des moteurs à pétrole de grande puissance, on a préféré conserver la vapeur qui permettait une réalisation immédiate et sans aléa.

Deux moteurs électriques de même puissance que ses moteurs à vapeur permettront au bâtiment d'atteindre en plongée une vitesse de 12 nœuds.

L'armement comprend 6 tubes lance-torpilles orientables et deux tubes d'étraves. E. P.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation.

On désigne sous le nom de *commutation* l'ensemble des phénomènes qui se produisent au collecteur d'une machine électrique pendant le contact simultané, sous un même balai, des deux lames du collecteur auxquelles aboutissent les extrémités d'une bobine.

L'étude de la commutation dans les machines à collecteurs est une des plus importantes de l'électro-technique; c'est en effet la difficulté d'assurer un bon fonctionnement des balais qui limite souvent la puissance ou augmente considérablement le coût d'établissement dans un grand nombre de machines, dont le rôle devient de plus en plus important dans l'industrie moderne, telles que les turbodynamos, les moteurs monophasés ou polyphasés à collecteurs et les commutatrices.

Les électriciens les plus célèbres se sont de tout temps beaucoup occupés de cette question et ont établi des lois théoriques ou donné des formules plus ou moins empiriques, dans le but de permettre aux constructeurs d'étudier, avec le plus de sécurité possible, les projets de machines à collecteurs.

Malgré le grand nombre de travaux de tout genre effectués sur ce sujet, le phénomène de la commutation est resté un des points les plus confus et les plus obscurs de la technique des machines, et c'est peut-être dans ce domaine que l'on trouve les écarts les plus grands et les plus imprévus entre les prévisions du calcul et les résultats de la pratique.

Dès l'invention de la dynamo sous sa forme actuelle, c'est-à-dire depuis Paccinotti et Gramme, on s'est préoccupé de réaliser une bonne commutation ou d'obtenir un fonctionnement des balais sans étincelle.

L'idée primitivement admise par Fischer-Hinnen en particulier était la suivante : la commutation sans étincelles ne peut se faire que si le courant, au moment de la rupture du court-circuit dans la section passant sous le balai, a dans celle-ci précisément la valeur qu'il aura lorsqu'elle sera rentrée dans la partie active de l'enroulement.

Vers 1898 intervient, dans l'étude de la commutation, une publication qui a révolutionné les idées antérieurement admises et a lancé tous les électriciens dans une voie qui d'ailleurs n'a pas été particulièrement féconde. Dans une communication devant l'Association des ingénieurs américains, Thorburn Reid mit en évidence le rôle de la résistance de contact et attribua les étincelles à l'exagération de la densité du courant sous le balai, dans la lame qui quitte ce balai.

Si l'on traduit en langage mathématique les observations de de Th. Reid, on arrive à une équation différentielle, généralement connue sous le nom d'équation d'Arnold, bien qu'elle ait été établie pour la première fois par M. Paul Giraud.

On ne tarda pas à constater entre cette théorie et la pratique des divergences considérables, divergences que des discussions longues et passionnées n'ont pu arriver à expliquer complètement.

La remarquable étude que vient de publier M. Mauduit (1) jette un jour nouveau sur cette question si controversée. Ses recherches ont porté particulièrement sur l'étude expérimentale des lois de contact, de la formation des étincelles et du rôle du champ d'induit; ce sont, en effet, là les points qui jusqu'alors pouvaient être considérés comme imparfaitement connus.

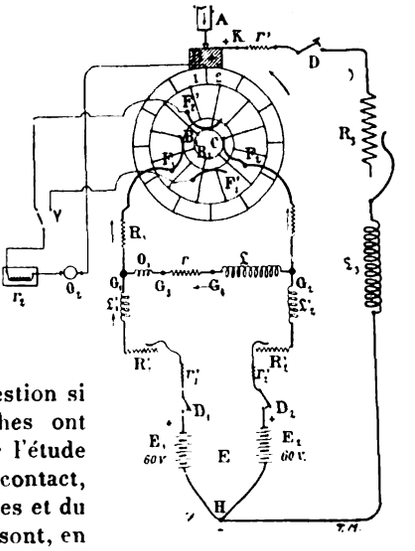


FIG. 1. — Schéma des connexions d'une dynamo artificielle pour l'étude expérimentale de la commutation (système Mauduit).

Pour étudier séparément l'action des contacts, M. Mauduit a imaginé une sorte de dynamo artificielle, avec deux dérivations, qui débitent sur un circuit extérieur, à travers un collecteur et un balai, tantôt *directement*, tantôt à *travers une section* : on reproduit ainsi les phénomènes de la commutation dans une section, au moyen d'un collecteur et d'un balai, sans champ inducteur ni champ induit.

L'appareil est constitué principalement par un commutateur tournant (fig. 1), comprenant un nombre pair de lames (douze dans le cas particulier), les lames impaires étant toutes reliées à une bague B_1 et les lames paires à une bague B_2; ces bagues sont montées sur le même arbre et portent deux frotteurs principaux F_1 et F_2.

Deux batteries d'accumulateurs semblables E_1 et E_2, comprenant le même nombre d'éléments (30), sont réunies en un point H, par leur pôle de même nom, négatif par exemple; les autres pôles sont connectés séparément à deux bornes principales G_1 et G_2, qui constitueront les extrémités de la section artificielle fixe à étudier. Dans chacune de ces connexions, on place un interrupteur D_1 ou D_2, une résistance r'_1 permettant de relever, avec l'oscillographe bifilaire O_2, le courant dans la dérivation

(1) *Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu.* Paris, 1913.

Digitized by Google

correspondante, une résistance d'équilibrage R_1 et une bobine de self-induction L'_1.

La section G_1 G_2 comprend la bobine d'intensité O_1 d'un oscillographe à fer doux Blondel, une résistance amovible r et une self-induction également amovible L, ces deux valeurs r et L pouvant être choisies à volonté.

Les extrémités G_1 et G_2 de la section sont reliées aux frotteurs principaux F_1 et F_2; sur le collecteur repose, à la partie la plus haute, le balai B (à étudier), dont la longueur périphérique doit être inférieure à la largeur d'une lame et qui forme le pôle positif K de la dynamo artificielle.

Entre les bornes extrêmes H et K est intercalé un circuit extérieur d'utilisation, comprenant une self-induction L_3, un rhéostat R_3, un interrupteur D et une petite résistance fixe r', pour mesure oscillographique.

Le plus généralement, l'oscillographe bifilaire O_2 est branché, avec une résistance convenable r_2, entre un point du balai B au voisinage du contact et, par l'intermédiaire du commutateur γ, à l'un ou à l'autre des deux frotteurs auxiliaires F'_1 et F'_2 reposant sur les bagues B_1 et B_2, de façon à enregistrer la d.d.p. entre l'une des séries de lames (paires ou impaires) et le balai B. Un commutateur permet d'étudier avec le bifilaire la tension entre les lames, ainsi que le courant dans les dérivations et dans le circuit extérieur (grâce aux résistances r'_1, r'_2 et r'); ce commutateur n'est pas représenté sur la figure pour ne pas la compliquer inutilement.

L'arbre sur lequel sont clavetés le collecteur et les bagues est commandé par un moteur à courant continu, alimenté par une batterie d'accumulateurs, avec une excitation indépendante; cet arbre se termine, à son autre extrémité, par un petit alternateur, à 12 pôles triphasé, servant à fournir le courant nécessaire pour l'entraînement du moteur synchrone de l'oscillographe Blondel.

Examinons maintenant le fonctionnement du système. Le collecteur étant en marche à une vitesse quelconque, considérons un instant un peu antérieur à celui qui correspond à la figure 1 et où le balai B ne porte que sur la lame 1 : alors le courant J de la batterie E_1 passe directement par le frotteur F_1, la bague B_1, la lame et le balai, au circuit extérieur, tandis que le courant J de la batterie E_2, ne pouvant passer par la lame 2 qui ne touche pas le balai, se rend au circuit extérieur en traversant la section dans le sens G_2 G_1 et en empruntant, à partir du point G_1, le même chemin que le courant de la dérivation précédente. Il en est ainsi tant que le balai B ne touche que la lame 1. Dès que la lame 2 arrive sous le balai, une portion du courant de la dérivation 2 se rend directement au balai par F_2 B_2 et la lame 2; le courant dans la section, qui était au préalable J, diminue de la quantité J-i qui passe par la lame 2; de même le courant dans la lame 1, qui était au début 2 J, n'est plus que J + i. Sous l'action des résistances de contact, et d'après les résistances r et R_1 de la section et des connexions et la self-induction £ de cette section, les courants se répartissent sous les lames 1 et 2 suivant une certaine loi; de même, le courant i varie dans la section pour atteindre finalement la valeur — J, quand la lame 1 a quitté le balai et a été remplacée par la lame 2; le processus recommence alors en sens inverse, le courant 2 J passant par la lame 2, une moitié venant directement de E_2, l'autre venant de E_1, à travers la section dans le sens G_1 G_2.

Quand la troisième lame arrive à son tour sous le balai, comme elle est reliée à la lame 1, le renversement du courant se reproduit en sens inverse dans la section, comme si la lame 1 rentrait elle-même sous le balai.

Le renversement du courant dans la section se produit donc exactement comme dans une dynamo, à cette différence près que chaque groupe de lames, paires et impaires, joue à son tour le rôle de première et de dernière lame de la section, et qu'il se produit dans cette section des inversions de sens alternativement différents.

Comme il n'y a ici aucune f.é.m. provenant d'une action extérieure, on a toute facilité pour étudier les phénomènes de contact en présence de résistances et de self-inductions fixes et bien connues; on peut naturellement supprimer la self-induction et étudier la commutation sur résistance pure, ce qui est d'un grand intérêt; on peut même, par un artifice simple, introduire dans la section une f.é.m. extérieure d'allure exactement connue et mettre en évidence le rôle du champ de commutation.

En changeant les pôles de la batterie, on peut étudier à volonté un balai négatif et un balai positif.

Les résistances R'_1 et R'_2 servent à équilibrer le courant débité par les deux dérivations 1 et 2, dans le cas où les deux batteries ne seraient pas rigoureusement au même état de charge. Les bobines de self L'_1 et L'_2 ont pour but de maintenir le courant constant dans chaque dérivation, pour réaliser ce qui se passe sensiblement dans une dynamo.

La chute ohmique dans la section est toujours faible (< 1 volt) par rapport à la chute de tension dans le reste du circuit; aussi y a-t-il peu d'écart entre les courants dans la dérivation qui débite directement sur le balai et dans celle qui passe par la section; mais pendant la commutation, quand il se produit des étincelles, la tension entre la lame et le balai atteint instantanément des valeurs importantes (5 à 10 volts et même plus) et, sans les bobines de self, le courant diminuerait notablement dans la dérivation correspondante. Les résistances r'_1 et r'_2 servent à vérifier à l'oscillographe que le courant J est sensiblement constant.

Résultats. — Les expériences que M. Mauduit a effectuées avec cet appareil ont conduit aux résultats suivants :

1° *Phénomènes de contact.* — La différence de potentiel de contact ou tension de passage, loin de pouvoir être mise en fonction de la densité j sous la forme :

$$\varepsilon = a + b_0 j,$$

suit au contraire une loi hyperbolique, tendant vers une limite quand la densité de courant augmente indéfiniment. Cette limite correspond à la tension de coupure ou tension à la naissance de l'étincelle de coupure qui termine les commutations imparfaites : elle dépend de la pression et de la nature du balai, suivant des lois non encore précisées, mais elle oscille entre des valeurs assez rapprochées; elle paraît le plus souvent comprise entre 1,1 et 1,5 volts.

2° *Commutation par résistance de contact.* — Par suite de l'allure hyperbolique de la fonction ε, avec une limite voisine de 1,5 volt, il ne peut exister que des écarts très faibles entre les tensions aux deux lames sous le balai, et le jeu des résistances de contact ne peut assurer l'inversion du courant sans étincelles que dans des self-inductions très petites.

3° *Rôle physique des balais de charbon.* — Si le jeu des résistances de contact, tout en donnant lieu à des diminutions de pertes appréciables, qui n'existent pas dans les balais métalliques, est de peu d'importance, il n'en est pas de même du charbon au point de vue des étincelles : alors qu'il y a coupure bien caractérisée du circuit, en fin de commutation, tant que la puissance consommée dans l'étincelle demeure au-dessous de certaines limites qu'il y aurait lieu de préciser par des essais répétés dans ce sens, et qui semblent être de l'ordre de grandeur de 5 watts par centimètre de longueur d'arête utile, les étincelles sont petites et paraissent peu destructives.

4° *Action de la polarité du balai de charbon.* — Il n'y a pas une différence bien notable entre les deux polarités, au point de vue de la tension de contact et de la limite avant coupure.

M. Mauduit a étudié sur une dynamo *le rôle du champ d'induit.* Les essais en court-circuit ou avec alimentation de l'induit par un courant extérieur, ont montré que, dans la zone de commutation usuelle, le champ transversal de l'induit est partiellement entraîné dans la rotation de cet induit, et que la f. é. m. ou la

Digitized by Google

variation de flux dans la section en commutation dues à ce champ, ne dépendent pas de cette rotation, mais seulement de la répartition des ampères-tours le long de l'induit, répartition qui varie avec le courant dans les spires en court-circuit.

Le champ transversal de l'induit intervient donc, non par la production d'une f. é. m. *dynamique*, mais sous la forme d'un flux, qui doit subir une variation donnée pendant la commutation, à travers les sections en court-circuit sous les balais.

Lorsque les balais sont décalés en avant de la ligne neutre, l'induit présente aussi une réaction directe, à travers l'enroulement inducteur. La valeur moyenne de cette réaction doit être compensée par un supplément d'excitation, pour que la tension reste constante aux bornes de la dynamo; la position variable autour de cette moyenne est en grande partie compensée par une oscillation du courant inducteur, dont le circuit est fermé sur l'induit, c'est-à-dire sur une impédance peu importante à côté de celle de son propre enroulement.

On peut d'ailleurs tenir compte de cette action du champ de l'induit par un coefficient d'induction L, qui représente le flux transversal global des sections commutées, ou le flux transversal de l'induit entier dans la section placée au commencement de la commutation, quand l'axe du balai est dans la ligne neutre.

Conclusions. — Du travail de M. Mauduit se dégagent très nettement les conclusions suivantes :

Les auteurs modernes ont fait fausse route en s'appuyant sur l'hypothèse de Th. Reid, et en faisant de l'étude de la densité de courant finale le pivot de la théorie de la commutation.

Le fait que l'équation de base repose sur l'allure linéaire de la tension de contact, donne aux phénomènes de contact une importance principale qu'il n'ont pas dans la réalité, et fait perdre de vue le rôle primordial des flux.

D'autre part, la plupart des auteurs et en particulier l'école d'Arnold, ont adopté un mode de décomposition des courants et des tensions ,qui consiste à considérer une commutation imparfaite comme la superposition d'une commutation linéaire et de courants additionnels engendrés par des f. é. m. additionnelles. Cette conception, qui semble satisfaisante *a priori*, est défectueuse dans son principe, parce qu'elle n'est compatible qu'avec une loi linéaire des tensions de contact : on ne peut, en effet, pas plus composer des courants dans un circuit électrique dont la résistance varie avec la densité de courant que des flux dans un circuit magnétique, dont la perméabilité dépend de l'induction.

Par suite, dès que la commutation s'écarte un peu de la loi linéaire, les résultats des calculs faits dans l'hypothèse ci-dessus ne coïncident plus avec la réalité, et conduisent en général à des résultats trop favorables, que l'expérience ne confirme pas.

L'entraînement partiel du champ de l'induit, avec retour rapide en arrière, dans les commutations médiocres, contribue également à augmenter l'importance des étincelles.

Une théorie rationnelle de la commutation doit accorder l'importance principale à la variation de flux dans les sections en court-circuit, et ramener le rôle du contact à sa vraie destination, qui est de permettre un écart appréciable, quoique petit, entre les valeurs du flux à inverser et du flux de commutation.

On pourra vraisemblablement se contenter de considérer que le rôle du charbon se réduit à tolérer une certaine marge entre le flux à inverser et le flux de commutation, ou ce qui revient au même, entre la f. é. m. de self-induction et la f. é. m. de commutation, étant tenu compte de l'action de la résistance sous forme de chute ohmique.

Ces conclusions semblent en contradiction avec la réalisation de commutations sans étincelles à la ligne neutre théorique; la contradiction est plus apparente que réelle. D'abord, il est infiniment probable que, dans ces dynamos, les balais sont légèrement calés en avant de la ligne neutre, et que le champ de commutation dû à l'inducteur est notable. Même dans le cas de balais calés à la ligne neutre rigoureusement, le champ de l'inducteur joue certainement un rôle appréciable. En effet, pendant la première moitié du passage de la lame, le champ inducteur s'oppose à la commutation, et celle-ci est de ce fait souvent retardée, la résistance ohmique de la section étant le seul élément actif; mais pendant la seconde moitié, le champ inducteur intervient favorablement.

Equation différentielle de la commutation. — L'équation différentielle du court-circuit a la forme générale suivante :

$$L\frac{di}{dt} + Ri + \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = e \qquad (1)$$

où L représente le coefficient d'induction propre de la section en commutation, i le courant dans cette section à l'instant t, ε_1 et ε_2 les chutes de tension ou *d. d. p*, au contact des deux lames en court-circuit, e la f. é. m. due à l'inducteur.

Les expériences de M. Mauduit ayant montré que la tension de contact ε, tend vers une limite lorsque la densité j augmente et affecte une allure sensiblement hyperbolique, on peut représenter approximativement cette loi de variation par la relation la plus simple :

$$\varepsilon = \frac{\eta j}{c + j}$$

équation d'une hyperbole équilatère, dans laquelle η n'est autre chose que la tension de coupure ε_0 et c la valeur de la densité de courant, pour laquelle la tension est égale à la moitié de la tension limite.

Si l'on tient compte de cette relation dans l'équation (1), on obtient l'équation suivante :

$$\frac{L}{T}\frac{di}{dx} + Ri + \eta\left(\frac{J+i}{\gamma(1-x)+J+i} - \frac{J-i}{\gamma x + J - i}\right) = e$$

T représente la durée de la commutation, x est le rapport $\frac{t}{T}$ du temps écoulé depuis le commencement de la commutation à la durée totale de la commutation, J est l'intensité du courant dans la section avant ou après la commutation, γ est le produit de c par la surface σ de la ligne de balais.

L.-V.-B.

Machine électrique à haute fréquence pour la télégraphie sans fil.

On emploie en télégraphie sans fil des courants alternatifs d'une fréquence de 30 000 périodes au moins à la seconde (10 000 m de longueur d'ondes, car $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300\,000\,000}{30\,000}$ m). Il est désirable, pour différentes raisons, d'engendrer des fréquences jusqu'à 100 000 périodes et au delà. L'une de ces raisons, et non pas la moins importante, est le perfectionnement de la syntonie obtenu par la diminution de l'amortissement et la régularisation de ce qui se passe dans l'antenne. Non seulement de hautes fréquences sont nécessaires pour franchir de grandes distances, mais aussi de grandes énergies. Or, l'étincelle et l'arc sont limités en énergie, et leur constance n'est pas uniforme.

On a donc essayé, depuis quelques années, de produire les ondes électriques, sans se servir d'étincelles ni d'arcs, au moyen de machines, dont on pourrait augmenter la puissance en augmentant leurs dimensions.

Or, si on essaye de construire des machines à courants alternatifs pour la production directe de hautes fréquences, on s'aperçoit rapidement qu'il est très difficile d'obtenir en même temps de grandes énergies. Il est facile de se rendre compte de cette difficulté. Supposons qu'on prenne la vitesse circonférencielle du rotor aussi élevée que possible, par exemple, la vitesse, déjà fort grande pour des turbo-dynamos de 80 m par seconde = 80 000 mm par seconde. En supposant 30 000 périodes par seconde, l'écartement des pôles sera $t = \frac{80\,000}{2 \cdot 30\,000} = 133$ mm.

Digitized by Google

Or, t est composé de l'épaisseur du fer b, celle du cuivre a (fig. 1) et deux fois la couche isolante c. L'épaisseur de l'isolant c ne peut être choisie trop faible, à cause des hautes tensions, et elle absorbera bien les 133 mm, de sorte qu'il ne restera plus rien pour le cuivre et le fer. Même si on double la vitesse circonférencielle ou si on l'augmente encore plus, l'énergie de la machine n'en sera pas pour cela portée à une valeur bien considérable. Car la longueur radiale des pôles e ne peut être grande quand l'écartement des pôles est faible, parce que la dispersion des lignes de forces serait trop grande. Cette dispersion, assurément, ne ferait qu'augmenter la saturation du fer dans les pôles magnétiques, mais dans les induits, elle occasionne une augmentation des pertes par hystérésis et de la tension, surtout avec les hautes fréquences. En outre, de petits pôles nécessitent de petits écartements entre rotor et stator, ce qui est une difficulté au point de vue mécanique.

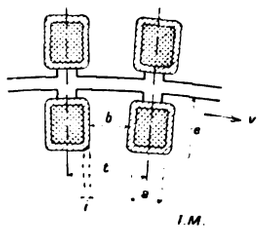


Fig. 1.

Pour obtenir de hautes fréquences en même temps que de grandes énergies, le professeur Goldschmidt a indiqué un procédé qui, depuis, a bien fait ses preuves.

Dans la figure 2, S est le stator et R le rotor d'une machine construite comme un moteur d'induction à courant triphasé. Les collecteurs du rotor sont reliés aux bornes du stator. Nous envoyons dans S ou R ou dans les deux simultanément un courant continu formé par la batterie B, protégée contre les courants alternatifs par la bobine de self-induction D, et nous faisons tourner le rotor à la vitesse angulaire ω (réduit à deux pôles). Dans la figure 2, le rotor et le stator sont séparés par le condensateur C, qui ne peut être traversé que par des courants alternatifs, de sorte que le courant continu ne passe que dans S. Des courants de fréquence f, correspondant à la rotation, naissent alors en R. Ils passent par C dans le stator et y engendrent un champ tournant qui tourne avec la vitesse ω, l'accouplement de R et de S étant tel que le champ tourne dans le sens opposé et, par suite, ait, relativement au rotor, la vitesse angulaire 2ω. En R naissent alors des courants de fréquence $2f$, qui passent dans le stator, engendrent des courants de fréquence $3f$, etc. Théoriquement, on obtiendrait des fréquences infinies par des transformations automatiques.

La figure 2 ne représente pas le type de machine employé en pratique; ce dernier est représenté par la figure 3. Le rotor et le stator portent des enroulements uniphasés. Le rotor R peut être fermé sur lui-même, tandis que, dans le stator, le grand condensateur C forme un court-circuit pour les courants alternatifs.

Si on excite S avec un courant continu, des courants de fréquence f naissent en R. Considérons maintenant R comme le primaire et imaginons le champ alternatif engendré par le courant du rotor comme divisé en deux composantes tournant à la vitesse ω dans les directions opposées relativement au rotor. L'une de ces composantes reste fixe dans l'espace et forme la réaction du stator sur le champ du stator engendré par le courant continu. La deuxième composante tourne dans l'espace avec une vitesse 2ω (= vitesse propre + vitesse du rotor) et engendre dans le stator des courants de fréquence $2f$. Décomposons de nouveau ces courants en composantes de réaction et d'action. Cette dernière donne naissance à des courants de fréquence $3f$ dans R. Enfin, ici également, naissent des fréquences infiniment élevées en théorie. Dans cette disposition, les courants ou les quantités d'énergie électriques sont ramenés par induction du primaire au secondaire pour augmenter la fréquence, au lieu de l'être par une connexion électrique comme dans la figure 2. La disposition représentée à la figure 3 est caractérisée, en outre, par le fait que le rotor et le stator forment alternativement le primaire.

On pourrait croire au premier abord qu'avec ce procédé on ne peut produire que de « hautes harmoniques », c'est-à-dire des vibrations relativement petites comme celles engendrées accessoirement par toute machine à courant alternatif par la forme non-sinusoïdale du champ et de l'enroulement, et dans les génératrices à courant alternatif monophasé par la réaction du champ et de l'induit l'un sur l'autre. Mais ce n'est pas le cas si on prend soin que seule la fréquence employée soit amenée à la résistance utile (antenne). Alors, dans la machine elle-même a lieu une transformation des basses fréquences en fréquences élevées, avec un rendement très considérable et avec une énergie qui augmente jusqu'à un certain point avec la fréquence, parce qu'à chaque augmentation de cette dernière une nouvelle quantité d'énergie mécanique se transforme en énergie électrique. Sans le court-circuit ci-dessus mentionné, les courants deviendraient de plus en plus faibles, quand le nombre de périodes augmenterait et il serait impossible d'obtenir l'énergie requise.

La production de l'augmentation de fréquence dans une machine présente l'avantage que la composante d'action de la fréquence nf est presque équilibrée par la composante de réaction de la fréquence $(n+1)f$, de sorte que seul le dernier champ subsiste.

On peut, dit le professeur Goldschmidt, comparer le stator et le rotor à un miroir fixe et à un miroir tournant, entre lesquels l'énergie électrique est renvoyée comme le seraient des rayons lumineux. Etant donné le mouvement relatif des miroirs, la réflexion a lieu avec une augmentation de fréquence et s'accomplit d'autant plus complètement que les miroirs eux-mêmes absorbent moins d'énergie, c'est-à-dire moins les différents cercles de vibrations sont amortis. Peut-être le nom de « génératrice à réflexion » serait-il le mieux approprié pour cette machine.

La figure 4 montre le principe de la syntonisation. En réalité, on a beaucoup simplifié cette disposition.

Supposons, par exemple, qu'on veuille obtenir une fréquence quadruple ($4f$) de celle donnée par la machine sans ce dispositif. Le stator est excité par un courant continu passant dans la bobine de self D. Les courants du rotor de période f passent alors par le circuit accordé R-C_2-D_4-C_4-R. Le condensateur C_2 est tel qu'il annule la self-induction de R, tandis que D_4 et C_4 sont en résonance à f périodes. Les courants de $2f$ périodes, engendrés dans le stator, passent dans C_4 (calculé pour la self-induction de S), D_4 et C_2. C_2 et D_4 sont syntonisés pour $2f$. Les courants du rotor de fréquence $3f$ passent par C_2, syntonisé également. Les courants $4f$ doivent être utilisés et ils peuvent être pris aux points

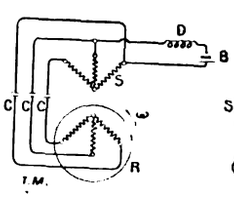


Fig. 2.

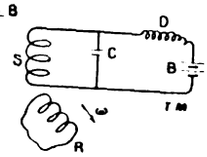


Fig. 3.

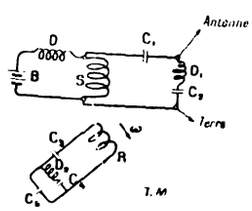


Fig. 4.

a et b. D_4-C_2 n'étant pas accordé pour $4f$, seul un très faible courant de fréquence $4f$ y passe. Mais ces deux appareils sont accordés pour $2f$, de sorte qu'entre a et b, il n'existe pratiquement pas de tension de $2f$ périodes. Cette disposition est remarquable en ce que C_3 trouble aussi peu l'accord pour f dans le rotor, que l'antenne ne trouble l'accord dans le stator. Ceci tient aux deux condensateurs C_1 et C_3 accordés pour les enroulements, grâce auxquels la résonance subsiste toujours dans tous les cas.

La machine est en service depuis avril 1910 à la station de radiotélégraphie de Eberswalde, près de Berlin. Avec 10 000 m

Digitized by Google

de longueur d'ondes, elle donne 12,5 kw; avec 5 000 m de longueur d'ondes, elle fournit encore 8 à 10 kw. Mais la construction de machines pour 60 ou 80 kw ne présente aucune difficulté, pas plus que l'obtention de longueurs d'ondes de 3 000 m. Le rendement de la machine est environ 80 °/₀ avec 10 000 m de longueur d'ondes.

En résumé, cette machine est un nouveau procédé pour produire mécaniquement des courants de fréquence élevée, donnant de grandes quantités d'ondes électriques entretenues pour la télégraphie et la téléphonie sans fil. Ce procédé consiste dans la réflexion d'énergie électrique du rotor sur le stator et inversement, la fréquence augmentant chaque fois en même temps.

G. Marlier.

Compteur pour la mesure du glissement des moteurs asynchrones.

Cet intéressant instrument (1), imaginé par M. Armagnat, est constitué par la réunion de deux compteurs de tours, à vis tangente, dans lesquels, lorsque les compteurs sont au repos, les rouages sont éloignés chacun de leurs vis tangentes respectives, tandis qu'ils sont mis en prise simultanément, lorsqu'on presse sur un bouton spécial.

L'une des vis tangentes est munie d'un pointeau que l'on met en contact avec l'arbre de l'organe mobile du moteur dont on veut mesurer la vitesse angulaire. La seconde vis est fixée sur l'arbre d'un tout petit moteur synchrone à quatre pôles.

Cet instrument permet d'effectuer les trois mesures suivantes :

1° *Vitesse angulaire d'un moteur quelconque.* — Le compteur de tours muni d'un pointeau est seul utilisé dans ce cas, le petit moteur synchrone de l'instrument restant au repos. Les cadrans étant mis au zéro, on appuie le pointeau sur le bout de l'arbre du moteur dont on veut mesurer la vitesse angulaire; en même temps, on déclenche le compte-secondes et l'on appuie sur le bouton spécial pour mettre en prise le rouage avec sa vis tangente. La mesure se fait donc comme avec un compteur de tours ordinaire;

2° *Mesure de la fréquence d'un courant alternatif.* — On relie le moteur synchrone de l'instrument au circuit en ayant soin d'intercaler une résistance convenable pour que l'intensité du courant soit de 0,3 à 0,5 ampère, ce qui est suffisant. Pour faire démarrer ce petit moteur et l'accrocher, il suffit de donner une impulsion brusque à la petite roue en cuivre du moteur. Cela fait, les cadrans des rouages étant mis au zéro, on appuie sur le bouton spécial au moment où l'on déclenche le chronographe et puis l'on abandonne le bouton en même temps que l'on arrête le chronographe. La valeur de la fréquence est obtenue en divisant le double du nombre lu sur le cadran par la durée de la mesure;

3° *Mesure du glissement.* — On obtient directement la valeur du glissement du moteur asynchrone en essai, en combinant les deux mesures qui viennent d'être indiquées. En effet, le pointeau étant appuyé sur le bout de l'arbre du moteur asynchrone et le petit moteur synchrone fonctionnant sous l'action du courant du circuit, les deux rouages des compteurs sont mis en mouvement exactement pendant tout le temps que le bouton spécial est maintenu abaissé. Dans ces conditions, il suffit donc de lire les indications respectives des deux compteurs pour déterminer le nombre de tours du moteur asynchrone et le nombre de périodes du courant d'alimentation pendant le même temps. Si l'on mesure le temps pendant la durée de l'opération, on détermine aussi la fréquence du courant. Naturellement, il faut tenir compte du rapport du nombre de pôles du moteur en essai avec le nombre de pôles du petit moteur synchrone. Si N est le nombre lu sur le cadran du compteur de tours, muni du pointeau, et n, celui lu sur le cadran du petit moteur synchrone, $2p$ étant le nombre de pôles du moteur asynchrone, le glissement g est donné par la formule :

$$g = \frac{n - \frac{p}{2} N}{n}.$$

Comme ces différentes mesures sont absolument simultanées, le résultat obtenu est indépendant des variations de fréquence du courant alternatif.

Cet ingénieux instrument a été construit par MM. Da et Dutihl.

J. A. M.

(1) Appareil ayant figuré à la dernière exposition de la Société française de Physique.

HYDRAULIQUE

Utilisation d'une chute de 1 650 mètres.

On vient de commencer à Fully-en-Valais (Suisse) les travaux d'une usine hydro-électrique qui utilisera la chute la plus haute qui ait été aménagée jusqu'à ce jour dans le monde entier. Cette usine sera alimentée par les eaux du lac de Fully, situé à 1 650 m environ, au-dessus de la plaine du Rhône où le bâtiment de machines sera établi.

Bien que l'utilisation d'une pareille hauteur de chute fût généralement tenue, même dans les milieux techniques, pour irréalisable, M. Boucher, ingénieur civil à Lausanne, administrateur délégué de la Société d'électro-chimie de Paris, a réalisé ce projet.

L'exécution de l'usine de Fully vient d'être décidée, les différentes commandes de matériel ont été passées et, comme nous le disons plus haut, les travaux sont déjà commencés.

La conduite forcée de 4 km 1/2 de longueur sera constituée par des tuyaux de 600 et 500 mm de diamètre, et de 6 à 45 mm d'épaisseur de paroi. Elle sera exécutée dans sa partie supérieure en tuyaux soudés au gaz à l'eau, tandis que la partie inférieure, qui devra résister à une pression de régime s'élevant jusqu'à 165 atmosphères, et pour laquelle l'emploi de tuyaux soudés ne conviendrait plus, sera formée de tuyaux en acier étiré sans soudure. Ces tuyaux qui sont obtenus directement du bloc d'acier, au moyen de fortes presses à étirer offrent, grâce à leur parfaite homogénéité, la plus grande sécurité que l'on puisse désirer pour une installation devant satisfaire à de pareilles exigences. Cette conduite forcée sera livrée par les aciéries Thyssen et Cie, à Mühlheim sur la Ruhr.

L'installation mécanique comporte quatre unités de 3 000 ch à 500 tours. Les turbines seront construites par la Société anonyme des ateliers Piccard, Pictet et Cie à Genève. Ce sont des turbines Pelton à aubes interchangeables en acier forgé, maintenues sur la couronne d'un disque, également en acier forgé, au moyen d'un dispositif breveté, spécialement étudié pour ce cas particulier. Cette fixation doit présenter une sécurité absolue, aussi bien contre les chocs répétés d'un jet dont la vitesse atteint la valeur prodigieuse de 175 m par secondes, que contre les effets de la force centrifuge, tout en permettant un remplacement facile des aubes en cas d'usure.

Les régulateurs de ces turbines seront à pression d'huile à double action, du type Piccard-Pictet, dans lequel le réglage est obtenu par la commande simultanée d'une bascule déviant le jet et d'un pointeau modifiant la section de la tuyère.

L'action automatique judicieusement coordonnée de ce double dispositif devra permettre d'obtenir un réglage parfait et d'éviter, avec une sécurité absolue, tout danger de surpression dans la conduite, sans que le bon rendement de la turbine subisse la moindre altération.

L. G. L.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DE SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Sur les machines dynamo-électriques à excitation interne. — Les machines dynamo-électriques ont été construites, en général, jusqu'à présent en affectant à chacune des parties qui les constituent mécaniquement les fonctions respectives d'inducteur et d'induit. Ce n'est cependant pas une nécessité d'ordre physique, car il suffit, pour qu'une machine soit transformatrice d'énergie, qu'un bobinage soit en mouvement relatif dans un champ magnétique dont la direction diffère de celle de son champ propre. On peut donc faire porter par la même partie, fixe ou mobile, les bobinages inducteur et induit, et même superposer, dans les mêmes fils, les courants inducteur et induit. C'est l'*excitation interne*.

Dans un anneau du genre Gramme, par exemple, on peut introduire le courant magnétisant par des balais auxiliaires calés à mi-distance des balais principaux et reliés à une source indépendante. La partie fixe reçoit alors simplement un enroulement de compensation du champ du courant induit. On peut encore rendre une telle machine auto-excitatrice, en mettant en court-circuit les balais auxiliaires et en faisant le bobinage de compensation légèrement surabondant.

On peut aussi introduire dans le fil induit, au moyen de bagues reliées à des points équidistants, des courants polyphasés de phases et de fréquences appropriées pour produire le champ fixe d'excitation. Ce dernier mode d'excitation, en particulier, confère à la dynamo des propriétés spéciales dont les principales sont les suivantes : l'entrefer n'est déterminé que par les conditions mécaniques de la construction, et plus du tout par les conditions de bonne commutation ; l'excitation en est réduite en proportion ; la dispersion magnétique est réduite pratiquement à rien, d'où des conditions d'auto-régulation extrêmement favorables.

Ces propriétés trouvent leurs applications les plus intéressantes dans quelques cas particuliers : ainsi l'excitation des alternateurs, pour laquelle la machine principale fournit elle-même à son excitatrice le courant magnétisant. La compensation des chutes de tension (compoundage) devient alors très facile à réaliser au moyen d'un simple tranformateur, qui renforce l'excitation en proportion du courant principal.

Pour les machines à courant continu de très grand débit affectées aux grandes applications de l'électrolyse, les difficultés considérables auxquelles a donné lieu la commutation sont évitées sûrement par l'emploi de l'excitation alternative interne. Leur origine est l'impossibilité pratique de maintenir, avec la construction usuelle, l'égalité des champs magnétiques partiels de ces machines à nombre de pôles nécessairement élevé. Les moindres différences créent, entre les forces électromotrices mises en parallèle, des écarts d'où résultent d'énormes courants de circulation. Les connexions équipotentielles, d'emploi courant, ne peuvent suffire à corriger ces défauts, ainsi qu'on le démontre facilement. Au moyen de l'excitation alternative, l'égalité des divers champs est assurée rigoureusement et reste telle malgré toutes les variations accidentelles de centrage. Ce sont, en effet, des réluctances et non des résistances qui déterminent le partage des courants magnétisants, et les réluctances tiennent compte automatiquement de toutes les différences d'entrefer.

L'excitatrice, génératrice de courants déphasés, montée en bout d'arbre, est d'une grande simplicité. On peut disposer les choses de manière qu'elle ne comporte ni bagues, ni balais, et que la machine principale elle-même n'ait pas besoin de bagues ; il suffit d'établir les jonctions permanentes appropriées entre points homologues des deux bobinages. L'excitatrice n'est alors pas une complication.

(Note de M. *R. V. Picou*, présentée par M. P. Villard, Académie des Sciences, 19 mai 1913.)

GÉNIE MARITIME

Les systèmes d'énergie qui accompagnent le mouvement d'un corps dans l'air et dans l'eau. — Nous relevons ce principe : quand un corps est accéléré dans un fluide, il se produit une dépression entre la surface d'attaque et la surface de retraite, et des ondes de pression se propagent avec la vitesse du son. Si une sphère se déplace avec une vitesse V dans un fluide de densité égale à 1, s'étendant à l'infini, et si la pression du fluide mesurée à une distance infinie du corps est P, si $P < \frac{5}{8}V^2$, il se produit une séparation entre le corps et le fluide et les phénomènes de cavitation prennent naissance.

(Communication du Prof. *J.-B. Henderson*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

Stabilité longitudinale des hydroplanes et hydro-aéroplanes. — En étudiant l'hydroplane *Miranda-IV*, construit par Thornycroft, et dessiné avec un redan sous la carène, on trouve que la résultante R des poussées du vent R_W sur la partie émergée et de l'eau R_F et R_A sur les deux portions immergées (au milieu et à l'arrière), passe par le point d'intersection O de la composante poids W et de la composante poussée d'hélice T. Si cette dernière augmente, le bateau se redresse par l'avant. Si ce redressement devient trop considérable, l'augmentation de l'angle d'attaque fait reculer le centre de poussée du vent et de l'eau, et il se produit, du fait que la résultante R ne passe plus par le point d'intersection de T et W, un couple qui tend à abaisser l'avant jusqu'à ce que R passe par O, et le cycle d'oscillation recommence. Plus le bateau émerge par l'avant, plus les surfaces portantes sont courtes. Le même raisonnement s'applique aux hydro-aéroplanes à fuselage-carène, tels que le *Flying-fish* ou le *Donnet-Levêque*, mais ici, le gouvernail de profondeur entre en action quand la composante (poussée de l'eau) disparaît, et son action équilibre le couple qui tend à abaisser l'engin. Pour qu'il n'y ait pas de modification soudaine de l'équilibre si le moteur s'arrête, il faut que la poussée de l'hélice passe très près du centre de gravité de l'hydro-avion, à une distance telle que l'appareil puisse prendre un angle convenable pour le vol plané.

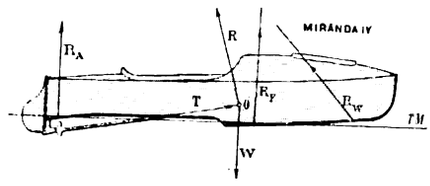


FIG. 1. — Schéma relatif à la stabilité longitudinale d'un hydroplane.

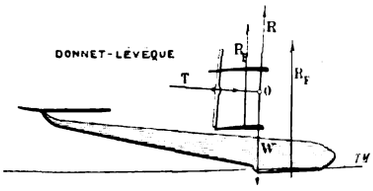


FIG. 2. — Schéma relatif à la stabilité longitudinale d'un hydro-aéroplane.

M. Steele montre comment l'effet gyroscopique d'un moteur rotatif oblige à agir sur le gouvernail de profondeur quand l'appareil vire dans un plan horizontal. A son avis, la machine la plus intéressante, au point de vue stabilité, du salon de l'aéronautique de Paris de 1912, était celle de M. Drzewiecki, basée sur la différence entre les poussées à l'avant et à l'arrière du flotteur, différence due aux sections transversales différentes.

(Communication de M. *J.-E. Steele*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

A propos des grandes superstructures. — M. J.-F. King s'est proposé de signaler l'importance qu'il y a à étudier de près la distribution des efforts dans la charpente des superstructures d'un navire. Une série de schémas montre la valeur qu'il faut donner, à résistance égale, aux sections des ponts des châteaux, suivant qu'ils sont effectivement reliés ou non à la coque proprement dite par des parois continues. Il est de toute nécessité d'éviter les angles vifs dans les découpures de ces parois ; ces angles sont une cause de faiblesse, ils sont presque toujours l'origine de fissures dans le métal. Si l'on ne veut pas faire participer les superstructures à la résistance générale de la coque, on coupe franchement celles-ci en deux ou plusieurs tronçons réunis par des joints glissants ou flexibles. Cette disposition n'est pas utile pour des navires de moins de 170 m.

Les ponts supérieurs des paquebots sont de plus en plus chargés de constructions de toutes sortes, d'embarcations superposées, ventilateurs, réservoirs, etc. ; ils doivent donc être renforcés.

On aura avantage à disposer les longues superstructures sur toute la largeur du navire, à réduire la promenade inférieure à un simple passage protégé par côté contre le vent et la pluie. C'est aussi l'opi-

Digitized by Google

nion que M. Thearle, ingénieur en chef du Lloyd, exprime dans la discussion, en ajoutant que les parois verticales de ces constructions doivent faire partie intégrante de la charpente du navire.

(Communication de M. *J. Foster King*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

Tensions dans les enveloppes cylindriques entretoisées. — Y a-t-il avantage à relier, par des entretoises, deux cylindres concentriques en tôle soumis à une pression extérieure au cylindre intérieur? Les calculs de M. Stromeyer montrent que si les tensions circonférencielles des enveloppes sont ainsi diminuées, il n'en est pas de même des autres efforts, et la présence de ces entretoises affaiblit la solidité de l'ensemble, bien qu'elle présente une garantie contre l'affaissement possible de l'enveloppe intérieure par suite d'une surchauffe locale.

(Communication de M. *C.-E. Stromeyer*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

Répartition des efforts transmis par un rivet à une tôle. — Quand un solide est soumis à un effort, si la fatigue est inférieure à la limite d'élasticité, les tensions ou compressions en chaque point peuvent être déterminées par l'observation et la mesure des déformations de la matière. C'est par cette méthode, et à l'aide d'un appareil extensomètre, que les auteurs ont réalisé leurs expériences, de préférence à la méthode optique du professeur Mesnager. Ces expériences font ressortir les efforts considérables développés au voisinage du contact du rivet et de la tôle.

(Communication de M. *E.-G. Coker* et M. *W.-A. Scoble*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

Tensions dans une plaque percée de trous présentant des angles vifs ou bien fissurés. — Nous relevons dans ce travail une formule très simple pour la détermination exacte des efforts dans une barre percée d'un trou elliptique :

Soient p_0, la valeur moyenne de la tension dans la partie pleine de la barre; a et b, respectivement, le demi-grand axe et le demi-petit axe de l'ellipse.

Si le grand axe du trou est perpendiculaire au sens de la traction, la tension est maximum à ses extrémités où elle atteint la valeur :

$$p_{max} = p_0 \left(1 + \frac{2a}{b}\right).$$

A l'extrémité du petit axe, l'effort est une compression de valeur égale à p_0.

Si le grand axe est parallèle au sens de la traction, on a, aux extrémités du petit axe, la tension max.

$$p_{max} = p_0 \left(1 + \frac{2b}{a}\right).$$

Si $a = b$ (trou circulaire), on a :

$$p_{max} = 3 p_0.$$

Si la plaque présente une fissure, celle-ci peut être assimilée à une ellipse pour laquelle $a = 1\,000\ b$, si la fissure est perpendiculaire au sens de l'effort :

$$p_{max} = p_0\ (1 + 2\,000) = 2\,001\ p_0.$$

Ces formules sont exactes au-dessous de la limite d'élasticité : elles donnent des résultats exagérés au-dessus de cette limite : elles ne s'appliquent donc pas à des métaux ductiles.

(Communication de M. *C.-E. Inglis*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

Expériences méthodiques sur les formes des navires de commerce. — Il s'agissait de déterminer en particulier quelles étaient les meilleures proportions à donner aux extrémités avant et arrière de la carène par rapport à la partie médiane prismatique (partie dénommée « le cylindre »), en conservant la forme générale, le tirant d'eau et les dimensions principales. Les recherches furent faites sur cinq modèles remorqués dans le bassin d'essai Froude. Pour chacun de ces modèles, on avait préparé 4 ou 5 parties avant et arrière différentes. Le rapport de la longueur à la largeur était 8 pour une série et 7,654 pour les autres, le rapport de la largeur au tirant d'eau 2,25 et celui de la section du maître-couple au rectangle circonscrit 0,98. Tous ces modèles avaient un étanbot droit et une voûte surplombante. Le coefficient prismatique de l'avant variait de 0,52 à 0,67 ; celui de l'arrière, de 0,584 à 0,638 ; dans certains modèles, ce coefficient était plus élevé à l'avant qu'à l'arrière, il l'était moins dans d'autres.

La surface mouillée d'une série donnée de modèles variait dans le même rapport que $D^{2/3}$, pour ne pas avoir de correction à faire aux valeurs $\frac{R}{D^{2/3}}$ (R = résistance de remorque, D = déplacement).

Par les essais, on déterminait les courbes de variation des valeurs de $\frac{F}{D^{2/3}V^3}$ et $\frac{V}{D^{1/6}}$ (F = puissance effective, V = vitesse). Ces valeurs ont été en général mimima pour des valeurs du rapport :

$$\frac{\lambda'}{\lambda''} = \frac{\text{longueur de la partie AR}}{\text{longueur de la partie N}},$$

allant de 0,8 à 1,2 : les minima étaient plus près de 0,8 quand le cylindre avait 30 °/₀ de la longueur totale, de 1,0 quand il avait 10 °/₀ et de 0,9 quand il avait 50 °/₀ ; mais, quelle que soit la longueur proportionnelle du cylindre, la résistance minimum correspondait à une valeur de plus en plus élevée de ce rapport $\frac{\lambda'}{\lambda''}$ quand $\frac{V}{D^{1/6}}$ dépassait 2, tandis qu'elle correspondait à une valeur à peu près constante du rapport au-dessous de 2.

Une deuxième série d'expériences a été effectuée en vue de sélectionner les différents aboutissements de formes à l'avant et à l'arrière. On a remarqué que des formes d'avant creuses à l'origine donnaient une vague plus haute et d'ailleurs légère, et que la résistance était un peu augmentée (de 2 à 5 °/₀ entre 10 et 15 nœuds pour un navire de 120 m) par rapport aux formes usuelles. L'allongement de la flottaison vers l'avant (avants à guibre) a donné un gain notable de puissance pour les vitesses correspondantes à plus de 10 nœuds. Les étraves émoussées donnaient lieu à des résistances importantes.

Dans la discussion, M. A. Denny explique, tout en exposant ses propres recherches, qu'il faut faire attention à la température de l'eau du bassin : à une différence de 7° C peut correspondre une différence de 5 °/₀ dans les résistances trouvées.

M. Abell montre l'importance commerciale de la longueur du cylindre ; à son avis, un navire de 137 m et 15 nœuds de vitesse peut avoir 25 °/₀ de partie cylindrique sans augmentation sensible de puissance par rapport à un navire de formes continues.

(Communication de M. *G.-S. Baker*, Institution of Naval Architects, mai 1913.)

MÉTALLURGIE

Emploi de la combustion des gaz à la surface des corps incandescents dans les fonderies et les forges. — C'est un nouveau procédé de combustion des gaz qui semble appelé à jouer un grand rôle dans la technique de la chauffe. Il est fondé sur le principe de la combustion sans flamme (1), qui s'effectue de telle manière que les gaz en combustion ne flambent pas, mais entrent en réaction à la surface des corps incandescents et maintiennent une incandescence continue de ces corps. Ce phénomène, déjà observé en 1825 par Döbereiner au contact d'un mélange de gaz et d'air avec de fines particules de platine, n'a pas encore été employé dans la technique de la chauffe, à l'exception de l'allumeur automatique de gaz qui se compose d'une pilule de platine finement divisée. Seules, de longues recherches de Schnabel et Bone, qui ont conduit au résultat que non seulement des surfaces métalliques, mais aussi des matières telles que l'argile réfractaire peuvent faire naître une telle combustion incandescente, ont créé une base pour l'emploi de cette dernière dans l'industrie. Un avantage du nouveau procédé réside dans le fait que la chaleur est accumulée pendant la combustion, ce qui permet d'atteindre des températures de 2 000°. Un fait remarquable, c'est que déjà, avec la quantité d'air théorique, une combustion complète des gaz a lieu, sans résidu, tandis que, dans tous les autres genres de chauffage, un grand surplus d'air est nécessaire, ce qui a pour conséquence une perte de chaleur considérable.

Avec le nouveau procédé, qui est applicable aussi pour les plus grands foyers industriels, on peut obtenir des effets économiques et techniques qui paraissent invraisemblables. Par exemple, on a constaté dans les essais de puissance, avec une chaudière à vapeur, un effet utile de 93 °/₀ avec une vaporisation de 147 kg par mètre carré de surface de chauffe. Ces chiffres, qui dépassent si considérablement tout ce que l'on a obtenu jusqu'ici dans la pratique, permettent de reconnaître l'importance de ce nouveau procédé.

(Communication de M. *Schnabel*, Verein deutscher Giesereifachleute, Berlin, 14-17 mai 1913.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 709.

Digitized by Google

La fonte et l'acier moulé dans la construction des machines électriques (1). — On requiert d'une grande partie du fer employé dans la construction des machines électriques, non pas seulement des qualités mécaniques, mais aussi des propriétés magnétiques. Malheureusement, les bonnes sortes de fer magnétique et électrique ont généralement de mauvaises propriétés mécaniques. On est alors obligé de renoncer à l'une ou l'autre de ces qualités. Par exemple, avec l'acier moulé, la capacité d'absorption des lignes magnétiques diminue à mesure que la résistance augmente. Il faut attribuer ce fait à l'augmentation de la teneur du fer en carbone et en manganèse, quand la résistance augmente. Or, le carbone, mais surtout le manganèse, ont une influence extrêmement défavorable sur les propriétés magnétiques. Il semble donc désirable de remplacer le manganèse par un autre corps plus convenable pour le but recherché. M. Goltze propose le silicium. Son effet est désoxydant et améliore également les propriétés de résistance. On connait son influence sur les propriétés magnétiques, car on a depuis longtemps ajouté du silicium dans les tôles employées dans la construction de dynamos. Mais lorsque la teneur en silicium est élevée, la perméabilité devient plus mauvaise. Au contraire du silicium, le manganèse augmente la force coercitive. On a recherché si de l'acier au silicium moulé avait de meilleures propriétés magnétiques que de l'acier au manganèse moulé, la résistance étant égale. Et on trouva que c'est le cas. Par exemple, si pour un rotor à grande vitesse circonférencielle, on désire une résistance à la traction de 60 kg par millimètre carré et si on suppose que, dans le rotor, une induction de 500 c. g. s. doit exister, il faudra employer, avec de l'acier au manganèse moulé, environ 8,2 ampères-tours et, avec de l'acier au silicium moulé, seulement 2,7 ampère-tours.

Le recuit que l'acier moulé doit subir est d'une grande importance pour ses propriétés. La structure est rendue plus fine, la résistance et l'allongement sont améliorés. L'électrotechnicien a intérêt à savoir de quelle manière le recuit influence les propriétés magnétiques.

Pour le déterminer, M. Goltze analysa des éprouvettes d'acier moulé doux, qui avaient été recuites environ quatre heures à 750, 900 et 1 000°, empaquetées dans des copeaux d'acier moulé et des cendres de charbon de bois, puis refroidies lentement. Les éprouvettes recuites à 750° présentèrent une perméabilité un peu plus faible. Les éprouvettes recuites à 900° montrent une perméabilité beaucoup plus faible, tandis que le recuit à environ 1 000° permet d'obtenir une amélioration notable des propriétés magnétiques. Si on examine la structure des éprouvettes, on peut constater une relation visible entre la grosseur du grain et les propriétés magnétiques. Plus le grain est fin, plus la capacité d'absorption des lignes de force est mauvaise. Pour améliorer des propriétés magnétiques, il faut donc recuire à plus de 900°, et longtemps, de manière que le grain soit grossier.

La détermination des températures de recuit les plus favorables eu égard aux propriétés magnétiques, de même que le phénomène tout entier, forme l'objet d'autres recherches. Cependant, il paraît toutefois dès maintenant probable que la température de recuit la plus favorable pour les propriétés mécaniques, température comprise entre 750 et 900° C, soit plutôt défavorable pour les propriétés magnétiques. Les travaux de Gumlich ont montré également que, pour améliorer les propriétés magnétiques de l'acier moulé, il faut le recuire pendant longtemps à une haute température. M. Goltze, par d'autres recherches, montre également que, lorsqu'on le peut, au point de vue fonderie, une certaine addition d'aluminium à la fonte destinée aux machines électriques paraît recommandable.

(Communication de M. *Fr. Goltze*, Verein deutscher Giesereifachleute. Berlin 14-17 mai 1913.)

MINES

Le désenchaînage spontané des berlines. — Il s'agit de l'attelage par crochet et anneau. Le désenchaînage spontané peut se produire, même sans déraillement ou défectuosité de l'attelage, par simple choc longitudinal à l'extrémité ou dans le corps d'un convoi.

Il est facile de voir que le désenchaînage entre deux berlines se produit avant qu'elles viennent en contact, et qu'il ne peut avoir lieu sans un relèvement du crochet.

Ce relèvement peut être dû à l'une des trois causes suivantes :

1° Accélération appliquée au centre de gravité du crochet, si ce point est situé au-dessus de la ligne de traction, ce qui est le cas général;

2° Contact de l'anneau avec la courbe intérieure du crochet;

3° Contact du crochet avec l'attelle (pièce d'attache de l'anneau).

On peut éviter le désenchaînage spontané en modifiant simplement le profil du crochet. Il suffit :

1° De placer le centre de gravité au-dessous de l'axe de traction;

2° De supprimer la partie oblique de la corde intérieure;

3° De donner à une partie de la courbe extérieure la forme d'un arc de cercle ayant pour centre le centre d'articulation du crochet.

Suivent les résultats de plusieurs séries d'expériences sur le nouveau crochet et de l'essai en service depuis un an.

(Communication de M. *A. Rabut*, Société de l'Industrie minérale. Saint-Etienne, février 1913.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Sur une nouvelle forme de charpente pour sheds. — On sait que les toitures d'atelier dites en sheds ou en dents-de-scie ont pour but de donner un bon éclairage venant du Nord, régulier et bien réparti. Dans ce but, on évite les sheds de grande portée qui présenteraient l'inconvénient d'éloigner trop les bandes vitrées les unes des autres; on ne dépasse généralement pas 7 m de portée, et pour certaines industries réclamant un éclairage particulièrement régulier, on descend souvent à 3 m 50. Des sheds de 12 à 15 m de portée, laissant entre deux vitrages successifs un grand intervalle insuffisamment éclairé, donneraient une lumière fort défectueuse.

Par contre, il y a souvent avantage, dans un atelier, à réduire au minimum le nombre des poteaux, qui constituent une gêne, et par suite, à les placer à des écartements assez grands, par exemple 10 à 15 m d'écartement et davantage. On est alors amené à adopter des fermes plus petites que les entrecolonnements, et à placer, par exemple, deux sheds (et parfois trois ou quatre) par entrecolonnement.

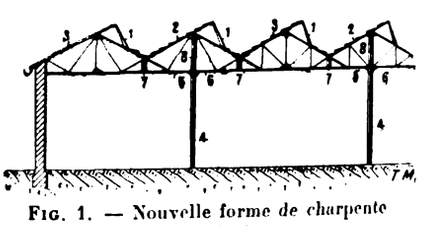


FIG. 1. — Nouvelle forme de charpente pour sheds.

Il existe plusieurs manières de réaliser cette disposition; la plus simple est de réunir les poteaux par de grandes poutres supportant les fermes; mais cette disposition est coûteuse et a l'inconvénient de surélever la toiture de toute la hauteur des poutres.

Parfois, on réunit les sommets des fermes par des barres horizontales extérieures à la toiture, complétant une poutre triangulée constituée en partie par les fermes elles-mêmes. Ces barres extérieures, exposées aux intempéries, et de plus exigeant des raccords difficiles aux points où elles sortent des toitures, constituent un mode de construction peu recommandé, et du reste, peu employé.

A l'occasion d'une récente étude faite pour la maison Michelin, de Clermont-Ferrand, M. Sée a été amené à un nouveau type de charpente, qu'on pourrait appeler « double shed cantilever »; la charpente comporte, suivant le dessin (fig. 1), des fermes 2 et 3, parmi lesquelles les fermes 2 sont supportées chacune par un poteau 4 placé sensiblement au milieu de la ferme, laquelle forme ainsi deux consoles équilibrées 5 et 6.

L'intervalle entre deux consoles 6 et 5 appartenant à deux fermes 2 consécutives, est occupé par une ferme 3 portée par les consoles. Chaque entrecolonnement comprend donc : une demi-ferme formant console, une ferme intermédiaire et une demi-ferme formant console. C'est, en somme, l'application aux sheds d'un principe analogue à celui des poutres cantilever, très employées pour les ponts de grande portée. On obtient ainsi des entrecolonnements doubles de la portée des fermes, sans aucun des inconvénients reprochés aux types en usage, et en réalisant une économie de métal, qui, dans l'étude mentionnée ci-dessus, a atteint 30 %.

Les vitrages 1 constituent une sorte de charpente supplémentaire, indépendante de la partie des principes des fermes.

Il va sans dire que la triangulation intérieure des fermes peut être d'un type quelconque; la figure représente intentionnellement plusieurs dispositions différentes.

Aux nœuds 7, il n'y a qu'un effort de cisaillement sans moment de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 12 (15 décembre 1912), p. 460.

Digitized by Google

flexion, et on pourrait, à la rigueur, faire ces nœuds à simple articulation ; mais, dans le but d'assurer la rigidité et le contreventement, il est préférable, non seulement de faire en ces points des assemblages indéformables, mais même de leur donner une certaine hauteur, susceptible d'intervenir efficacement dans la triangulation des fermes. C'est ce que représente la figure 1. Aux extrémités en mur, on fera, en général, une travée d'une ferme et demie.

Dans le sens perpendiculaire aux fermes règnent, comme d'ordinaire, des pannes et des contreventements. On peut profiter de la hauteur assez grande qui règne dans la partie de ferme placée au-dessus du poteau pour y placer des poutres en treillis 8 de grande hauteur, et, par suite, pouvant, sans être trop lourdes, avoir de grandes portées de 12 à 20 m ; ces poutres supporteront de distance en distance des fermes semblables à celles qui existent entre les poteaux. On arrive, par ce moyen, à réaliser des charpentes de sheds à grands entrecolonnements dans les deux sens, et néanmoins très légères.

(Communication de M. *Alexandre Sée*, Société industrielle du Nord de la France, 5 février 1913.)

A propos de la pression du vent sur les toitures. — L'évaluation de la pression du vent sur les toitures soulève, en ce moment, des controverses.

Il est admis que la pression exercée par le vent, sur une surface plane normale à sa direction, s'exprime par le produit de la surface par le carré de la vitesse et par le coefficient 0,14. Pour une toiture, on admet que le vent descend sous un angle de 10° et frappe la toiture sous l'angle $a + 10°$, a étant l'angle de la toiture avec l'horizon. Dans ces conditions, la pression s'obtient en multipliant l'expression précédente par

$$\sin^2 (a + 10).$$

Telle est la formule officielle qu'on trouve dans les formulaires, et qu'on impose encore actuellement dans les cahiers des charges des administrations. Cette formule est ancienne ; elle date du temps où on ne savait à peu près rien sur l'aérodynamique et la résistance de l'air. Notamment, la loi du sinus carré date de Newton.

Depuis quelques années, on est mieux renseigné, et l'inexactitude de cette formule saute à tous les yeux. Tout le monde sait que le coefficient de résistance de l'air n'est pas 0,14, mais 0,08. L'hypothèse du vent descendant sous un angle de 10° est du plus pur arbitraire.

Enfin, la loi du sinus carré, obtenue par un raisonnement théorique, a toujours été en contradiction flagrante avec l'expérience, et il y a longtemps que les expérimentateurs ont constaté que la loi du sinus simple se rapproche beaucoup plus de la réalité. Et cela est particulièrement grave, car le sinus carré est plus petit que le sinus simple ; pour les pentes de toitures les plus usuelles, il conduit à des valeurs deux fois et même trois fois trop faibles.

Joignons à cela que la formule omet complètement un élément important du problème, à savoir la forme de la surface soumise au vent : on sait que les rectangles allongés éprouvent, aux petits angles d'incidence, une pression pouvant aller jusqu'à quatre ou cinq fois celle que reçoit un carré ; de sorte que si le coefficient 0,14 est un peu élevé pour un carré, il est trois fois trop faible pour certains rectangles.

Enfin, pour les carrés eux-mêmes, on sait depuis peu que la loi du sinus simple conduit, pour certaines incidences, à des valeurs trop faibles, et qu'aux environs de 35 à 40° (précisément l'angle sous lequel le vent frappe la plupart des toitures lorsqu'il est légèrement descendant), la loi de variation subit une anomalie et fait une brusque pointe égale à une fois et demie la valeur admise jusqu'ici.

Que conclure de tout cela ? Il semble, à première vue, que la formule en usage constitue un anachronisme scandaleux, qu'elle peut donner des valeurs dix fois plus faibles que la réalité, et qu'il y a urgence à remplacer ce dangereux vestige du passé par une formule plus en rapport avec les données de la science.

Seulement, là où la question se complique, c'est quand il s'agit de savoir quelle est la formule susceptible de remplacer l'ancienne.

Si l'on prend un cas très simple, celui d'un plan mince carré, les nombreux expérimentateurs qui ont étudié la pression subie aux diverses incidences n'ont pas encore réussi à la représenter par une formule satisfaisante ni même grossièrement approchée. De plus, la pression est loin d'être uniformément répartie. Si l'on considère un rectangle, la question se complique encore ; si l'on prend une surface non rectangulaire, on ne sait plus rien.

Du reste, une toiture, ayant derrière elle l'épaisseur du bâtiment, n'est nullement assimilable à un plan mince.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que le cas où le vent arrive dans le plan de symétrie du versant de toiture ; mais que se produit-il quand il est oblique ? Et quand la toiture est courbe ?

Pour élucider un peu la question, il est tout indiqué de recourir à l'expérimentation directe, sinon sur des toitures en vraie grandeur, du moins sur des modèles réduits qui donnent lieu à des phénomènes obéissant d'une façon suffisante aux lois de la similitude.

Mentionnons, à titre d'exemple, les expériences faites en 1912, au laboratoire de la Brigade des Spécialistes italiens à Rome. Ces essais ont été pratiqués par vent de 10 m par seconde sur les modèles réduits de deux types de hangars ogivaux destinés à abriter des ballons dirigeables.

La figure 1 en indique les dimensions et représente les résultats obtenus, la courbe des pressions et la grandeur des pressions aux différents points du profil.

On constate immédiatement que la courbe des pressions n'a aucun rapport, même très lointain, ni avec la loi du sinus simple, ni avec aucune loi connue basée sur l'angle d'incidence. Les pressions positives sur la face antérieure diminuent rapidement à mesure que la courbe s'infléchit. Elles s'annulent bien avant d'atteindre le sommet de l'ogive, ensuite elles deviennent négatives.

Sur toute la face postérieure, dont la formule ne s'occupe pas, règne aussi une dépression importante et qui est sensiblement indépendante de la pente de la toiture, dépression qui est, du reste, bien connue des ingénieurs et des couvreurs.

Il est visible que la pression du vent sur chaque élément dépend

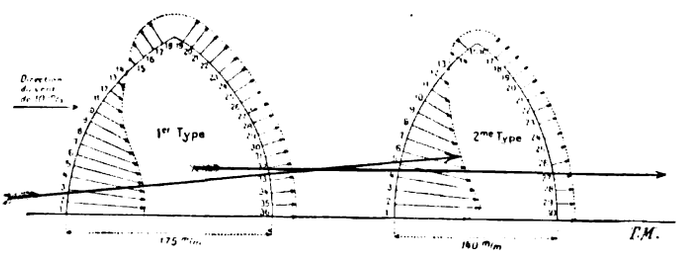


FIG. 1. — Répartition des pressions dues au vent sur deux types de hangars ogivaux.

beaucoup moins de l'angle d'incidence en ce point que de la situation de l'élément dans l'ensemble. Par suite, les données qui figurent dans la formule officielle, et celles qu'on pourrait y ajouter sur l'allongement, la nature des surfaces, etc., sont loin de déterminer le problème.

L'influence des divers corps de bâtiments les uns sur les autres, la présence des bâtiments voisins font qu'on ne peut, en réalité, rien calculer.

Ainsi, à la question posée tout à l'heure : « Quelle serait la formule susceptible de remplacer l'ancienne ? » on ne peut rien répondre. Toute autre manière de calculer apparaîtrait aussi arbitraire, aussi inexacte, aussi peu générale que celle qui est en usage. Celui qui décréterait l'emploi officiel d'une nouvelle méthode encourrait une bien lourde responsabilité, car s'il survenait un accident, on ne manquerait pas de lui reprocher d'avoir substitué à une ancienne formule, qui, elle, au moins, a la sanction de l'expérience, une nouvelle formule, tout aussi arbitraire, et qui n'a pas fait ses preuves.

Car, qu'on le veuille ou non, la formule en usage se tire à son honneur de la tâche qu'on lui demande, et les praticiens n'ont rien à lui reprocher. Les charpentes calculées avec son aide tiennent parfaitement en place. Peut-être que les inexactitudes flagrantes qu'elle contient se compensent dans une certaine mesure ; peut-être que cette formule, sans présenter exactement la pression du vent à aucun moment, représente assez bien une courbe enfermant toutes les courbes particulières obtenues en faisant varier les divers facteurs du problème, et constitue en quelque sorte l'enveloppe de ces courbes ? Ce qui est certain, c'est qu'on n'a pour la combattre que des arguments de théorie. Au point de vue pratique, elle donne incontestablement satisfaction, et on ne voit pas du tout en quoi il serait urgent de l'abolir.

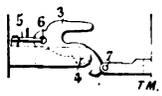
(Communication de M. *Alexandre Sée*, Société industrielle du Nord de la France, 4 mars 1913.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Couplage automatique des wagons de chemin de fer. — Un anneau porté par l'un des véhicules est disposé de façon à engager l'extrémité du crochet oscillant porté par l'autre véhicule. L'extrémité de l'anneau 7 a la forme d'un galet pouvant tourner librement.



Pour désaccoupler les deux wagons, un arbre latéral 4 sur lequel est fixé le crochet 3 peut tourner autour de son axe par la manœuvre d'une manivelle placée sur le côté du véhicule. Le crochet peut être maintenu dans la position de désaccouplement par un crochet oscillant 5 s'engageant dans un œil 6.

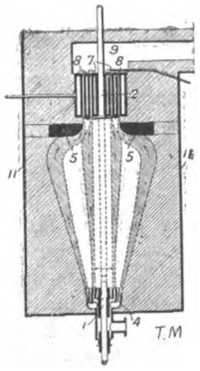
(*K. Kuscielek and L. Rothstein*, Posen, Allemagne. Brev. angl., cl. 103, n° 28 850, 21.XII.11.)

CHIMIE

Epuration de l'eau au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. — L'eau, après avoir été traitée par ces composés chlorés, est mise en contact avec de l'étain métallique ou des composés de l'étain en fine poudre.

(*Th. Goldschmidt A. G.*, Essen, Ruhor. Brev. all., cl. 85 b, n° 256 387, 16.I.12.)

Oxyde d'azote (Four électrique pour la production d'). — Un four électrique pour la production de l'oxyde d'azote a une paroi conique resserrée à la partie supérieure 5; l'air est introduit par des tuyères 4 dans un conduit annulaire entourant l'arc et dans un conduit extérieur disposé le long de la paroi; les tuyères 4 entourent l'électrode 1 dont elles sont isolées. Les deux courants d'air passent par des orifices refroidis par l'eau 7, 8, autour de l'électrode 2 et peuvent être évacués séparément ou mélangés dans une chambre 9. Le fourneau est construit en briques, entouré d'une chemise métallique 11, l'air du fourneau étant sous une pression supérieure de 100 mm de mercure à la pression atmosphérique.



(*H. Grohmann*, Innsbruck, Autriche. Br. angl., classe 39, n° 19, 911.I.12.)

Récipients en verre à double paroi (Fabrication). — De l'air ou le vide peuvent exister entre les deux parois. Le récipient intérieur A est introduit par le fond du récipient extérieur B, et les deux goulots 1 et 3 sont fondus et soudés l'un à l'autre.

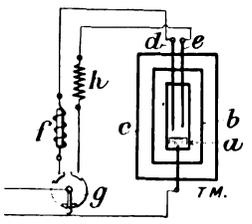
Un fond concave en verre C portant un trou en son milieu 8 est alors chauffé et soudé à l'extrémité de la bouteille B.

L'air est ensuite aspiré de l'espace E, et l'ouverture 8 obturée. Le fond de la bouteille et particulièrement l'obturateur 8 sont protégés par une plaque de métal D (fig. 2).

(*O. J. W. Higbee*, Bridgeville, Etats-Unis. Brev. angl., cl. 29 et 56, n° 24 890, 8.XI.11.)

ÉLECTRICITÉ

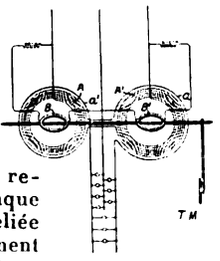
Appareil électrique à vapeurs de mercure. — Le commutateur *g* relié à un appareil à vapeurs de mercure, est à deux directions et disposé de façon que le courant puisse être envoyé soit à travers une inductance *f* à une électrode *d* ou soit à travers une résistance *h* à une électrode *e*. L'électrode *e* sera une électrode de travail. La lampe peut avoir une ou deux enveloppes additionnelles *b*, *c*.



Plusieurs lampes peuvent être placées dans une même enveloppe, leurs électrodes de mise en marche et leurs électrodes de travail formant deux groupes parallèles qui sont reliés à travers une inductance et une résistance à commutateur à deux directions.

(*F. Bousson, J. Guesnier*, Paris. Br. angl., cl. 39, n° 991, 12.I.12.)

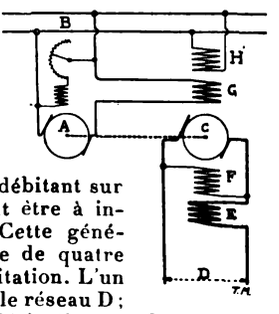
Compteurs électriques. — Un compteur d'électricité comprend deux parties; chacune d'elles est formée d'une bobine fixe et d'une bobine mobile avec des enroulements auxiliaires. Pour neutraliser l'effet des courants de Foucault on a employé un dispositif particulier. Dans l'exemple d'un wattmètre représenté par la figure, chaque bobine fixe A,A' est reliée en série avec un enroulement auxiliaire *a*, *a'* placé autour de l'autre bobine fixe. Les bobines mobiles B,B' sont reliées par les trois conducteurs de courant.



(*British Thomson-Houston* C°, London. Br. angl., classe 37, n° 1 079, 13.I.12.)

Groupe moteur-générateur produisant un courant continu d'intensité constante. — Un convertisseur à courant continu, permet de transformer le courant fourni par un réseau à tension constante en courant à intensité constante, quelle que soit la résistance du circuit qu'il parcourt.

Le moteur générateur comprend un moteur à courant continu A, à vitesse sensiblement constante (moteur shunt ou même anticompound) alimenté par un réseau B à tension constante. Ce moteur est accouplé mécaniquement à une génératrice C débitant sur le réseau D qui doit être à intensité constante. Cette génératrice C est munie de quatre enroulements d'excitation. L'un E est en série avec le réseau D; un autre F est en dérivation aux bornes de la génératrice C; un troisième G est en série avec le moteur A, enfin le quatrième H est alimenté par le réseau B et fournit une excitation fixe.



Les enroulements F, G, H, agissent tous les trois dans le même sens pour exciter la génératrice C; l'enroulement E est anticompoud et agit par conséquent en sens inverse des trois enroulements F, G, H. De plus, ces quatre enroulements sont réglés de telle manière que lorsque la génératrice C fonctionne à pleine charge, c'est-à-dire débite le courant constant sous son plein voltage, chacun de ces quatre enroulements produit la moitié des ampères-tours nécessaires pour maintenir ce voltage.

Dans ces conditions, le courant débité par C se maintient pratiquement constant quelle que soit la résistance du réseau D, c'est-à-dire que la tension aux bornes de C se proportionne automatiquement à cette résistance.

Soit *n* la moitié du nombre d'ampères-tours nécessaire pour exciter la génératrice C en pleine charge. On voit que pour cette pleine charge et d'après ce qui a été dit plus haut, les trois enroulements F, G et H fournissent 3 *n* ampères-tours, l'enroulement E en fournit $-n$, de sorte qu'à sa pleine charge la génératrice C est excitée par : $3n - n = 2n$ ampères-tours, ce qui est bien le nombre d'ampères-tours nécessaires pour la pleine charge.

Si l'on examine maintenant ce qui se passe pour l'autre charge extrême, c'est-à-dire la charge zéro, correspondant au court-circuit franc de C, les ampères-tours fournis par les divers enroulements d'excitation de C sont :

Pour E	$-n$
— F	0
— G	0
— H	$+n$
Total	$n - n = 0$

ce qui correspond bien à une tension nulle aux bornes de C, c'est-à-dire au court-circuit de cette machine. En réalité, G ne donne pas dans ce cas des ampères-tours nuls, car le moteur A supporte une certaine charge correspondant aux pertes à vide du groupe. Pour arriver à une excitation totale nulle, il suffira alors de régler l'excitation fixe H de manière à lui faire fournir en moins les ampères-tours que G fournit en trop.

On verrait de même facilement en examinant ce qui se passe pour d'autres valeurs de la charge de la génératrice C, c'est-à-dire de la résistance du circuit D, que l'excitation de C et par conséquent la tension de cette machine se proportionne à la résistance du circuit qu'elle alimente dans lequel le courant reste par conséquent constant.

Des rhéostats (non représentés pour plus de simplicité) placés en série avec les enroulements d'excitation H et F et d'autres shuntant les enroulements série G et E, permettent de régler les ampères-tours fournis respectivement par les quatre enroulements excitateurs.

(*Société alsacienne de Constructions mécaniques*, Belfort, France. Brev. fr., cl. 12, n° 446 986, 25.IX.11.)

Lampes à incandescence. — Pour améliorer le vide possible dans ces lampes, on introduit une petite quantité de composé phosphoreux dans l'ampoule elle-même, en recouvrant les fils de support ou d'amenée de courant avec un phosphure du métal dont ils sont faits. Ce résultat peut être obtenu en les chauffant à une température de 400 à 500° dans une atmosphère d'hydrogène et de phosphore.

Cette méthode exige évidemment l'emploi de supports formés d'un métal qui puisse donner un phosphure, par exemple le cuivre, le nickel, le molybdène, etc.

(*Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, France. Brev. fr., cl. 12, n° 446 934, 6.VIII.12.)

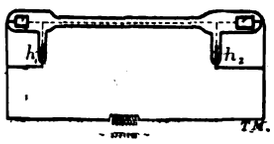
Digitized by Google

Plaques d'accumulateurs (Procédé de fabrication). — Ce procédé consiste dans la fabrication de plaques d'accumulateurs par un dépôt métallique adhérent et poreux d'épaisseur convenable obtenu par pulvérisation du métal en fusion ou par projection de ce métal à l'état de poussière, cette poussière pouvant être mélangée d'une quantité plus ou moins grande d'oxydes.

A titre d'exemple, on peut obtenir des plaques d'accumulateurs en projetant par le procédé Schoop, du plomb à l'état de poussière sur des plaques minces en celluloïd, gaufrées, polies ou dépolies, perforées ou non; ces plaques sont ensuite formées, comme les plaques ordinaires, par les procédés connus.

(*Société de Métallisation*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 446 877, 13.X.11.)

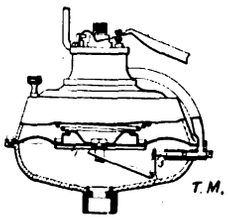
Tubes lumineux à vide (Procédé pour engendrer et maintenir une couleur constante dans les). — Ce procédé est caractérisé par le fait que les saletés du gaz de remplissage provenant des électrodes ou des parois du tube, ou bien encore restées dans ce dernier, sont absorbées au moyen d'électrodes auxiliaires h^1 h^2 sous l'influence de la chaleur du courant, ou bien combinées chimiquement et par suite rendues inefficaces.



(*Moore Licht A. G.*, Berlin. Brev. all., cl. 21 *f*, n° 259 951, 14.IV.12.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

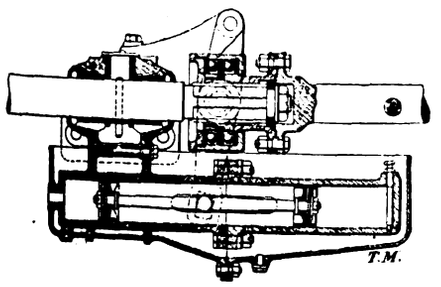
Allumage de gaz à distance, caractérise par une membrane mobile 1, qui commande d'une part la soupape de l'allumeur à distance, d'autre part une soupape 5 réglant la pression du gaz.



(*Aktiebolaget Lux*, Stockholm. Brev. all., cl. 4 d., n° 259 866, 9.III.12.)

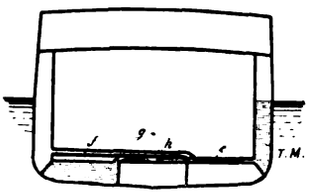
GÉNIE MARITIME

Commande d'hélices de navires. — Grâce à la mobilité longitudinale de l'arbre de l'hélice par rapport à l'arbre de commande et à l'appui de l'arbre de l'hélice par un organe élastique, la pression de l'hélice, quand on embraye un embrayage à friction, est transmise progressivement à ce dernier et utilisée pour appuyer la friction. Cette commande est caractérisée par un liquide servant d'appui à l'arbre de l'hélice et dont une partie est reliée à l'arbre de l'hélice mobile et l'autre partie à la carcasse du moteur ou une autre partie fixe.



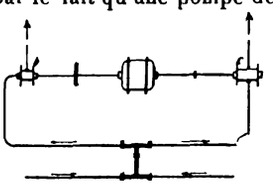
(*Daimler-Motoren Ges.*, Stuttgart-Untertürkheim. Brev. all., cl. 65 *f*, n° 260 080, 22.VIII.11.)

Coque de navire avec division en cellules. — Les cellules latérales extérieures (ou les compartiments des extrémités du navire) sont reliées systématiquement avec des cellules aussi basses que possible de l'autre bord du navire (ou de l'autre extrémité). Lorsqu'il se produit une voie d'eau latéralement ou à une extrémité, une cellule opposée et aussi basse que possible est remplie d'eau automatiquement, de sorte que le centre de gravité de la masse totale d'eau introduite soit plus basse, dès le principe, que celui de la masse d'eau introduite dans la cellule endommagée.



(*Emil Schaumann*, Kiel. Brev. all., cl. 65 a, n° 259 139, 20.IV.12.)

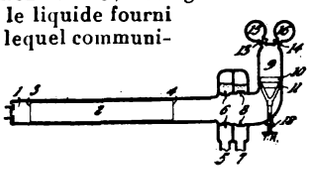
Pompe de cale centrifuge pour sous-marins, caractérisée par le fait qu'une pompe de cale auxiliaire aspirant à sec *c* est raccordée à la tuyauterie d'aspiration de la pompe de cale principale *b* et après l'amorçage de ces deux pompes engendre dans la tuyauterie d'aspiration de la pompe de cale principale un vide permettant l'aspiration.



(*Rudolf Weichardt*, Kiel. Brev. all., cl. 65 a, n° 259 015, 16.XI.11.)

HYDRAULIQUE

Appareils à élever ou à refouler les liquides. — Sur la figure, *1* représente la chambre de combustion d'un moteur à combustion interne à deux temps; *2* désigne une masse solide, à mouvement de va-et-vient, constituée, dans le cas représenté, sous forme d'un piston se déplaçant dans un cylindre, de telle sorte que son extrémité *3* est actionnée par la détente des gaz, et que son extrémité *4* agit sur le liquide à élever ou à refouler. *5* désigne le conduit d'admission pour le liquide d'alimentation, qui communique avec les valves ou soupapes d'alimentation *6*; *7* désigne le conduit de sortie pour le liquide fourni sous pression, lequel communique avec les valves de débit *8*. Un récipient d'air *9* est séparé du liquide d'alimentation par un flotteur ou piston *10*, qui peut être arrêté dans sa course par un arrêt élastique *11*, dont on peut faire varier la position en faisant tourner la vis *12*. Des robinets *13* et *14* font communiquer avec *9* des réservoirs d'air additionnels *15* et *16*, ces robinets ayant pour but d'interrompre ou de rétablir à volonté la communication.



Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Lors de l'allumage de la charge du combustible comprimé dans la chambre de combustion *1*, le piston *2* est refoulé en avant et acquiert une vitesse propre. Le liquide, en s'élevant dans le récipient *9*, entraîne le flotteur *10* et comprime le matelas élastique dans *9*, ainsi que dans *15* et *16*, si les robinets *13* et *14* sont ouverts, jusqu'à ce que la pression devienne celle à laquelle les valves *8* s'ouvrent; le mouvement ultérieur du piston *2* provoque alors la livraison du liquide sous pression, jusqu'à ce que le piston vienne au repos et que les valves *8* se ferment. L'expansion du coussin élastique comprimé dans *9* et, le cas échéant, dans *15* et *16*, provoque un mouvement de retour du piston *2*, et, pendant ce mouvement, une charge de combustible frais qui a été introduite dans la chambre *1* par une quelconque des méthodes connues employées concurremment avec les moteurs à deux temps, est comprimée et du liquide frais est introduit par les valves *6*. L'introduction du liquide frais peut être due à une diminution de pression causée par le mouvement continu du piston après que la pression du coussin élastique est tombée suffisamment bas, ou que le flotteur *10* a été arrêté par l'arrêt *11*. L'allumage de la charge de combustible frais, dans la chambre *1*, commence alors un nouveau cycle. On verra que, dans ce cas, avant que du liquide soit élevé ou refoulé, de l'énergie est emmagasinée en comprimant un matelas élastique à une pression déterminée, dépendant de la pression à laquelle le liquide est fourni, et, par suite, cette énergie emmagasinée peut rester constante, indépendamment de la quantité de travail faite pour fournir du liquide. On peut se passer du flotteur *10*, de l'arrêt *11*, et des réservoirs d'air auxiliaires *15* et *16*, mais ces organes constituent un moyen de grande valeur pour faire varier le fonctionnement suivant les conditions qui se présentent. Ainsi, pour des pressions plus élevées de fourniture du liquide, on peut employer des matelas élastiques plus faibles pour emmagasiner l'énergie, ou bien la pression initiale du matelas élastique peut être augmentée pour approcher plus près de la pression à laquelle les valves *8* s'ouvrent. Une série de conditions étant fixées d'autre part, si les robinets *13* et *14* sont fermés, un mouvement donné du flotteur *10* provoquera une élévation de pression plus rapide, de telle sorte que le mouvement du piston *2* provoquera le commencement du débit du liquide plus près du commencement de la course active. Etant donné qu'une certaine quantité du liquide élevé ou refoulé peut suivre les mouvements du piston *2*, il peut être considéré comme suivant le mouvement de va-et-vient de *2*, mais, quoique ceci puisse être inévitable, il ne faut pas considérer le liquide comme constituant nécessairement une partie essentielle de la masse à mouvement de va-et-vient, et il faut faire intentionnellement cette distinction, parce que ce liquide peut avoir une masse comparativement faible, et ses effets d'inertie être de peu d'importance, en ce qui concerne l'exemple représenté.

L'appareil travaillera d'une manière légèrement différente si le cycle dans la chambre *1* est un cycle à quatre temps, parce qu'alors, après la course active pendant laquelle du liquide est fourni, il y aura une course de retour due à l'expansion du matelas élastique en *9*, et pendant cette course, du liquide frais sera aspiré, et un matelas élastique, retenu à dessein dans la chambre *1*, sera comprimé. Ce matelas peut être constitué par de l'air de balayage ou des produits brûlés, et l'expansion du matelas donnera une deuxième course vers l'extérieur, emmagasinant de l'énergie dans la chambre *9*, et provoquant l'admission d'une charge de combustible frais dans la chambre *1*. La charge fraîche sera alors comprimée, à la deuxième course de retour, en raison de l'expansion du matelas en *9*. Dans ce cas, les courses peuvent être d'inégale longueur.

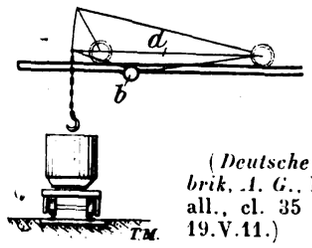
(*Herbert Alfred Humphrey, William Joseph Rusdell*, Angleterre. Brev. fr., cl. 5, n° 446 989, 24.II.12.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Dispositif pour charger et décharger les bennes sur les wagonnets pour monte-charge de hauts fourneaux, caractérisé par des cames *d*, d^1 et des rouleaux *b*, b^1 appli-

Digitized by Google

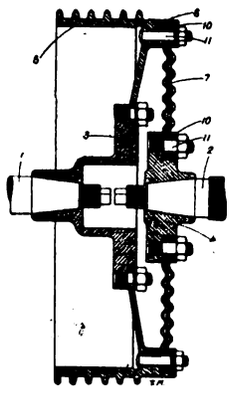
qués aux endroits convenables des rails, rouleaux sur lesquels les cames peuvent monter quand on couple ou découple les bennes.



(*Deutsche Maschinenfabrik, A. G.*, Duisburg. Brev. all., cl. 35 a, n° 259 040, 19.V.11.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Accouplement élastique de deux arbres. — L'accouplement est obtenu au moyen de plusieurs plaques de tôle ondulée disposées en nombre convenable et rendues solidaires des deux arbres. Ce dispositif d'accouplement est, par suite des déformations que peuvent subir les tôles ondulées, assez élastique pour permettre certains déplacements des arbres l'un par rapport à l'autre et remplacer les joints de cardan généralement employés.



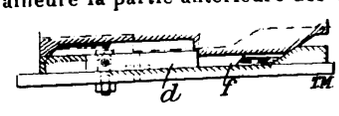
La figure représente en coupe longitudinale ce dispositif, appliqué à l'accouplement dans un véhicule automobile de l'arbre sortant du changement de vitesse avec l'arbre de transmission au différentiel.

L'arbre sortant du changement de vitesse est représenté en 1 et l'arbre de transmission au différentiel en 2. Des manchons 3 et 4 sont clavetés sur les extrémités des arbres 1 et 2 disposées en regard; le manchon 3 porte la couronne de frein 5. Cette couronne se prolonge vers l'arrière par une partie cylindrique 6 se trouvant à l'aplomb du manchon 4 porté par l'arbre 2. Des plaques annulaires 7 en tôle ondulée, dont les ondulations sont dirigées suivant des circonférences concentriques, sont montées dans des encoches circulaires pratiquées respectivement dans le manchon 4 et dans la pièce 6. Ces tôles 7 sont maintenues en place dans les encoches par tout assemblage convenable, par exemple au moyen de plaquettes 10 et de boulons 11.

Les tôles 7 sont disposées en nombre convenable suivant l'effort à transmettre.

(*Etablissements de Dion-Bouton* [*Société anonyme*], Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 446 977, 7.VIII.12.)

Embrayage. — Dispositif pour assurer un embrayage sans danger des embrayages à griffes, caractérisé par un ou plusieurs tocs disposés sur la partie mobile de l'embrayage de telle manière que leur partie antérieure affleure la partie antérieure des dents correspondantes de l'embrayage. Ils remplissent en partie les entre-dents correspondants et, dans un embrayage intempestif, rendent impossible le contact des dents des deux parties de l'embrayage, tandis que le ou les cliquets *d* sont repoussés par les dents de l'autre partie de l'embrayage et permettent d'embrayer quand ce mouvement a lieu à un moment où les dents de l'embrayage peuvent engrener l'une avec l'autre.



(*Berlin-Erfuter Maschinenfabrik Henry Pels et C°*, Erfurt. Brev. all., cl. 47 c., n° 259 676, 21.X.11.)

Jonction de tuyaux en forme de joint universel dans laquelle l'un des tuyaux est suspendu à pivotement dans l'autre au moyen de deux goupilles, diamétralement opposées, caractérisée par une rainure circulaire portée par une extrémité d'un tuyau *c* dans laquelle s'engagent les goupilles *e* de l'extrémité de l'autre tuyau, de manière que la jonction est réglable dans tous les sens.

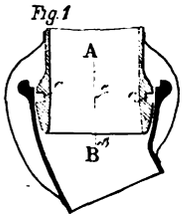


Fig. 1

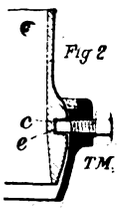
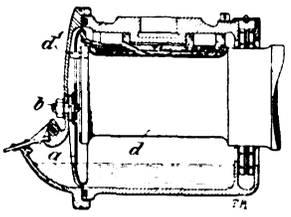


Fig. 2

(*Fried Krupp A.-G. Grusonwerk*, Magdeburg-Buckau. Brev. all., cl. 47 f, n° 259 130, 17.III.12.)

Lubrification (Dispositif de) des paliers d'axes au moyen d'une rondelle amenant l'huile, caractérisé par une rondelle *a*, montée sur un pivot *b* et pouvant tourner, et entraînée par toc *d'* de la fusée *d*.



(*G. et J. Jäger G. m. T. H.*, Elberfeld. Brev. all., cl. 20 *d*, n° 259 511, 11.VII. 12.)

Transmission élastique entre un arbre et l'arbre commandé par lui. — Ce dispositif mécanique assure en particulier la transmission élastique du mouvement de l'arbre-vilebrequin à l'arbre de commande de la distribution dans les moteurs à pétrole et autres moteurs à explosions.

On interpose entre l'arbre de commande de la distribution et le pignon monté sur lui, un

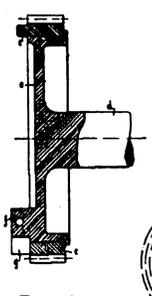


Fig. 1.

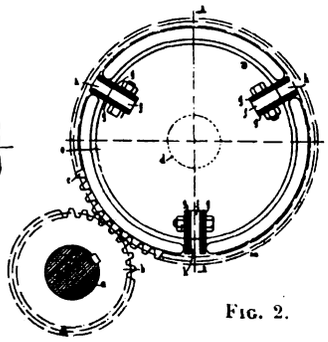


Fig. 2.

certain nombre de ressorts ayant pour rôle d'absorber les vibrations ou déformations passagères de l'arbre.

a désigne l'arbre vilebrequin du moteur, arbre sur lequel est claveté le pignon *b* engrenant avec un pignon, ou roue, de diamètre double *c*, qui doit entraîner l'arbre *d*.

La roue *c* est montée à frottement doux sur un plateau *e* qui, lui, est solidaire de l'arbre *d*. La liaison entre la roue *c* et le plateau *e* et, par suite, l'entraînement de l'arbre *d* sont assurés de la façon suivante :

Le plateau *e* présente un certain nombre de petits bossages *f*, qui y sont venus de fonte, ou formés autrement, et sur chacun desquels sont fixés deux faisceaux de petites lames de ressorts *g* s'engageant d'autre part dans des encoches *h*, pratiquées dans la jante de la roue *c*.

Dans le fonctionnement, si l'arbre *d* est soumis à des vibrations ou à des déformations passagères, il est facile de comprendre que celles-ci seront sans effet sur la roue *c*, car les lames de ressorts fléchiront en absorbant ainsi les efforts momentanés et en empêchant les variations de vitesse de se transmettre à la denture de ladite roue.

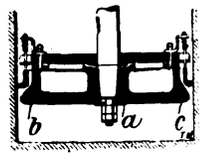
Pour les mêmes raisons, les vibrations et déformations provenant de l'arbre *a* seraient sans effet sur les dentures des engrenages *b* et *c* et sur l'arbre *d*.

Le même système serait applicable dans le cas où, au lieu d'être reliés directement par engrenages, les deux arbres *a* et *d* seraient reliés par une transmission à chaine.

(*Société anonyme des Anciens établissements Hotchkiss et C^ie^*, Saint-Denis, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 447 081, 9.VIII.12.)

MACHINES THERMIQUES

Piston pour machines à gaz, caractérisé par un segment *c* glissant sur une surface oblique *b* et appuyé par un ressort contre la paroi du cylindre, de telle manière que le rapport entre la surface utile du piston et la masse du piston *a* et les parties qui y sont reliées soit le même que celui existant entre la surface de pression du segment *c* et la masse de ce dernier.



(*Rudolf Troester*, Georgmarienhütte b. Osnabrück. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 260 076, 9.I.12.)

Distribution automatique d'un fluide additionnel à un moteur à combustion interne. — L'élasticité d'un moteur à combustion interne est automatiquement augmentée, au moment des démarrages ou en cas de surcharge, par une admission automatique d'un fluide additionnel tel que de l'air comprimé, ou de la vapeur se rendant aux divers cylindres du moteur à travers un distributeur et des soupapes de retenue.

Le moteur se trouve ainsi automatiquement alimenté au moment voulu par un fluide étranger, qui vient surajouter son action à celle du fluide normal insuffisant. A certains moments, bien entendu, quand l'admission de fluide normal fait entièrement défaut, le fonctionnement du moteur est assuré par le fluide additionnel seul.

Un moyen particulièrement économique d'admission de fluide additionnel est réalisé en utilisant les vapeurs produites par les calories des gaz d'échappement du moteur.

Dans la figure 1, *a* représente le moteur à combustion interne; *b* est le conduit d'échappement; les gaz sortant de ce conduit passent dans les tubes de fumée du générateur à vapeur *c*. Le conduit de prise de vapeur *c'* de ce générateur est relié à un appareil *d*, distributeur de fluide additionnel, marchant en synchronisme avec la distribution du moteur *a*. Ce distributeur est asservi au régulateur *e* du moteur *a* par l'intermédiaire d'une valve *f*, de manière à ne distribuer à ce dernier du fluide additionnel qu'au moment où la résistance atteint une valeur déterminée.

La figure 2 représente un distributeur de fluide additionnel combiné avec une valve d'admission asservie au régulateur moteur.

Le fluide additionnel, produit au moyen des calories des gaz d'échappement, c'est-à-dire la vapeur empruntée au générateur *c*, se rend par le conduit *c'* dans une chambre *g* servant de boîte à une soupape *i*, équilibrée par un piston *h*. Les faces intérieures de la soupape *i* et du piston *h*, reçoivent ainsi constamment la pression du fluide additionnel. La surface

Digitized by Google

extérieure de la soupape *i* communique, par un conduit *j*, avec le distributeur rotatif *d* particulier, qui sera décrit ci-après. La surface extérieure du piston équilibreur *h* communique, par le conduit *k* avec la boîte d'une valve *f* asservie au régulateur du moteur à combustion.

Normalement, quand le moteur fonctionne sans surcharge, ou sans défaillance, la valve *f* met en communication le conduit *k* avec l'atmosphère, par un orifice *n*. Quand, au contraire, la résistance augmente, ou quand le régulateur baisse, pour toute autre raison, au-dessous d'une position déterminée, la valve *f* change de position et ferme la communication du conduit *k* avec l'atmosphère, en ouvrant au contraire la communication entre *k* et un conduit *o* relié au générateur *c*. Tant que la communication existe entre *k* et *n*, la pression du fluide additionnel sur le piston *h* maintient la soupape *i* fermée. Quand, au contraire, la communication est établie entre *k* et *o*, la valve *f* ayant été amenée dans la position indiquée en pointillé, le piston *h* est soumis à la pression du fluide additionnel, sur ses deux faces, en sorte que la soupape *i* peut alors s'ouvrir sous l'action du fluide arrivant par c^1, et admettre ainsi du fluide additionnel au distributeur *d*.

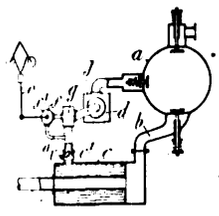


FIG. 1.

Le distributeur sera de préférence établi comme l'indiquent la figure 2, de manière à ne frotter sur sa glace qu'au moment utile. A cet effet, il comporte un papillon *p*, dans lequel est ménagé un orifice p^1 qui vient successivement en regard des divers conduits 1, 2, etc., débouchant dans les divers cylindres

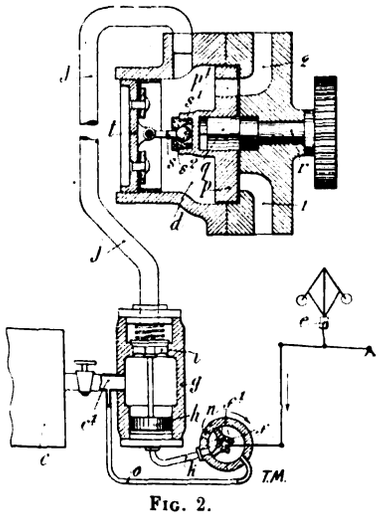


FIG. 2.

du moteur, par l'intermédiaire de soupapes de retenue.

Ce papillon peut coulisser sur un carré d'entraînement *q* formé sur un arbre *r*, tournant en synchronisme avec l'arbre de distribution du moteur.

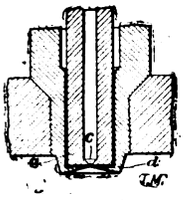
Pour éviter les frottements trop considérables du papillon *p* sur sa glace, on relie ledit papillon, de préférence par une bielle articulée *s*, à un piston *t* soumis sur sa face intérieure à la pression du fluide additionnel à distribuer, et sur sa face extérieure à la pression atmosphérique.

L'articulation par rotule s^1, entre la bielle et le papillon *p*, laisse librement tourner le papillon sans entraîner aucune rotation du piston équilibreur. Quand la distribution de fluide additionnel cesse, par suite du retour du régulateur *e* à sa position de fonctionnement normal du moteur, le papillon *p*, sous l'effet des derniers tours qu'il accomplit, s'éloigne, par frottement, de sa glace, en coulissant sur le carré *q*. Le recul du papillon vers l'extérieur dégage la rotule s^1 de son appui sur la douille s^2, en sorte que le papillon *p* tourne alors sans appuyer sur la glace, non plus que sur la rotule s^1.

L'installation d'ensemble comporte, comme le montre la figure 1, un robinet ou toute autre valve appropriée de prise de fluide additionnel *v*, disposée sur le réservoir de fluide additionnel ou sur la garniture *c* de ce fluide. Pour faire démarrer un moteur, on peut le faire fonctionner exclusivement avec le fluide additionnel, en ouvrant à cet effet le robinet *v*, qu'on laisse ensuite ouvert pour le fonctionnement normal, l'admission de fluide s'opérant dès que la vanne *v* est ouverte, puisqu'à ce moment le régulateur *e* est au bas de sa course.

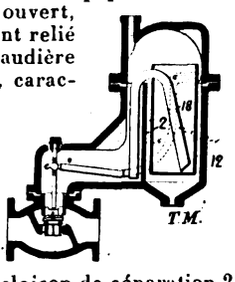
(*L.-A.-C. Letombe*. Br. fr., cl. 5, n° 446 807, 10.VII.12.)

Moteur à combustion interne. — Un appareil du type dans lequel l'air passe dans le jet de liquide pour le pulvériser, comprend une faible ouverture *e* par où est envoyé l'air comprimé qui traverse le liquide combustible qui s'écoule entre les deux tuyères *a* et *d*. La quantité d'air peut être réglée à la main ou par le régulateur du moteur.



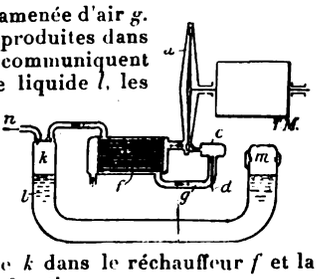
(*E.-A. Rundlof*, Stockholm. Br. anglais, classe 7, n° 1 152, 15.I.12.)

Régulateur de niveau de chaudière à vapeur avec commande de la soupape d'alimentation par un flotteur ouvert, disposé dans un récipient relié avec l'intérieur de la chaudière par un tube de niveau, caractérisé par un siphon 18 relié fixement avec le flotteur 12, ce siphon pénétrant par une extrémité dans l'intérieur du flotteur tandis que son autre extrémité entre dans un canal formé par une cloison de séparation 2 et la paroi du récipient du flotteur.



(*Schumann und C°*, Leipzig-Plagwitz. Brev. all., cl. 13 *b*, n° 260 142, 22.VIII.12.)

Turbines à gaz. — Une turbine *a* est munie d'une chambre de combustion *c*, dans laquelle aboutit le conduit *d* d'amenée du combustible et un conduit d'amenée d'air *g*. Les explosions produites dans une chambre *m* communiquent à la colonne de liquide *l*, les pulsations qui déterminent des aspirations d'air du conduit *n* dans le tube élargi *k*, et refoulement de ce tube *k* dans le réchauffeur *f* et la chambre de combustion *c*.



Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 3 (1er février 1913), p. 125.

(*Akt. ges. Brown, Boverie und C°*, Baden, Suisse. Brev. angl., cl. 51 et 110, n° 29 097, 27.XII.11.)

MÉTALLURGIE

Fer électrolytique (Procédé de fabrication). — Ce procédé utilise des courants de haute densité, donnant un fer compact, lisse, de grande pureté et dans un état tel qu'il puisse être utilisé dans l'industrie comme produits manufacturés ou autres, et ce, avec le maximum de rendement, grâce à la suppression complète des réactions secondaires dans l'électrolyseur. Ce procédé est essentiellement caractérisé en ce que l'électrolyte, constitué par un sel ferreux, est mis complètement à l'abri de l'air et reçoit des additions périodiques d'un dépolarisant tel que l'oxyde ferrique, ayant comme caractéristique de n'avoir, ni avant ni après sa formation, aucune action sur l'électrolyte.

(*Société Le Fer*, Isère. Brev. fr., cl. 8, n° 446 614, 6.X.11.)

Nickelage direct de l'aluminium. — Ce procédé consiste essentiellement :

1° A plonger la pièce à nickeler dans l'eau tiède, puis à la rincer dans de l'eau contenant 2 °/₀₀ de cyanure de potassium du commerce. On laisse la pièce environ trente secondes dans ce bain de lavage et on rince à l'eau très propre ;

2° A plonger la pièce rincée dans la composition suivante :

Acide chlorhydrique du commerce.	1/2 litre
Eau distillée	1/2 litre
Chlorure de fer.	1 gr.

3° A rincer la pièce à l'eau claire et à mettre au bain de nickelage en donnant un courant électrique de 3 volts. On laisse la pièce environ cinq minutes dans le bain, on rince à l'eau, de préférence à la température d'ébullition et finalement on sèche.

(*Marc Chirade* et *Joseph Canac*, Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 446 949, 14.X.11.)

Sable de fonderie (Régénération du). — Ce procédé de régénération du sable usagé consiste à ajouter à ce sable du sulfate d'alumine mélangé soit avec du chlorure de sodium et du chlorure de magnésium, soit avec l'un ou l'autre de ces chlorures, soit avec d'autres chlorures.

La préparation du régénérateur comprend deux phases : on fait d'abord un mélange de sulfate d'alumine et d'eau, auquel on ajoute ensuite le chlorure.

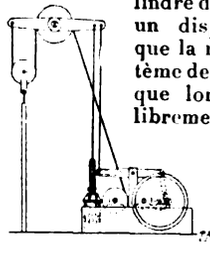
Les proportions suivantes donnent de bons résultats : Trois parties en poids de sulfate d'alumine sont incorporées à deux parties d'eau auxquelles on les mélange bien par broyage, puis on ajoute à cette masse un mélange composé de trois parties en poids de chlorure de magnésium et trois parties de chlorure de sodium qui ont été mélangées intimement. Le produit régénérateur ainsi obtenu est incorporé au sable à l'état sec et l'on ajoute ensuite de l'eau, ou bien on peut diluer dans de l'eau les chlorures et le sulfate d'alumine et les incorporer ensuite au sable.

Il a été reconnu qu'une proportion de 3 t 1/2 à 5 t de régénérateur pour 100 t de sables usagés amène de bons résultats.

(*Poulson's Foundry Specialities Limited*, Angleterre. Brev. fr., cl. 8, n° 447 097, 9.VIII.12.)

MINES

Fonçage (Dispositif de) avec équilibre des barres par poids, ressort ou cylindre, caractérisé par le fait que le système de barres est séparément équilibré par un cylindre dépendant de la machine ou un dispositif semblable tandis que la machine est reliée au système de barres d'une manière telle que lorsque les barres tombent librement, la machine puisse avoir une certaine avance sans troubler l'équilibre de poids, disposition par laquelle on évite que les barres ne soient endommagées.



(*Emil Meyer*, Grossenbaum b. Duisburg. Brev. all., cl. 5 *a*, n° 259 497, 11.V.12.)

L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Intoxication saturnine dans l'industrie de l'émaillage sur fonte.

M. César, inspecteur du travail à Charleville, a adressé au ministre du Travail une intéressante note sur l'industrie de l'émaillage sur fonte dans les Ardennes et sur les mesures d'hygiène appliquées pour prévenir l'intoxication saturnine (1).

Les émaux sont des verres translucides ou opaques, dont on recouvre des produits céramiques ou des métaux pour leur donner un aspect décoratif et les préserver des actions atmosphériques ou autres. L'application des émaux sur la fonte ne remonte qu'à cinquante ans environ. Elle a permis d'employer la fonte pour la fabrication des ustensiles de ménage, des articles sanitaires, baignoires, lavabos, éviers, water-closets, appareils de chauffage, motifs d'ornementation, etc.

Mais les émaux employés pour la fonte étant généralement plombeux, présentent, pour les ouvriers, le grand danger d'intoxication saturnine.

L'absorption du plomb peut avoir lieu par la peau, par les poumons et surtout par le tube digestif. Le Dr Séjournet avait constaté à Revin (Ardennes), l'un des principaux centres de fabrication d'objets en fonte émaillée, que les coliques saturnines atteignaient 10 % des ouvriers émailleurs. Les décrets des 23 avril 1908 et 28 décembre 1909 ont amené depuis, d'ailleurs, la disparition à peu près complète des cas graves d'intoxication par le plomb.

Rappelons que les manifestations les plus communes du saturnisme sont :

a) *Stigmate de l'intoxication plombique* : Colorations de la muqueuse buccale (liséré gingival de Burton, plaques de la face interne des joues et des lèvres, ou tatouage plombique);

b) *Accidents aigus ou subaigus* (*Epiphénomènes aigus ou subaigus*) : Coliques de plomb. — Myalgies-arthralgies. — Troubles nerveux moteurs ou sensitifs (paralysies, encéphalopathie, hystérie saturnine, tremblements);

c) *Accidents chroniques. La cachexie saturnine avec ses constituants* : Anémie progressive. — Néphrite saturnine. — Goutte saturnine. — Artério-sclérose.

La fabrication de l'émail comprend le mélange des matières premières, la fusion, le refroidissement ou solidification et la pulvérisation.

Le mélange se faisait autrefois à la main, à l'aide d'un râble, dans une sorte d'auge, et donnait lieu à un fort dégagement de poussières. Il s'effectue aujourd'hui mécaniquement dans des tonneaux clos, de sorte que cet inconvénient est supprimé.

Le mélange, après repos, est versé dans des fours à bassins, où il fond et se vitrifie. On peut se servir de fours à creusets pour les petites quantités ou pour des qualités spéciales. Pendant la fusion, les ouvriers brassent le mélange avec un ringard. Lorsque la matière est devenue assez fluide, on la coule dans des bacs peu profonds, ou refroidissoirs, où elle se solidifie.

Le chargement des fours et la coulée de la matière fondue produisent des poussières et des vapeurs abondantes, que l'on capte et qu'on entraîne au dehors par une ventilation aspirante mécanique.

Lorsque la masse d'émail est refroidie, on la brise en morceaux qu'on envoie aux appareils de concassage, broyage et blutage. Après l'enlèvement de ces morceaux, les bacs, montés sur chariots, sont débarrassés des menus débris et poussières par une bouche d'aspiration.

On se servait autrefois, pour pulvériser des émaux, de bocards ou pilons, qui laissaient échapper beaucoup de poussières.

« On avait bien essayé, dit M. César, d'y remédier en coiffant chaque mortier d'une sorte de chapeau conique formé, soit d'une tôle, soit d'une toile épaisse ou d'une feuille de caoutchouc, et n'ayant à sa partie supérieure que l'ouverture strictement nécessaire au passage de la tige du pilon; mais le déplacement brusque de l'air produit par la chute de celui-ci ne tardait pas à disjoindre et à détériorer ce dispositif, et les poussières se trouvaient chassées par toutes les fissures. Les ouvriers avaient en outre à vider et recharger fréquemment chaque pot, opération elle-même productrice de poussières. Quant au tamisage ou blutage subséquent, il s'effectuait la plupart du temps à découvert, dans des conditions très malsaines pour le personnel. »

Ce mode de préparation n'est plus employé qu'exceptionnellement pour de petites quantités d'émaux destinés à des essais.

« Dans une usine, continue M. César, il est fait usage de petits moulins broyeurs et tamiseurs à la fois, qui ne donnent lieu à aucun dégagement de poussières. En voici la description : « Un lourd rouleau se déplace dans une piste circulaire creuse, et écrase les morceaux d'émail. Une chaîne à godets élève les produits broyés et les déverse sur des tamis inclinés. Les produits qui ont la finesse voulue traversent ces tamis et sont reçus dans une boîte spéciale, tandis que les gros morceaux retombent dans la piste. L'ensemble est complètement clos par une enveloppe en tôle à joint hydraulique, et l'ouverture de chargement pratiquée dans cette enveloppe est elle-même munie d'un tampon à fermeture hydraulique. Les poussières ne trouvent par conséquent aucune issue pour s'échapper. La boîte qui a recueilli la poudre d'émail n'est enlevée qu'après la mise au repos de l'appareil pendant un certain temps.

« Dans la fabrique de M. Lens fils, les opérations de concassage, broyage et blutage sont faites dans une série de concasseurs, moulins à meules, broyeurs à boulets et bluteries mécaniques enveloppés de toutes parts, et munis du système classique de ventilation aspirante.

« Les poussières ayant quelque valeur et pouvant trouver leur emploi dans la composition d'autres émaux, on a installé, en vue d'éviter des mélanges inutilisables, plusieurs aspirateurs qui correspondent chacun à un groupe d'appareils travaillant les émaux de même couleur ou de couleurs peu différentes. Chaque aspirateur envoie ses poussières dans une chambre formée d'un tissu filtrant fixé sur une carcasse en bois; lesdites poussières sont arrêtées par ce tissu, et l'air purifié s'échappe par des cheminées fixées sur le toit du local.

« Il ne se répand, de la sorte, ni vapeurs ni poussières dans l'atmosphère des ateliers de fabrication, qui sont d'ailleurs très vastes, largement aérés, et ont leur sol ainsi que leurs murs bien jointifs et facilement lavables.

« En outre, les ouvriers sont munis de gants, masques et vêtements spéciaux pour le travail, et ils ont à leur disposition des lavabos, bains ou douches. »

M. César examine enfin les conditions hygiéniques des travaux d'application de l'émail sur la fonte. Les pièces en fonte, avant d'être émaillées, sont débarrassées de l'oxyde qui peut y adhérer par un décapage dans un bain d'acide sulfurique étendu, suivi d'un lavage à l'eau chaude. Parfois, on se contente d'un décapage mécanique au jet de sable.

On chauffe les pièces en fonte dans des fours spéciaux jusqu'au rouge cerise (800° environ). Chaque pièce est ensuite retirée par le pelleur au moyen d'une fourche et placée sur une table de fonte unie, où un ouvrier émailleur la saupoudre d'émail sur la face à recouvrir, à l'aide d'un petit tamis de 15 à 20 cm de diamètre, muni d'un manche de 35 cm. Lorsqu'il s'agit de petites pièces, l'émailleur les roule dans le tas d'émail pulvérulent qui est déposé sur la table. L'émail fond au contact du métal rouge et s'étend sur toute sa surface. Si la fusion n'est pas complète, on remet la pièce au four pendant quelques minutes.

« L'opération du poudrage est une de celles qui expose le plus les ouvriers au danger d'intoxication. Dans le but d'y remédier, on a surmonté la table de travail d'une hotte dont la cheminée, grâce à la chaleur dégagée par la pièce, produit un tirage qui entraîne au dehors les poussières, vapeurs ou fumées qui se dégagent. En outre, le poudreur et le pelleur se munissent des masques respirateurs, gants et vêtements spéciaux. Quant au leveur de porte, il n'est pas à proximité du poste de poudrage et ne court aucun danger.

« Mais le plus grand progrès intervenu sur ce point consiste dans la substitution du poudrage mécanique, en appareil clos, au poudrage à la main. Il est fait usage à cet effet des machines à émailler du système Dormoy.

« Dans cette machine, la pièce à émailler et le tamis contenant l'émail sont enfermés dans une sorte de cage largement vitrée et munie d'une cheminée d'un puissant tirage. La pièce repose sur un plateau mobile et le tamis est muni de frappeurs électriques. Les mouvements nécessaires à l'émaillage sont donnés au plateau et aux frappeurs de l'extérieur de la cage, au moyen de pédales et leviers appropriés. Les ouvriers se trouvent ainsi dans d'excellentes conditions, absolument hors d'atteinte de toute poussière ou vapeur.

« Pour l'émaillage des baignoires, on fait usage de divers dispositifs ou mécanismes qui assurent l'évacuation des vapeurs et poussières, facilitent les manœuvres et évitent en outre l'exposition trop directe des ouvriers à la chaleur rayonnante considérable que dégage la pièce rouge pendant le travail. »

(1) *Bulletin de l'Inspection du travail*, 1912, nos 1 et 2.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e *Semestre*). — TOME VII. — N° 2. 15 JUILLET 1913

La Technique Moderne

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GENIE MARITIME

LES APPAREILS DE TRANSMISSION POUR LA PROPULSION DES NAVIRES ET POUR DIVERSES APPLICATIONS A BORD

Depuis longtemps, il y a eu désaccord entre le moteur marin et le propulseur quant aux nombres de tours auxquels l'un et l'autre devaient fonctionner.

Les machines tournaient, vers l'année 1850, beaucoup plus lentement que les roues à aubes alors employées. Entre les deux appareils on était obligé d'interposer des engrenages.

Peu à peu la vitesse des moteurs a été accrue et les engrenages ont disparu : il en est résulté une très notable augmentation du rendement de l'ensemble.

A l'heure actuelle, il y a un nouveau désaccord, mais c'est le moteur qui tourne plus vite que le propulseur. La machine alternative qui donne, selon les navires, de 60 à 120 tours, qui, même, sur les torpilleurs, atteint 400 tours, est concurrencée par la machine rotative, la turbine à vapeur, qui a tous les avantages du mouvement continu, mais dont le rendement augmente avec le nombre de tours. Pour réaliser, par exemple, 10 000 ch sur un arbre de paquebot, avec une turbine, il ne faut pas compter sur moins de 200 tours, et encore sans obtenir le même rendement général qu'avec une bonne machine alternative. Il est vrai que la turbine a d'autres qualités qui lui permettent de soutenir aisément la concurrence, mais tel n'est pas le sujet de cet article. Le rendement augmenterait beaucoup s'il était possible de tourner au double, au triple, voire même au septuple. Les turbines des stations centrales électriques donnent le cheval-vapeur sur leur arbre avec moins de 4 kg 500 de vapeur environ, en employant il est vrai la surchauffe. Les turbines marines les meilleures sont au-dessus de 5 kg 500. Mais celles-ci tournent, nous l'avons dit, à 200 ou 300 tours et celles-là à 750 ou à 1 500 et plus. Toutefois, l'ingénieur naval ne saurait songer à franchir cet écart, car il ne peut pas calculer des propulseurs pour de telles vitesses de rotation. Quand l'essai en a été fait, on a constaté des chutes brusques et importantes de rendement au delà d'une certaine allure et, quelle qu'en soit l'explication, ces phénomènes ont empêché de faire tourner rapidement les moteurs marins en rotatifs

A un autre point de vue, l'augmentation de la vitesse angulaire des moteurs primaires permet de réaliser un bénéfice important de poids, et ceci permet soit d'affiner les lignes de la carène en diminuant sa résistance à la marche, soit d'augmenter la capacité de chargement du navire.

Naturellement, le problème se posant ainsi aux techniciens, des recherches ont eu lieu, des inventions ont été faites et plusieurs ordres de solutions ont été proposés. Nous allons les passer en revue.

On a envisagé, discuté et même réalisé des transmissions :

1° Purement mécaniques, par engrenages;

2° Electriques;

3° Hydrauliques.

I. — Transmission par engrenages.

Dans ces dernières années, on a fait, en Angleterre et en Amérique, différentes applications des engrenages à la transmission de

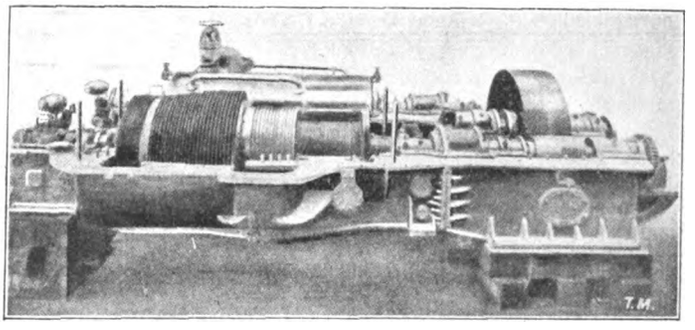


FIG. 1. — Turbine à engrenage du *Normannia* et du *Hantonia*.

la puissance entre des turbines rapides et des hélices lentes.

Les dentures sont inclinées sur les génératrices du cylindre et, sur chaque arbre, il y a deux pignons ou deux roues dont les dentures sont inclinées en sens inverse l'une de l'autre; à chaque couple de roues correspondent deux couples de pignons, de telle façon qu'il faut deux turbines au moins pour conduire un seul

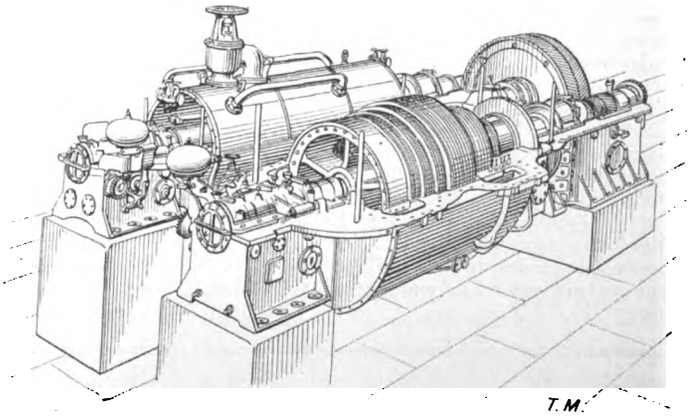


FIG. 2. — Ensemble de turbines et d'engrenages Parsons.

arbre porte-hélice. Ceci est nécessaire afin d'équilibrer les réactions normales des dentures l'une contre l'autre, mais il en résulte une assez grande complication.

M. Charles A. Parsons, l'inventeur de la turbine qui porte son nom, a réalisé plusieurs installations d'engrenages qui ont

Digitized by Google

donné de bons résultats : ce sont celles en particulier du charbonnier *Vespasian* et des paquebots *Normannia* et *Hantonia*, du cargo *Cairnross*, etc. (fig. 1 et 2).

Le *Vespasian* était un vieux cargo mû précédemment par une machine à triple expansion et qui a été transformé pour recevoir deux turbines actionnant l'arbre porte-hélice central. L'économie réalisée sur la consommation de vapeur a été de 17 °/₀, mais il faut tenir compte de ce qu'antérieurement le navire avait une machine d'un type tout à fait ancien et qui ne devait pas être très étanche.

En se basant sur les résultats que donnait le *Vespasian*, la London and South Western Railway commanda deux paquebots pour la ligne du Havre à Southampton, le *Normannia* et le *Hantonia* dont les dimensions sont, comme celles du *Vespasian*, données au tableau I. Ces deux paquebots ont fait leurs essais avec succès. D'un autre côté, en Amérique, le gouvernement des Etats-Unis a commandé et reçu trois navires : l'un à machine alternative, le *Cyclops*; le deuxième à engrenages, le *Neptune*, et le troisième à transmission électrique, le *Jupiter*.

Tableau I. — Installations a engrenages.

	"*Vespasian*"	"*Normannia*" "*Hantonia*"	"*Neptune*"	"*Cairnross*"
Type	Cargo.	Paquebots.	Charbonnier.	Cargo.
Système d'engrenages	Parsons.	Parsons.	Melville et Mc Alpine.	Parsons.
L, l, tirant d'eau en mètres	84 × 11,8 × 6	88 × 11 × »	»	113 × 15,5 × 7,2
Déplacement en tonnes	4 400	»	19 360	10 120
Vitesse en nœuds	10,5	20,4	14,6	10 n. environ.
Puissance en chevaux effectifs	980	6 100	4 000	1 570
Nombre d'hélices	1	2	2	1
Nombre de turbines	1 HP et 1 BP	2 HP et 2 BP	2	2
Système de turbines	Parsons.	Parsons.	Westinghouse.	Parsons.
Nombre de tours normal des turbines	1 420	1 500	1 250	1 615
Rapport de réduction	19,9	5	9,6	26,2
Nombre de tours de l'hélice	71	300	130	61,7
Nombre de dents	398-20	»	»	»
Vapeur par cheval effectif en kg	6,6	6,4	»	6,3

Tableau II. — Charbonniers de la marine américaine.

	"*Jupiter*"	"*Neptune*"	"*Cyclops*"
Système de propulsion	Electrique.	Par engrenage.	Directs.
Déplacement en tonnes	19 360	19 360	19 360
Puissance à 14 nœuds en CH	5 600	5 600	5 600
Système de machines	1 sur la génératrice, 2 moteurs.	2 turbines.	2 triplex.
Nombre de tours des machines	2 000	1 250	88
Nombre de tours des hélices	110	130	88
Poids de la machinerie en tonnes	156	Inconnu.	280
Consommation de vapeur par cheval-heure torsiométrique en kg	5,36 (essai).	Inconnue.	6,25 (estimation).
Vitesse moyenne de 48 heures d'essais	»	13,9	14,6

Tableau III. — Navires a propulsion électrique.

	"*Jupiter*"	"*Tynemount*"	"*Frieda*"
Type	Charbonnier.	Navire pour les grands lacs.	»
Dimensions en mètres	»	78 × 12,9 × 5,8	91,5
Déplacement en tonnes	19 360	»	»
Port en lourd en tonnes	»	2 400	5 000
Vitesse en nœuds	14	8	12
Puissance en CH	5 600	600	1 900
Nombre d'hélices	2	1	1
Nombre de tours de la génératrice	2 000	400	3 000
Nombre de tours des hélices	110	78	84
Poids de l'appareil moteur (sans l'appareil évaporatoire) en tonnes	156	»	»
Consommation de vapeur par CH en kg	5,36 (essais).	»	»
Type de turbines ou de machines	2 Curtis.	2 moteurs Diesel.	1 turbine.
Courant	Alternatif, 2 200 volts.	Triphasé, 500 volts.	Triphasé.

Le tableau II donne quelques chiffres comparatifs sur ces trois navires.

Le système de transmission Mac Alpine et Melville (fig. 3) a comme caractéristiques principales l'emploi de paliers flottants tenus entre deux pistons sous une pression d'huile. Un système asservi permet de maintenir la pression.

D'après l'expérience même du *Vespasian*, du *Normannia* et de l'*Hantonia*, il ne semble pas que, dans les limites de vitesse entre

Digitized by Google

lesquelles on a fait fonctionner les appareils, l'emploi du palier flottant soit bien indispensable; si l'on abordait des vitesses de rotation plus considérables, on serait peut-être amené à recourir à de semblables installations, ainsi que le disait récemment M. Maurice Leblanc dans sa conférence à la Société d'encouragement à l'Industrie nationale.

Dans les premières turbines à engrenages, les turbines de Laval, où le nombre de tours est excessivement élevé, l'inventeur obtenait un réglage de l'appareil en utilisant l'élasticité même des arbres d'un diamètre très faible.

En réalité, il est nécessaire en pareil cas que l'appareil puisse se régler de façon que son axe de rotation soit un de ses axes d'inertie.

Quoi qu'il en soit, pour revenir aux appareils à engrenages, le système a été jusqu'à présent appliqué à des hélices d'une puissance individuelle de plus de 8000 ch (contre-torpilleurs anglais en essais actuellement). Il faut aussi signaler que la Westinghouse Electric and Mfg Cy vient de livrer une turbodynamo de 3750 kw, ce qui correspond à une puissance sur l'arbre de la turbine à vapeur de 5000 ch, transmise par une seule paire de pignons.

M. Parsons indique de très hauts rendements pour son appareil, puisque, dans les discussions qui eurent lieu à la réunion de 1912 des Naval Architects, il annonçait 98,5 %, chiffre qui fut d'ailleurs très discuté par les ingénieurs présents. Ce qu'il y a de plus intéressant à comparer, ce sont les chiffres réels obtenus en consommation de vapeur par cheval sur l'arbre pour les divers systèmes de propulsion actuellement usités à ce jour.

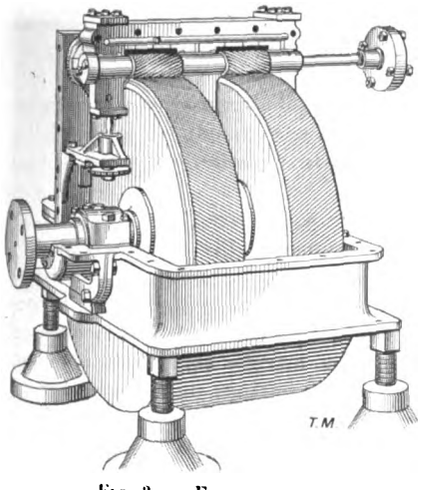


Fig. 3. — Engrenage système Melville et Mac Alpine.

Malheureusement, nous ne possédons pas encore, à ce jour, de chiffres réalisés dans des conditions identiques, car dans tous les essais comparatifs faits jusqu'à présent, où toutes les caractéristiques ne sont pas semblables, ou si elles le sont, tous les chiffres n'ont pas été publiés. Ainsi l'économie relative des systèmes nouveaux est encore en discussion, mais ceci n'empêche pas de se faire une opinion sur les avantages pratiques de chaque système en dehors de la question consommation.

II. — Transmissions électriques.

L'emploi de l'électricité pour la transmission, à une hélice lente, de la puissance produite par un primaire tournant très rapidement exige, naturellement, l'introduction sur le navire de grands moteurs électriques, tant générateurs que récepteurs. Le nombre de tours très élevé qu'il faut adopter pour les générateurs, ainsi que la robustesse qu'il y a lieu de leur demander, imposent d'une façon presque absolue l'emploi des moteurs à courant triphasé à cage d'écureuil, mais, dans ce cas, l'obtention des diverses allures de manœuvre ou de route devient compliquée, du fait bien connu du peu de souplesse du courant triphasé.

D'ailleurs, les récepteurs sont des organes encombrants, difficiles à loger d'une façon convenable dans la partie inférieure du navire.

En fait, on a jusqu'ici réalisé un certain nombre de navires à transmission électrique comme l'indique le tableau III (page 50).

Une description sommaire du *Jupiter* peut être de quelque intérêt.

La génératrice est conduite par une turbine Curtis à six étages; elle consiste en un alternateur triphasé.

La vitesse de 14 nœuds correspond à 2000 tours par minute et environ 2200 volts.

Deux réceptrices conduisent chacune les arbres propulseurs, tournant à 110 tours.

De plus, il y a, bien entendu, des interrupteurs noyés dans l'huile pour les changements de marche, ainsi que des résistances refroidies par l'eau que l'on met en circuit au moment des renversements.

Pour éviter toute fausse manœuvre, des enclenchements de sécurité ont été prévus, empêchant de manœuvrer en même temps les appareils de mise en AV et ceux de mise en AR, ou de fermer les interrupteurs sans avoir auparavant mis en circuit les résistances.

Le changement de vitesse des réceptrices est obtenu en changeant la vitesse de la génératrice, en utilisant, par conséquent, le synchronisme qui les lie. On voit d'ailleurs que ce système ne permet pas la manœuvre si commode de mettre un bord en AV et l'autre en AR pour faire tourner le navire dans un espace limité.

En plus du *Jupiter*, nous ne connaissons, en service, à l'heure actuelle, que deux navires de mer possédant la propulsion électrique : l'un est un petit navire d'expériences, de 15 m de longueur sur $3^{m},66$ de largeur, l'*Electric-arc*. Son moteur à pétrole, de 45 ch, tourne à 800 t/m en entraînant une génératrice à courant triphasé. Deux circuits différents partent de cette génératrice pour aboutir au moteur-récepteur; ces deux circuits correspondent à deux fréquences différentes pour une même vitesse de la génératrice, dont les enroulements inducteurs peuvent être connectés de deux façons différentes. L'une des fréquences correspond à la vitesse de 7 nœuds 25, l'autre à celle de 5 nœuds. Le moteur est du type « cage d'écureuil ». Les essais de ce bateau ont été satisfaisants, et, en particulier, le renversement de marche peut être obtenu en treize secondes, passant de la pleine vitesse AV aux deux tiers de cette vitesse en marche AR. N'oublions pas qu'il s'agit d'une petite coque. Nous n'avons pas de renseignements sur l'endurance de cette installation, mais nous croyons savoir qu'elle vient d'être mise en vente pour des raisons qui nous sont inconnues.

Une application plus importante a été faite sur un cargo de 90 m de longueur, 5000 t de portée et 12 nœuds, le *Frieda*, qui fait le service entre New-York et le golfe du Mexique. Dans ce navire, une turbo-génératrice de 2000 ch à 3000 tours est installée sur le faux-pont à l'AR, et l'hélice est commandée directement par un moteur à 84 tours.

On reproche à la propulsion électrique la position défectueuse que l'on est obligé de donner au moteur, dans un endroit peu accessible et humide, à l'extrême arrière de la coque; cet inconvénient est aggravé par le fait que le diamètre du moteur, devant être très grand à cause de sa vitesse réduite, sa base se rapproche de la quille et se trouve exposée à être noyée. D'un autre côté, l'emploi du courant alternatif, malgré la simplicité qu'il apporte dans la construction des dynamos, n'a pas encore été admis à bord, en France du moins, bien que les craintes de perturbations dues à la coque métallique ne sont peut-être pas fondées. Le local du moteur devrait être énergiquement ventilé, en raison de l'importante quantité de chaleur provenant de l'énergie dissipée, et il ne faut pas perdre de vue la gravité d'un court-circuit dans un moteur de plusieurs milliers de chevaux enfermé dans un espace restreint. Nos lecteurs ont pu voir que, dans la discussion du mémoire de M. Parsons au meeting du Naval Architects de 1913 (1), M. de Ferranti, le spécialiste bien connu, s'était montré peu favorable à la propulsion électrique.

(1) *La Technique Moderne*, t. VI, n° 12 (15 juin 1913), p. 478.

Digitized by Google

Application aux appareils de coque. — Certains appareils de coque, tels que les treuils d'embarcations, les machines à gouverner, les tourelles d'artillerie, ont besoin d'être manœuvrés avec précision; les dernières, en particulier, exigent un contrôle exact de leurs mouvements. Ce contrôle peut être obtenu par des machines à vapeur asservies (servo-moteurs), engins sûrs et connus, mais il est souvent impraticable d'amener le double tuyautage d'admission et d'échappement auprès de l'appareil à manœuvrer, et il en est de même pour un tuyautage d'air comprimé ou d'eau sous pression, ou bien, on ne dispose même d'aucun de ces agents, par exemple, dans un navire à moteur Diesel dépourvu de chaudière auxiliaire où l'on a alors recours à l'électricité. Si l'on veut disposer d'une gamme étendue de vitesses, contrôlées avec précision, on emploie des appareils interposés, tels que les transformateurs hydrauliques cités plus loin, ou les transformateurs électriques dont l'un des prototypes est l'appareil connu sous le nom de « Léonard », et qui consiste dans l'accouplement d'un moteur recevant le courant et d'une génératrice débitant sur un circuit qui aboutit au moteur de commande. En d'autres termes, c'est un transformateur rotatif intercalé dans le circuit. Par variation du champ au moyen d'un contrôleur, on dispose d'autant de vitesses qu'il y a de touches au contrôleur.

III. — Transmissions hydrauliques.

Les « engrenages hydrauliques » peuvent être classés en trois catégories, suivant le système de pompe qui les caractérise :

1° Turbo-pompes (transformateur Föttinger) (1);

2° Pompes rotatives dont les pistons n'ont qu'un mouvement

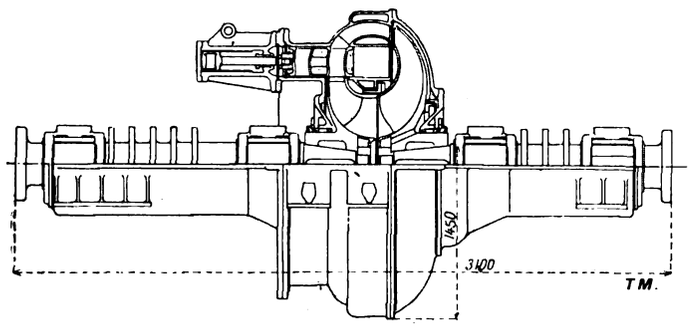


Fig. 4. — Transformateur Föttinger étudié pour l'accouplement avec un moteur Diesel rapide à 2 temps; puissance 640 HP; changement de marche par déplacement de l'aubage distributeur.

circulaire (engrenage hydraulique Lentz, transmission Tourreil);

3° Pompes composées d'un groupe rotatif de pistons alternatifs (appareils Janney, Hele Shaw, Corey).

Le premier type seul a été réalisé pour la commande des hélices et paraît devoir être appliqué avec succès à de grandes puissances. Le troisième type a déjà été adapté à plusieurs mécanismes auxiliaires du bord. Tous ces appareils sont à la fois réducteurs, inverseurs et embrayeurs, ils représentent à la fois l'embrayage et la boîte de vitesses d'une automobile. On envisge d'ailleurs sérieusement leur application à ces véhicules.

Transformateur Föttinger. — Le transformateur Föttinger a été imaginé de toutes pièces par le Dr Föttinger, alors ingénieur aux ateliers Vulcan, actuellement professeur à l'université de Dantzig.

Il consiste essentiellement en une turbine primaire, qui, calée sur l'arbre moteur et pleine d'eau, déverse cette eau par l'intermédiaire d'un distributeur fixe dans une turbine secondaire, montée sur un arbre distinct du primaire et en prolongement de celui-ci (voir fig. 5 et 6).

Le circuit d'eau en mouvement a la forme générale d'un tore.

L'ensemble peut être calculé pour que le rapport des turbines primaire et secondaire soit quelconque. Jusqu'ici, les constructeurs n'ont étudié que des appareils dans lesquels ce rapport est compris entre 1 et 10.

Il faut considérer le transformateur Föttinger non pas comme l'ensemble d'une pompe et d'une turbine dont le rendement combiné ne dépasserait pas 80 %, mais comme une machine nouvelle où la perte principale d'énergie qui a lieu dans les turbines n'existe plus, puisque l'eau sortie en vitesse de l'une des roues

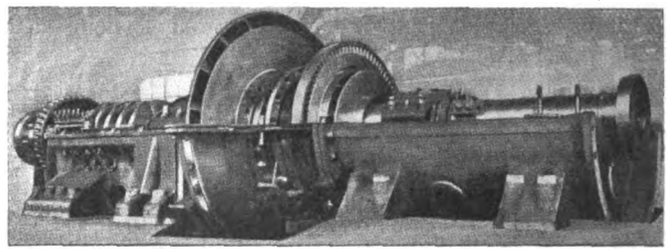


Fig. 5. — Turbo-transformateur ouvert.

rentre sensiblement avec la même force vive et la même pression dans la roue suivante, et cela en cycle fermé. Ce rendement global peut atteindre 90 %, et il a ceci de remarquable que, dans un appareil expérimenté entre 1 500 et 12 000 ch, il ne varie que de 4 %.

L'énergie dissipée par frottement dans le transformateur est convertie en chaleur. Cette chaleur peut être récupérée en partie en faisant passer le circuit d'eau d'alimentation par le transformateur. Elle est ainsi ramenée aux chaudières et on réalise ainsi un bénéfice de 1 à 2 %, qui vient améliorer d'autant le rendement général.

Un appareil de 500 ch environ a été installé en 1909 sur un petit remorqueur de 27m,75 de longueur et 76t,5 de déplacement, le nombre de tours étant de 1 600 au primaire et 270 au secondaire, avec un rendement de 80 %. Ce remorqueur (fig. 7) fait le service entre les chantiers et la ville de Hambourg. Ses facultés de manœuvre sont remarquables. La marche arrière est obtenue, comme dans toutes les applications marines du système, par un deuxième transformateur, semblable à celui de la marche avant et logé dans la même enveloppe. On passe de la marche avant à la marche arrière en vidant, par le simple jeu d'une vanne, le transformateur avant et en remplissant celui d'arrière; le tout peut se faire dans un temps plus faible que celui du changement de marche dans les machines alternatives (5 à 8 secondes).

La Compagnie Marine Gaz Power Syndicate est propriétaire d'un navire de 36 m de longueur et 350 t de port en lourd, propulsé par un moteur à gaz à six cylindres irréversible, avec transformateur Föttinger. L'appareil est de 180 ch, 460 tours au primaire et 120 au secondaire; sa consommation est d'environ 350 à 450 gr par cheval effectif en service, soit environ la moitié de la consommation des navires à vapeur, même de ceux qui sont de puissance très supérieure.

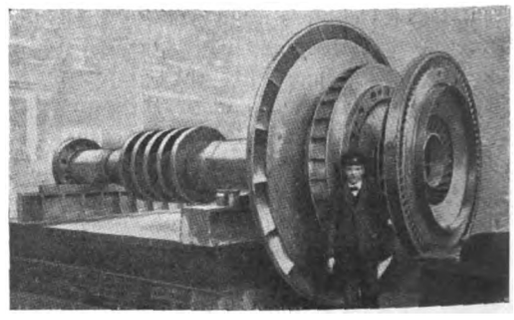


Fig. 6. — Rotor d'un turbo-transformateur de 10 000 ch.

De ce côté, il est certain que l'appareil Föttinger est appelé à un grand avenir, dès que l'on pourra employer du charbon courant dans des gazogènes marins. Or, actuellement, l'intérêt de cette question est vivement ressenti et le nombre des chercheurs

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 7 (juillet 1911), p. 416.

Digitized by Google

est si grand qu'une solution interviendra, certainement, à brève échéance.

La Société Vulcan a construit un appareil destiné à être accouplé à une turbine pour la conduite d'un laminoir aux aciéries de Dudelange. Il n'y a qu'une turbine, les variations de marche se faisant par un changement d'orientation

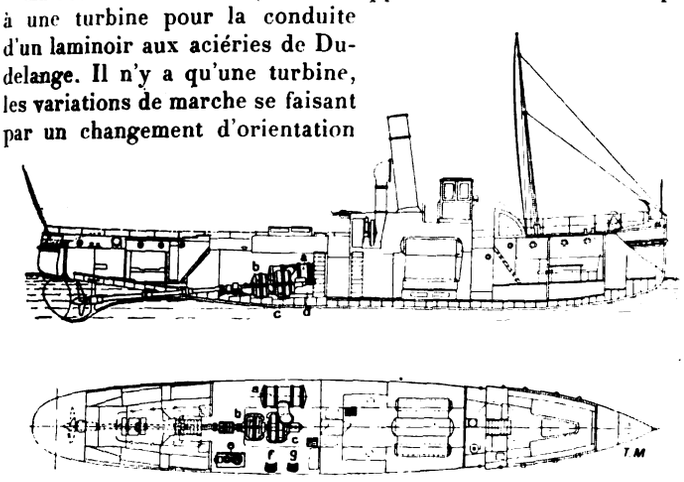


Fig. 7. — Bateau de service des chantiers Vulcan Föttinger Transformator. — *a*, condenseur; *b*, transformateur; *c*, turbine à vapeur; *d*, parquet; *e*, pompe de l'eau condensée; *f*, *g*, pompes d'huile et de cale.

des aubes d'un vannage fixe situé entre le coursier secondaire et le secondaire lui-même. L'appareil est en fonctionnement depuis septembre 1912; il a donné aux essais des rendements atteignant 84 % pour une réduction élevée.

Enfin, un transformateur de 10 000 ch primaires à 800 tours donnant 160 tours sur l'arbre secondaire, vient d'être soumis à un essai continu de quatorze journées de vingt-quatre heures. Après réussite complète de cet essai d'endurance, il va être mis sur un paquebot de 23 000 t qui aura deux lignes d'arbres et deux turbo-transformateurs.

Les essais à la plate-forme ont donné un rendement global (rendement mécanique × rendement hydraulique) de 88 1/2 %. Comme l'indique la figure 8, la turbine à vapeur A (échappant au condenseur en *k*) actionnait le transformateur B et celui-ci conduisait un frein hydraulique D. La mesure des puissances primaires était obtenue au moyen d'un torsiomètre Föttinger *f*, alors que

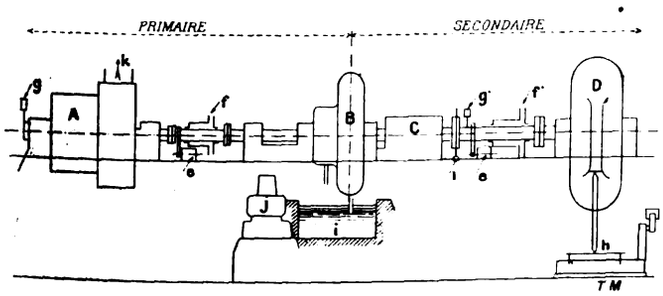


Fig. 8. — Installation d'essais de l'appareil Föttinger au Vulcan-Werft. — A, turbine AEG; B, Föttinger A-8, 8 600 kw; C, palier de butée; D, frein hydraulique; *e*, dynamos des cadrans tachymètres; *f*, torsiomètres Föttinger; *g*, tachymètres mécaniques; *h*, bascules (1 de chaque côté du frein); *i*, bâche du Föttinger; *j*, pompe du Föttinger; *k*, échappement au condenseur; *l*, vireur.

celle des puissances secondaires l'était au moyen du frein hydraulique D, reposant sur la bascule *h* par l'intermédiaire d'une tige de fer. Afin d'obtenir une complète simultanéité des lectures tant à la bascule qu'au torsiomètre et aux tachymètres, le signal était donné électriquement, le balancier d'une horloge établissant à intervalles déterminés le contact nécessaire

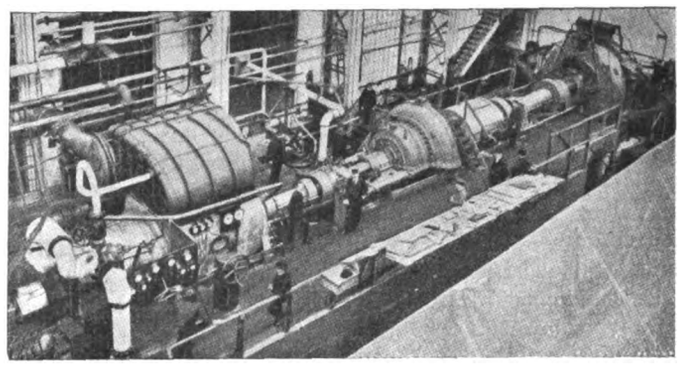


Fig. 9. — Installation d'essai du Vulcan-Werft.

à l'action de plusieurs petites sonneries placées près des appareils.

Le transformateur Föttinger est applicable à de grandes puissances, très robuste, d'un très bon rendement. Il permet d'avoir une puissance en marche AR presque de même importance que celle de marche AV sans aucune répercussion sur les chaudières. Il économise sur un appareil moteur à turbine de 10 à 50 %

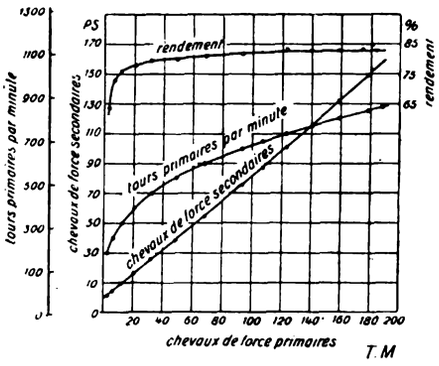


Fig. 10. — Puissance primaire : variable; Réduction constante (4,25 : 1).

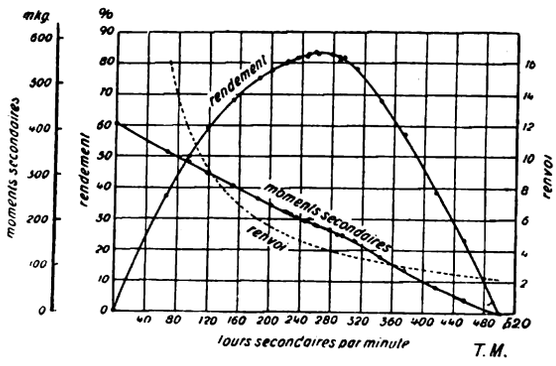


Fig. 11. — Nombre de tours primaires : constant (1 100 par minute); Réduction : variable; Allure normale à environ 250 tours secondaires.

Fig. 10 et 11. — Résultats d'essais au frein du premier transformateur d'essais.

de poids. Il permet de supprimer les aubage de marche AR de la turbine marine et les avaries qu'ils occasionnent.

Dans une installation puissante à 3 ou 4 arbres, on dispose 3

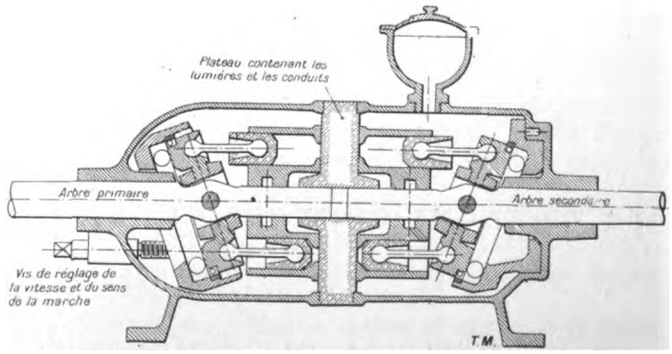


Fig. 12. — Transmission universelle, système Janney.

ou 4 groupes identiquement semblables entre eux, parce que la grande vitesse des turbines permet d'adopter des turbines marchant en parallèle et non plus en série.

Digitized by Google

Nous donnons (fig. 10 et 11) les courbes caractéristiques de l'un des premiers transformateurs essayés.

Transmissions hydrauliques du troisième type. — La « transmission universelle », appelée aussi en France le « Janney », du nom de l'un de ses inventeurs (1), groupe en un seul bloc le primaire et le secondaire (fig. 12). Une série de petits pistons se meuvent dans des cylindres suivant une parallèle à l'axe général du système; tous ces pistons sont rangés sur une circonférence, et leur mouvement est provoqué par la rotation d'un plateau d'attache des bielles appuyé sur une surface inclinée par rapport à l'axe. Le secondaire est identique au primaire, il lui est opposé, les blocs dans lesquels les cylindres sont alésés s'appuient sur un plateau distributeur commun.

L'obliquité du plateau des bielles du secondaire est invariable, celle du primaire est réglable et permet de faire varier le débit et le sens du courant.

Le type normal du « Janney » est compact, comme nous venons de le dire, mais on en construit des modèles dans lesquels le secondaire est distinct du primaire.

Dans cet appareil, de même que dans le « Hele Shaw », dont

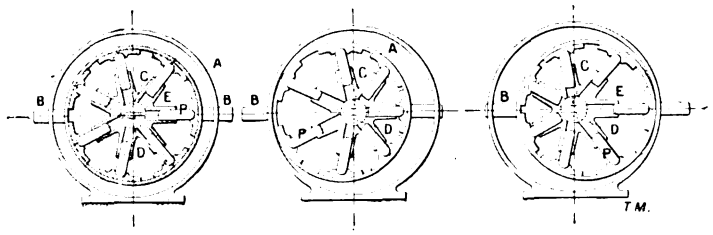


Fig. 13. — Position neutre, débit nul.

Fig. 14. — Débit maximum dans un sens.

Fig. 15. — Débit maximum dans l'autre sens.

Fig. 13, 14 et 15. — Transformateur Hele Shaw, pompe primaire.

nous parlons plus loin, tous les mouvements baignent dans la même huile que celle qui circule entre la pompe et le récepteur.

L'artillerie navale a adopté le « Janney » pour la manœuvre des tourelles et celle des canons qui s'y trouvent.

On a obtenu, paraît-il, des rendements supérieurs à 85 %. La pression d'huile varie, normalement entre 7 et 50 kg/cm². Le rapport de vitesse varie de 1 à l'infini, puisque l'inclinaison de l'un des plateaux peut être telle que la pompe ne débite pas, et que le secondaire, par suite, n'entre pas en action.

Les figures 13 à 15 représentent le schéma du primaire de l'appareil Hele-Shaw. On y voit que si l'on déplace l'anneau-guide A au moyen des broches B, le mouvement des petits pistons P, appuyés par des sabots sur l'anneau-guide, est modifié, et le courant d'huile change de sens par rapport aux orifices C et D ménagés dans l'axe fixe autour duquel tourne l'ensemble du cylindre étoilé E, des pistons et de leurs sabots. Ainsi, non seulement le débit de la pompe passe de 0 au maximum, mais le sens du courant est renversé. Le secondaire est de construction semblable, sauf que la course des pistons est fixe parce que l'anneau-guide ne peut pas s'excentrer. La vitesse du secondaire est fonction du débit d'huile de la pompe primaire.

A notre connaissance, cet appareil n'a pas été appliqué pour de grandes puissances, mais il en aurait déjà été construit quelques modèles pour l'artillerie navale, la manœuvre des gros projecteurs et les automobiles. Ici, l'application est intéressante en ce que le secondaire est enfermé dans le corps de chacun des roues arrière, le primaire est calé directement sur l'arbre du moteur, il n'y a pas de différentiel et la transmission est remplacée par les 2 tuyaux de communication.

L'appareil à gouverner du *Selandia*, le navire à moteurs Diesel récemment mis en service, est disposé avec deux pistons-plongeurs à huile opposés l'un à l'autre, attaquant directement un levier claveté sur la barre. L'huile est aspirée dans l'un et refoulée dans l'autre, ou réciproquement selon le sens de la manœuvre, par une pompe primaire Hele-Shaw actionnée par un moteur électrique. Cette pompe tourne continuellement, l'anneau-guide est en position concentrique quand la barre est en position fixe. En manœuvre, l'anneau est déplacé par un mécanisme commandé depuis la passerelle de navigation.

Le paquebot " Orama " est également équipé avec une machine à gouverner de ce modèle. La consommation de charbon que cet appareil occasionne serait inférieure au dixième de celle d'une machine à gouverner à vapeur.

Des essais faits sur une transmission Hele-Shaw de 30 ch auraient démontré un rendement de 80 % à pleine charge.

Citons encore, parmi de nombreuses dispositions brevetées, la transmission Tourreil dont le principe est basé sur l'emploi de pompes rotatives mises en série et géométriquement semblables l'une à l'autre. Un système de conduits permet d'inverser les communications entre l'aspiration et le refoulement des pompes.

Les corps de pompes sont divisés en plusieurs compartiments dont certains peuvent être mis en court-circuit sur eux-mêmes. Ce système possède les propriétés de reversibilité et de souplesse d'allure des appareils décrits plus haut.

Il semble qu'au point de vue pratique les appareils du type hydraulique sont les plus sûrs, les moins sujets aux ruptures de pièces et aux échauffements, de fonctionnement silencieux. Leur rendement est élevé et ils se prêtent aussi bien au changement de sens de marche qu'à la variation d'allure. Ils peuvent être facilement contrôlés à distance. Ils sont insensibles aux influences extérieures. Ils peuvent supporter des modifications presque instantanées de leur régime si les passages d'écoulement du liquide sont bien tracés.

Ils réalisent certainement une solution très heureuse du problème que nous avons exposé au début de cet article.

C. N.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

LA TRANSMISSION DE LA CHALEUR ENTRE UN FLUIDE EN MOUVEMENT ET UNE SURFACE MÉTALLIQUE

Le problème de l'échange de chaleur entre un gaz en mouvement et une paroi se pose chaque jour dans le domaine de la mécanique appliquée. Il est la base de la construction des chaudières, du chauffage des habitations, du refroidissement des moteurs, de la congélation des terrains pour le creusement des puits, de la récupération de la chaleur dans les appareils métallurgiques et chimiques, enfin de l'établissement des radiateurs et réfrigérants de toute nature.

Nous laissons de côté, pour le moment, une variante du même problème qui a pour objet de restreindre les échanges au lieu de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (mai 1911), p. 301.

Digitized by Google

les activer, comme cela se pratique dans les canalisations de transport de chaleur ou de froid, parce que, dans ce dernier cas, c'est la nature de la paroi qui importe le plus, ainsi que les phénomènes de condensation. On sait, en effet, que les échanges gaz-paroi sont d'un ordre de grandeur bien plus faible que les échanges liquide-paroi, de sorte que, lorsqu'un gaz et un liquide ou une vapeur condensable entrent à la fois en jeu, c'est principalement sur le gaz qu'il faut agir pour assurer l'activité des échanges, tandis que c'est du liquide qu'il faut se préoccuper lorsque l'on veut la restreindre.

Nous ne dirons que quelques mots de la question des condenseurs, parce que les nombreuses expériences auxquelles elle a donné lieu ne nous paraissent pas susceptibles de l'élucider complètement.

Malgré l'extrême multiplicité des applications, malgré un nombre considérable de travaux, il est singulier que l'on n'ait sous la main, dans la pratique, aucune formule générale permettant de calculer la valeur des échanges de chaleur entre un gaz et un métal en fonction des éléments qui doivent la déterminer. Tout au plus, pour les principales applications, trouve-t-on des formules empiriques, assez grossières, dont l'emploi est extrêmement limité.

I. — Loi élémentaire de la chute de température le long d'une surface.

1. Il est admis que la quantité de chaleur transmise d'un fluide dont la température est τ à un métal de température θ, par unité de surface et de temps, peut s'écrire :

$$M = \alpha(\tau - \theta). \tag{1}$$

On prendra comme unités pratiques la quantité de grandes calories passant par mètre carré et par heure.

Considérons le mouvement permanent d'un fluide le long d'une surface cylindrique de section S, de périmètre transversal χ et de longueur l; écrivons que la quantité de chaleur, abandonnée par le fluide dans le temps dt, sur la longueur dl, est égale à celle transmise à la paroi, il vient :

$$-\mathrm{S}w\varpi\mathrm{C}_p\frac{d\tau}{\tau-\theta}=\frac{\chi\alpha\,dl}{3\,600}, \tag{2}$$

équation dans laquelle w est la vitesse d'écoulement du fluide, ϖ son poids spécifique, C_p la chaleur spécifique du kilogramme, à pression constante.

Il y a lieu de remarquer que, sur toute la longueur de la surface cylindrique, on a $\mathrm{S}w\varpi = \mathrm{S}_0 w_0 \varpi_0$ correspondant à la température 0°; ce terme représente le débit en poids par seconde.

Cette relation conduit à :

$$l_n\frac{\tau_1-\theta}{\tau-\theta}=\frac{\alpha\chi l}{3\,600\,\mathrm{S}w\varpi\mathrm{C}_p}=\beta l, \tag{3}$$

en désignant par τ_1 la température d'entrée et τ la température à la distance l, l_n les logarithmes népériens.

2. Calcul de la *température moyenne* du fluide entre deux points.

La température moyenne satisfait à :

$$\tau_m-\theta=\frac{\int(\tau-\theta)\,dl}{l}.$$

La relation (3) permet d'en faire le calcul, on trouve :

$$\tau_m-\theta=\frac{\tau_1-\tau_2}{l_n\dfrac{\tau_1-\theta}{\tau_2-\theta}}. \tag{4}$$

3. Cas où *la température de la paroi n'est pas constante*. Supposons que θ soit remplacé par une température θ_i, telle que :

$$\theta_i=\theta+b(\tau-\theta) \tag{5}$$

b étant déterminé par :

$$b=\frac{\theta_{i_1}-\theta_{i_2}}{\tau_1-\tau_2} \tag{6}$$

en affectant des indices 1 et 2 les températures d'entrée et de sortie.

Dans l'équation (2), $\tau-\theta$ est remplacé par $(1-b)(\tau-\theta)$. Tout se passe comme si la transmission s'effectuait entre le fluide à la température τ et une surface idéale de température θ, transmission pour laquelle le coefficient serait :

$$\alpha' = \alpha(1-b). \tag{7}$$

On en conclut aisément :

$$l_n\frac{\tau_1-\theta}{\tau-\theta}=\frac{\alpha\chi l\left(1-\dfrac{\theta_{i_1}-\theta_{i_2}}{\tau_1-\tau_2}\right)}{3\,600\,\mathrm{S}w\varpi\mathrm{C}_p}. \tag{8}$$

Dans le cas particulier d'une chaudière, on ne connaît pas θ_{i_1} et θ_{i_2}, mais on connaît θ, qui est la température de la vapeur saturée, et de l'eau qui baigne la surface des tubes.

La signification physique du coefficient b, dans ce dernier cas, est facile à saisir. Le flux qui passe du gaz au liquide, en supposant, pour simplifier, la paroi plane, est égal à :

$$M=\alpha(\tau-\theta_i)=\frac{\lambda_m}{e}(\theta_i-\theta_e)=\alpha_e(\theta_e-\theta)=\alpha'(\tau-\theta), \tag{9}$$

en appelant θ_i et θ_e les températures interne et externe de la paroi, λ_m son coefficient de conductibilité, e son épaisseur, et α_e le coefficient liquide-paroi.

D'où l'on déduit facilement :

$$\frac{1}{\alpha'}=\frac{1}{\alpha}+\frac{e}{\lambda_m}+\frac{1}{\alpha_e}=\frac{1}{\alpha(1-b)}. \tag{10}$$

A titre d'indication, α est de l'ordre de 25 à 50 dans les conditions de la pratique des chaudières, comme on le verra; $\frac{\lambda_m}{e}$ de 6 000 à 30 000, selon le métal, pour 1 cm d'épaisseur; α_e de l'ordre de 1 000 à 4 000 si la surface des tubes est propre, mais s'abaisse beaucoup en cas d'incrustation; s'il se produit un phénomène de condensation, il devient $\alpha_e = 10\,000$ et au delà.

II. — Formules proposées pour représenter les phénomènes.

De nombreuses formules, dont la plupart sont purement empiriques, ont été proposées pour représenter la loi des échanges de chaleur (1). Un grand nombre d'entre elles s'appliquent au cas pratique de la chaudière à vapeur et donnent une valeur globale du coefficient gaz-métal-eau. Nous allons en indiquer quelques-unes :

1) *Formule de Rankine*, utilisée en Angleterre pour le calcul des chaudières :

$$M=\frac{1}{a}(\tau-\theta)^2. \tag{11}$$

avec $\frac{1}{a}=0{,}005$ à $0{,}006$ en mesures anglaises (2) pour les chaudières à bouilleurs. Cette formule a été appliquée par Lawford lors des essais de locomotives du Pennsylvania Railroad, publiés à l'exposition de Saint-Louis, en 1905 (3) : on a trouvé pour $\frac{1}{a}$ des valeurs voisines de 0,015 pour quatre séries, 0,011

(1) Cf. Dalby : Heat transmission. *Proceedings of the Institution of mechanical Engineers*, 1909.

(2) 1 British Thermal Unit = chaleur nécessaire pour élever 1 l d'eau de 1° Fahr : 1 BTU par square foot et degree Fahr. correspond à 4 cal. 89 par m² et degré-gr; le coefficient $\frac{1}{a}$ doit être multiplié par 8,8 pour passer à notre système d'unités.

(3) Lawford H. Fry : Combustion and Heat Balance in locomotion. *Proceedings of the Institution of mechanical Engineers*, 1908 et 1909.

Digitized by Google

et 0,019 pour les deux autres. Cette relation donne une image assez satisfaisante de l'effet de la variation simultanée des deux variables qui entrent ici en jeu, la vitesse de circulation, qui modifie τ, et cette température elle-même.

2) *Formule de Reynolds.* — Reynolds a mis en lumière dès 1874, par des considérations théoriques, l'influence de la vitesse de circulation du fluide dans l'activité des échanges. Ses vues laissées longtemps dans l'ombre ont été vérifiées en partie par Stanton, en 1897, dans ses expériences sur la chaleur transmise par circulation de l'eau. La formule de Reynolds peut s'écrire :

$$\alpha = \frac{CB^n}{g^n}\left(\frac{\gamma_i}{d}\right)^{1-n}(\omega\varpi)^n \qquad (12)$$

dans laquelle γ_i est la viscosité, d le diamètre du tube, les quantités C, B, g, des constantes. Mais les expériences faites n'ont servi qu'à déterminer n et à vérifier que le terme γ_i ne rendait pas suffisamment compte du rôle de la température. Quant à l'influence du diamètre, le choix convenable de B et C permet toujours d'en rendre compte approximativement, que d figure expressément ou non dans la formule.

3) *Expériences de Ser.* — Dès 1888, Ser, par des expériences relatées dans son *Traité de physique industrielle*, avait entrevu que l'exposant n devait varier entre 1 pour les tubes étroits et 1/2 pour les gros tubes. Ce résultat, que nous montrerons être la base de la loi de la transmission de la chaleur, n'a pas été suivi par lui, ni par aucun des auteurs qui se sont occupés depuis de la question. Ser a donné des valeurs moyennes et constantes des coefficients α, α_e, α_r, de la formule (9), valeurs qui ont été reproduites par Sauvage dans son *Traité de la machine à vapeur* : ce sont $\alpha = 130$ pour une vitesse de gaz de 3 à 4 m, $\alpha_r = 1\,800$, d'où l'on tire $\alpha' = 120$.

Or, à titre d'indications, voici à quelles valeurs de α' correspondent les résultats moyens d'essais des locomotives du Pennsylvania Railroad (série 600) :

N° DE L'ESSAI.	1	7
Houille brûlée p. m² de grille et p. heure	97 kg	575 kg
Vitesse w_0 du gaz dans les tubes .	3 m	8 m
— $\tau_1 - \theta$ mesuré . . .	650°	977°
— $\tau_2 - \theta$ — . . .	64°	164°
— α' calculé form. (8)	20,4	44,6

On voit que ces chiffres sont six et trois fois plus faibles que celui cité par Sauvage. Ils correspondent à 8 kg et 30 kg de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure, alors que la formule du traité de Sauvage donne 46 kg et 84 kg.

4) Parmi les autres formules purement empiriques proposées pour les chaudières et applicables pour les cas bien déterminés pour lesquels elles ont été établies, citons les suivantes, qui se rapprochent de celle de Rankine ou de celle de Reynolds :

Mollier (1897) :

$$M = \left(a + b\sqrt{\frac{P}{S}}\right)(\tau - \theta),$$

P, poids de combustible brûlé par heure. Elle équivaut à un accroissement de M proportionnel à $\sqrt{w}$;

Brillié (1897) : $a = 0$ dans cette formule;

Hudson (1890) :

$$M = a\,\frac{510 + T_a + T_p}{2}\sqrt{w},$$

T_a et T_p, températures absolues du gaz et de la paroi;

J. Nicolson (1909) et H. P. Jordan (1909) :

$$M = (b + a\omega\varpi)(\tau - \theta)$$

avec :

$$a = a_0\left(1 + \delta\,\frac{\tau + \theta}{2}\right).$$

Nous reviendrons plus loin sur les expériences de Jordan (1) pour montrer qu'elles conduisent à une loi sensiblement différente.

5) W. Nüsselt (1909) (2) a établi, par des considérations de pure homogénéité basées sur la loi de la conductibilité et de l'écoulement des fluides, la relation :

$$\alpha = \frac{H\lambda_i}{d^{1-n}}\left(\frac{\omega\varpi C_p}{\lambda}\right)^n \qquad (13)$$

simplification de la formule plus générale suivante, obtenue de la même manière :

$$\alpha = \frac{H\lambda_i}{(d,l)^{1-n}}\left(\frac{f\omega\varpi}{\eta}\right)^n\left(\frac{hgC_p\eta}{\lambda}\right)^m \qquad (14)$$

dans laquelle d est le diamètre du tube; l, la longueur soumise à l'échange de chaleur; λ, le coefficient de conductibilité du fluide à la température τ, λ_i à la température θ_i de la paroi. Nüsselt a vérifié sa formule, en ce qui concerne le terme $(\omega\varpi)^n$ seulement, sur différents gaz et cherché à déduire l'exactitude de la formule des constantes physiques de ces gaz. Mais ces constantes ne sont pas assez sûres pour permettre cette vérification qui, au surplus, demeure très imparfaite. Par contre, ses expériences ont montré nettement que l'exposant n, égal à 0 au-dessous de la vitesse critique, prenait une valeur déterminée et constante au delà; quelques essais ultérieurs ont mis en évidence l'influence de la longueur du tube (3).

Lawford H. Fry, dans une note demeurée manuscrite (1910), a cherché à appliquer la formule de Nüsselt aux expériences de Jordan et du Pennsylvania Railroad, dont il sera question plus loin, ainsi qu'à des expériences de Josse sur l'air comprimé. Il a constaté que la constante de Nüsselt variait avec le diamètre du tube et la température, ce qui montre que cette formule est insuffisante.

6) Pour terminer, on citera encore la formule suivante donnée pour les condenseurs, à la suite de multiples expériences, par G. A. Orrok (4); il a trouvé pour le coefficient global eau-métal-vapeur saturée :

$$\alpha' = \frac{5\,200\,C\rho^{\frac{1}{10}}\mu w^{\frac{1}{2}}}{(\tau - \theta)^{\frac{1}{5}}} \qquad (15)$$

w étant la vitesse de l'eau; ρ la pression relative de la vapeur dans le mélange de vapeur et d'air; $C = 1$ à 1,5, coefficient de propreté de la surface; $\mu = 1$ à 0,2, coefficient de nature de la surface métallique (en particulier, surfaces vulcanisées). Cette formule est trop simple pour s'accommoder des phénomènes complexes qui entrent en jeu et aurait dû tout au moins être mise sous une forme analogue à (10), et en fait les expériences ne la vérifient pas très bien. Nous l'avons citée pour attirer l'attention sur le rôle possible de la nature superficielle du métal. Il ne faut sans doute pas attacher d'importance au terme en $\tau - \theta$, parce que α doit *a priori* dépendre de la quantité de vapeur condensée, laquelle est proportionnelle à $\alpha'(\tau - \theta)$.

On ne discutera pas davantage cette formule, qui s'écarte du cadre de la présente étude.

III. — Modifications a la loi élémentaire dues a la variation de α le long du tube.

Si l'on admet, ce qui résulte des indications données au précédent chapitre, que α varie avec la température et avec la longueur des tubes, les relations (3) et (4) ne s'appliquent plus

(1) *Proceedings of the Institutions of Mechanical Engineers*, 1909.
(2) *Der Wärmeübergang in Rohrleitungen*, Berlin, 1909.
(3) *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 9 juillet 1910.
(4) *Journal of the American Society of the mechanical Engineers*, novembre 1910.

Digitized by Google

et doivent être remplacées par d'autres. Le calcul conduit aux résultats qui suivent :

1) Si α varie avec la distance et s'écrit :

$$\alpha = \frac{\alpha_1}{l^p}, \tag{16}$$

α_1 correspondant à la distance $1m$, et p étant d'ailleurs suffisamment petit, on trouve que les formules établies s'appliquent avec les modifications suivantes : α devient *la valeur moyenne* α_m de α entre 0 et l; cette valeur est égale à $\frac{1}{1-p}$ de la valeur effective à la distance l, elle correspond à la valeur effective à la distance $\frac{l}{2{,}72}$.

2) Si α varie avec la température et s'écrit :

$$\frac{\alpha}{C_p} = \frac{\alpha_0}{C_{p_0}}[1 + \Delta_0(\tau - 0)], \tag{17}$$

la formule (2) est remplacée par :

$$l_n\left(\frac{\tau_1 - 0}{\tau - 0} \cdot \frac{1 + \Delta_0(\tau - \theta)}{1 + \Delta_0(\tau_1 - \theta)}\right) = \frac{\alpha_0 \gamma l}{3\,600\, S \omega \varpi C_p}. \tag{18}$$

Deux expériences permettent de déterminer α_0 et Δ_0.

3) Si α varie *simultanément avec la distance et avec la température*, la relation (18) s'applique encore, mais elle donne α_0 correspondant à la distance $\frac{l}{2{,}72}$.

4) *La température moyenne*, considérée comme celle à laquelle correspond la valeur trouvée pour α par la formule (3) est égale à τ_m, telle que :

$$\tau_m - 0 = \frac{\frac{1}{\Delta} l_n\left(\frac{1 + \Delta_0(\tau_1 - 0)}{1 + \Delta_0(\tau_2 - 0)}\right)}{l_n\left(\frac{\tau_1 - 0}{\tau_2 - 0}\right) - l_n\left(\frac{1 + \Delta_0(\tau_1 - 0)}{1 + \Delta_0(\tau_2 - 0)}\right)} \tag{19}$$

elle se confond avec celle de la formule (4) si $\Delta_0(\tau_1 - \tau_2)$ est petit. Dans les expériences qui seront discutées plus loin, l'erreur commise par la formule (4) n'excède pas 3 à 4°, sauf pour les expériences du Pennsylvania Rrd où, en raison de la grande valeur de $\tau_1 - 0$, elle peut atteindre 30 à 40°.

IV. — Etablissement d'une formule coordonnant les différentes expériences.

1) *Expériences de W. Nüsselt. Vérification de l'exposant* n. — W. Nüsselt, Privat-Docent à l'Ecole technique supérieure de Dresde, a expérimenté sur l'air et sur d'autres gaz circulant à des

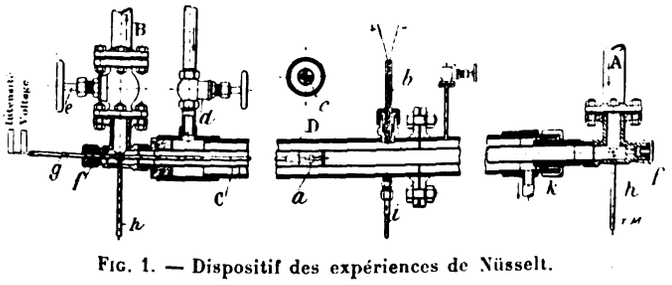


Fig. 1. — Dispositif des expériences de Nüsselt.

vitesses et sous des pressions variables, dans un tube de laiton de 22mm,01 de diamètre intérieur, à une température moyenne de 35°. Le tube est extérieurement chauffé à la vapeur à 100°. Le coefficient α se déduit de la chute de température entre deux points et du débit, mesuré au compteur.

La mesure des températures a fait l'objet d'une étude très serrée à la suite de laquelle l'auteur a employé une pince thermo-électrique a (fig. 1) à fils fins enfermée dans un tube en laiton, placé à l'aval du courant gazeux(1); la soudure est prolongée par un fil de platine e, de 10 mm de diamètre, enroulé en spirale sur un croisillon de fibre vulcanisée fixé au tube protecteur de la soudure. La température extérieure du tube de laiton, dont l'épaisseur était de 2 mm, était mesurée également par une pince thermo-électrique.

Les mesures de températures du courant gazeux étaient faites

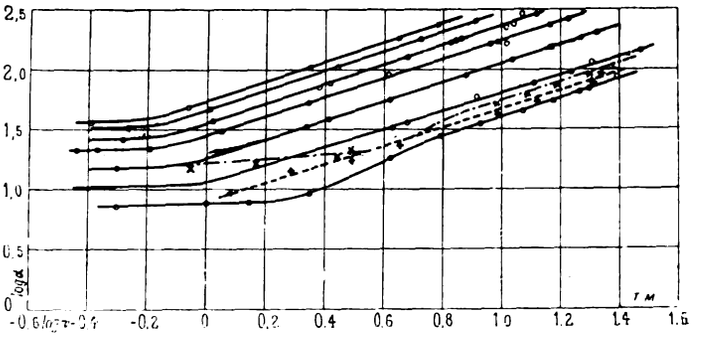


Fig. 2. — Diagramme logarithmique des expériences de Nüsselt. — o, air comprimé; +, gaz d'éclairage; ×, acide carbonique.

en deux points, l'un situé à 0m,15 du coude d'accès dans la partie chauffée par la vapeur, l'autre généralement à 0m,60 plus loin. Le coude a été reculé de 2 m, dans une série d'expériences, par l'intercalation d'un tube rectiligne sur l'amont du courant gazeux, pour écarter l'influence des remous.

Si l'on se reporte à la formule (13) ou aux formules analogues, on a, pour un tube donné et à une température donnée, $\alpha = A(\omega\varpi)^n$, ou :

$$\log \alpha = \log A + n \log \omega\varpi. \tag{20}$$

Les diagrammes logarithmiques (fig. 2) ont été établis par Nüsselt, pour l'air sous des pressions variant de 1,15 à 16 atmosphères absolues, et pour l'acide carbonique et le gaz d'éclairage à la pression atmosphérique; les vitesses ont varié de 0m,40 à 6 m pour les fortes pressions et 25 m pour les faibles pressions. L'aspect des courbes montre avec netteté que α, sensiblement constant en-dessous d'une certaine vitesse, qui n'est autre que la vitesse critique, croît proportionnellement à ω^n au delà : on trouve également qu'il y a proportionalité à ϖ^n, et la valeur moyenne obtenue pour n est :

$$n = 0{,}786,$$

et pour A :

$$\begin{aligned} A &= 5{,}772 \text{ pour l'air} \\ &\quad 4{,}774 \text{ pour l'acide carbonique,} \\ &\quad 15{,}45 \text{ pour le gaz d'éclairage,} \end{aligned}$$

avec $d = 0$ m 022, l compris entre 0 m 15 et 0 m 75, $\tau = 35°$, $\theta = 100°$.

La discussion des expériences, basée sur les résultats donnés plus loin par celles de Jordan, sur l'influence de la température du gaz, conduirait à modifier un peu la formule, en relevant légèrement l'exposant n, qui deviendrait égal à 0,80. Par contre, les quelques essais effectués avec le tube de mesure précédé du tube de 2 m conduisaient à $n = 0{,}75$ environ : ainsi donc n dépendrait de l'état d'agitation imposé aux filets fluides. Sa décroissance, lorsque le diamètre du tube augmente, qui sera établie plus loin, répondrait à la même cause.

2) *Expériences de H. P. Jordan. Variation de l'exposant n et rôle de la température.* — M. H. P. Jordan, professeur à l'Ecole municipale de Technologie de Manchester, a expérimenté l'air circulant à des vitesses et à des températures variables dans des

(1) Nous rappellerons que le mode de mesure des températures a vicié complètement les résultats des travaux de Knoblauch sur la vapeur surchauffée, comme l'a récemment montré A. Duchesne.

Digitized by Google

tubes verticaux de 1 m de longueur et de différents diamètres, circulaires ou annulaires. L'appareil (fig. 3) est un véritable calorimètre : on déduit le débit d'air de la variation de sa température et de la connaissance de la chaleur transmise. Pour déterminer

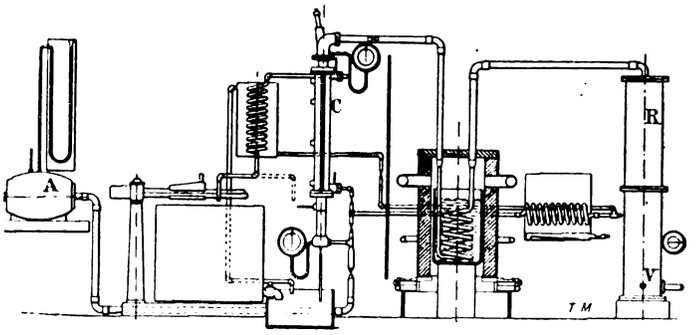


FIG. 3. — Disposition des expériences de Jordan.

cette dernière, on dispose d'une circulation d'air extérieure et à contre-courant, dont on mesure le débit et la variation de température.

Le tube central, en cuivre sur la longueur soumise à l'expérimentation, est raccordé à ses extrémités à des tubulures en fer pour réduire les pertes par conductibilité. Dans le cas où l'on veut effectuer des essais sur section annulaire, on dispose à l'intérieur un cylindre de fer forgé tourné et rendu aussi mince que possible, bouché, et maintenu dans l'axe par un fil de fer en spirale. Les joints entre le tube de cuivre et le tube extérieur de fonte sont constitués par des manchons de cuir. L'air est chauffé dans un serpentin par un bain salin (four Brayshaw). On mesure ses températures d'entrée dans le calorimètre (pince thermoélectrique) et de sortie (thermomètre à mercure), et sa pression. La température exacte du tube de cuivre est donnée à mi-épaisseur et en plusieurs points de la longueur par une pince thermoélectrique (fig. 4), dont la soudure est soigneusement protégée de l'influence de l'eau.

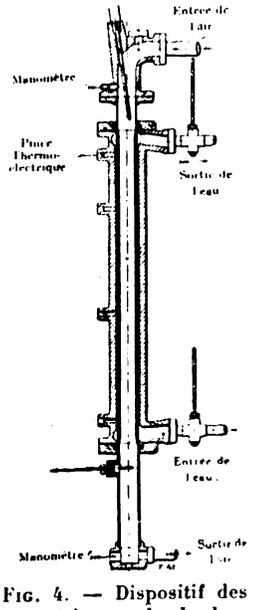


FIG. 4. — Dispositif des expériences de Jordan. — Calorimètre.

Les expériences ont été faites en 5 séries correspondant, pour une longueur d'échange égale à 1 m, aux diamètres respectifs ci-après. Les tubes annulaires sont considérés comme ayant pour diamètre équivalent celui du tube ayant même rapport de la section de passage au périmètre d'échange de chaleur :

$$d = \frac{4S}{\chi}$$

TABLEAU I. — DONNÉES DES EXPÉRIENCES DE JORDAN.

SÉRIE	SECTION	DIAMÈTRES		$d = \frac{4S}{\chi}$
		tube extérieur	tube intérieur	
A	annulaire	0m0500	0m0404	0m0174
B	»	0,0500	0,0343	0,0264
C	circulaire	0,0500	»	0,0500
D	»	0,01285	»	0,01285
E	»	0,0314	»	0,0314

Dans chaque série, on a effectué quatre groupes d'essais I à IV à vitesses variables, en s'appliquant à maintenir pour chacun $\tau_m + \theta_i = c^{te}$; en fait θ a peu varié (14 à 46°), τ_m a au contraire varié de 142 à 304°.

Nous avons repris ces résultats de manière à le mettre sous la forme $\alpha = A\,(\omega\varpi)^n$ bien établie précédemment pour des valeurs de θ_i et de τ_m aussi constantes que possible. Nous sommes arrivé ainsi, en effectuant les petites corrections de température pour chaque série pour rendre les essais bien comparables, aux résultats du tableau II.

TABLEAU II. — CALCUL DE n AU MOYEN DES EXPÉRIENCES DE JORDAN.

SÉRIE et GROUPE	τ	θ	$\log \alpha$	n	$\log \omega\varpi$	$\log A_{160}$	n moyenne des 4 groupes
EII	160°	27°	2,301	0,855	1,790	0,771	0,805
BIII	»	37	2,063	0,823	1,515	0,816	0,810
CI	»	22	2,100	0,788	1,590	0,848	0,768
FI	»	24	2,064	0,762	1,551	0,882	0,773
DII	»	20	1,837	0,677	1,274	0,975	0,673
Moyenne . .	160°	26°	»	»	»	»	»

Ces résultats mettent en évidence la *variation de l'exposant n avec le diamètre.*

Les séries effectuées à des température croissantes donnent sur la moyenne générales de n pour les 5 diamètres les écarts moyens suivants :

$$+ 0,005 + 0,011 - 0,002 - 0,010.$$

Les écarts sont faibles et paraissent de l'ordre des erreurs expérimentales ; en outre, la valeur de n des expériences de Nüsselt se place bien vis-à-vis du diamètre correspondant; de sorte que n doit être indépendant de la température, et probablement aussi de la longueur du tube.

La variation avec le diamètre est reproduite sur la figure 5. On remarquera que les tubes annulaires se placent très bien suivant leurs diamètres équivalents calculés comme il a été dit, ce qui justifie cette équivalence.

Les expériences qui viennent d'être décrites démontrent donc que l'exposant *n n'est fonction que du rapport de la section d'échange*

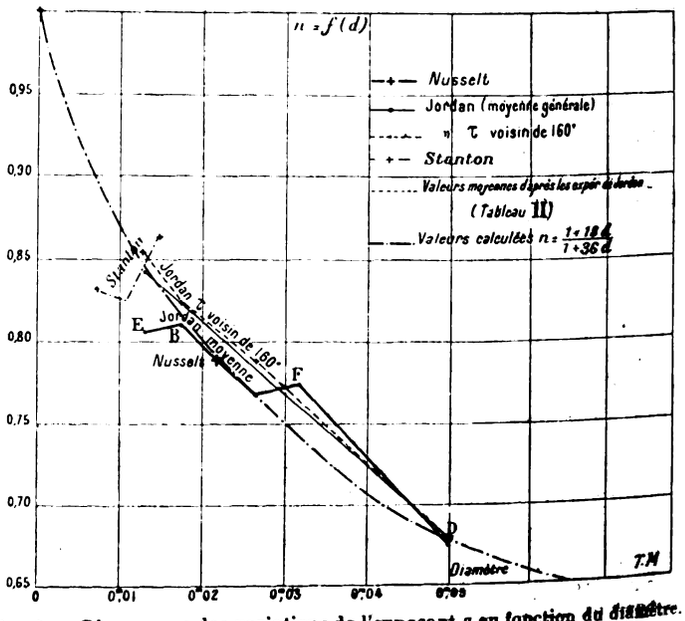


FIG. 5. — Diagramme des variations de l'exposant n en fonction du diamètre.

au périmètre du tube, tout au moins pour des sections ne présentant pas de parties anguleuses, et qu'il *décroît quand le diamètre augmente.*

Variation de A avec le diamètre. — On peut poser :

$$A = BC^n \quad \text{ou} \quad \alpha = B(C\omega\varpi)^n. \tag{21}$$

Digitized by Google

La figure 6, sur laquelle on a reporté log A en fonction de n, montre que cette formule est effectivement satisfaite; les flèches correspondent aux valeurs moyennes de n de la dernière

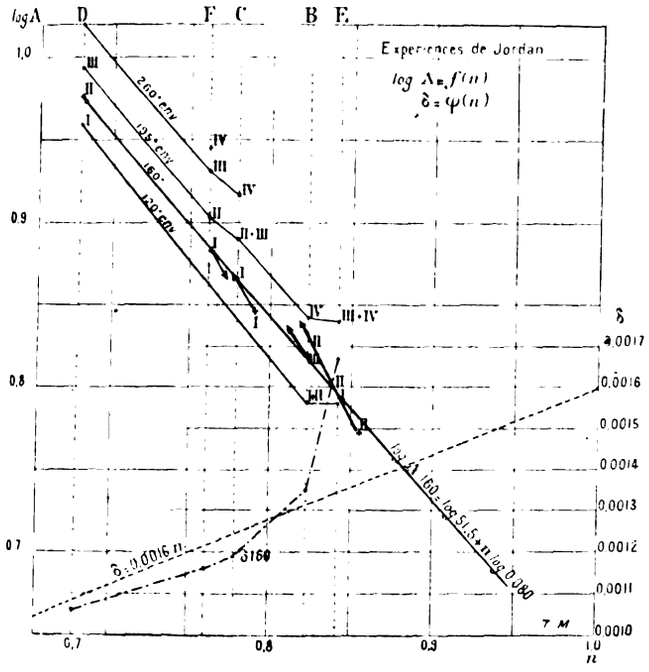


FIG. 6. — Diagramme des variations de A et de δ en fonction de n.

colonne du tableau II (p. 58). On voit que toutes les expériences satisfont, pour la température de 160° à la formule :

$$\alpha_{160} = 51{,}5\,(0{,}080\,\omega\varpi)^n. \qquad (22)$$

Les valeurs de n satisfaisant à cette relation sont données finalement au tableau III :

TABLEAU III. — RELATION ENTRE d, δ ET n.

	SÉRIE				
	E	B	C	F	D
$n =$	0,841	0,823	0,778	0,760	0,677
$d =$	0,01285	0,0174	0,0264	0,0314	0,0500
$\delta_{160} =$	0,00167	0,00135	0,00119	0,00116	0,00106

Influence de la température τ_m du fluide. — On peut écrire approximativement :

$$\alpha = A_{160}\left(1 + \delta\overline{\tau - 160}\right)(\omega\varpi)^n.$$

Les valeurs de δ, calculées pour d'égales valeurs de $\omega\varpi$ (pour éliminer les erreurs possibles sur n) entre les températures extrêmes expérimentées sont données au tableau III et reportées sur la figure 6. Les erreurs commises sur n peuvent avoir ici assez d'importance, cependant on voit que δ croît avec n et l'on peut approximativement écrire :

$$\delta = 0{,}0016n. \qquad (23)$$

Ce qui conduit finalement à la relation :

$$\alpha = 51{,}5\left[0{,}080\left(1 + 0{,}0016\,\overline{\tau - 160}\right)\omega\varpi\right]^n. \qquad (24)$$

Influence de la température θ de la paroi. — Deux groupes seulement des expériences faites n'ont différé entre eux d'une manière sensible que par la température de la paroi et permettent, en effectuant de très faibles corrections dues aux différences de vitesse et de température du fluide, de se rendre un compte précis du rôle de la température de la paroi, comme on l'a fait pour le calcul de δ. (Tableau IV) :

TABLEAU IV. — RELATION ENTRE θ_i ET α.

EXPÉRIENCES	θ_i	τ_m	log α	log ωϖ	Δ log α
B6	22	136	2,347	1,882	»
B11 + 7 *pars*	41	140	2,351	1,882	»
soit pour τ = 136 . .	»	136	2,346	»	— 0,001
C8	52	157	2,269	1,793	»
C2 + 3 *pars*	24	150	2,260	1,793	»
soit pour τ = 157 . .	»	157	2,269	»	0,000

On voit que des variations de température θ_i atteignant 19 et 28° ne donnent pour log α aucune différence appréciable. Ainsi *l'influence de la température de la paroi est-elle nulle ou absolument négligeable.*

Comparaison des expériences de Jordan et de Nüsselt. — Si l'on extrapole la formule (24) jusqu'à la température de 35° avec $n = 0{,}786$, on trouve : A = 5,94 (Jordan), au lieu de A = 5,77 (Nüsselt).

La concordance de ces résultats, obtenus par des méthodes toutes différentes, est extrêmement frappante.

3) *Expériences de Carcanagues : Influence de la longueur des tubes.* — M. Carcanagues, ingénieur des Mines, a procédé à la Compagnie P.-L.-M. (1) à des expériences sur l'échauffement de l'air circulant à des vitesses variables dans des tuyaux de différentes longueurs et de différents diamètres, en contact avec de l'eau chaude en état d'agitation.

Le débit était calculé par les lois de l'écoulement des fluides. La température moyenne du gaz à la sortie ne pouvait être déterminée qu'avec assez peu de précision; la température des tubes différait nécessairement de celle de l'eau. Sans tabler sur la valeur absolue des résultats, ces expériences offrent l'intérêt d'avoir porté sur des longueurs de tubes variant de 0m,50 à 1m,50 et sur les diamètres de 2 à 10 cm. La température initiale de l'air était voisine de 20°, son échauffement variait de 1 à 50° selon la vitesse et le diamètre, la température de l'eau entre 100 et 60°. En faisant la moyenne de ces expériences, on trouve d'abord des valeurs de n qui, se comparant avec celles de Jordan, donnent la mesure de la précision : la décroissance se retrouve avec l'augmentation des diamètres avec des écarts atteignant 0,04 et permet d'estimer aux environs de $n = 0{,}62$ à 0,58 sa valeur pour les diamètres de 0m,075 à 0m,10. En comparant à débit égal les expériences effectuées à des températures θ différant de 20° et faisant également les moyennes, on retrouve qu'aux erreurs d'expériences près l'influence de θ est nulle ($\Delta \log \alpha' = 0{,}012$).

Enfin, si l'on prend la moyenne des valeurs de log α′ pour chaque longueur de tube, correspondant à une même valeur moyenne de log ωϖ, pour éliminer les erreurs commises sur n, on trouve les chiffres suivants :

TABLEAU V. — INFLUENCE DE LA LONGUEUR l DES TUBES.

d	τ	log ωϖ	log α′				
			$l = 0^m{,}50$	écart	1 m	écart	1,50
0m020	39	0,963	1,533	— 0,040	1,493	— 0,034	1,459
0,040	32	1,067	1,588	— 0,046	1,542	+ 0,002	1,544
0,050	30	1,092	1,596	— 0,051	1,545	— 0,011	1,534
0,075	27	1,134	1,605	— 0,064	1,541	— 0,026	1,515
0,100	26	1,159	1,528	— 0,008	1,520	— 0,024	1,496
		Moyennes. .		— 0,042		— 0,019	

(1) Cf. *Annales des Mines*, 9e série, t. IX, 1896.

Digitized by Google

On voit par là que $\log A' = \log \alpha' - n \log w\varpi$ est d'autant plus faible que le tube est plus long. Tout en faisant la part des erreurs expérimentales, qui paraissent être, même sur ces moyennes, encore assez élevées, on peut admettre que A' décroît sensiblement comme l^{-p}, et l'on trouve en moyenne : $p = 0{,}13$. Ce qui conduit finalement à remplacer la formule (24) par la formule :

$$(25) \qquad \alpha = \frac{B}{l^p [C_0(1 + \gamma\tau) w\varpi]^n}$$

$$B = 51{,}5 \quad C_0 = 0{,}0595 \quad \gamma = 0{,}00215.$$

4) *Expériences de Ser* (1). — Citons encore les expériences de Ser sur la circulation de l'air dans une tuyauterie verticale en poterie, de $0^m{,}38$ de côté sur $2^m{,}60$ de longueur, traversée suivant son axe par une canalisation d'eau en fonte de $0^m{,}216$ de diamètre extérieur.

Ser a trouvé que α' était sensiblement proportionnel à $\sqrt{w\varpi}$, ou plus exactement à $(w\varpi)^{0{,}53}$. Le diamètre équivalent serait $0^m{,}60$. Bien que sujettes à caution, ces expériences semblent indiquer que n ne tombe pas au-dessous de 0,50.

5) *Expériences sur les chaudières : Expériences de Henry.* — Les expériences effectuées sur les chaudières sont intéressantes par les hautes températures et les grandes longueurs de tubes qu'elles mettent en jeu.

Malheureusement, il manque à toutes ces expériences un élément capital, la température effective du métal, qui diffère plus ou moins de celle de l'eau. On sait que cet écart est assez faible lorsque les parois sont très bien nettoyées et de l'ordre de 15 à 40° pour la partie la plus chaude du gaz, d'après les quelques expérimentateurs qui l'ont étudié (Dunston, Hudson). On aurait donc le coefficient α avec une certaine exactitude si l'on connaissait la chute de température des gaz dans la partie où ceux-ci sont encore très chauds; mais dans les expériences faites jusqu'ici, ceci n'a pas été réalisé. On n'arrive pas à tirer des essais des valeurs vraisemblables de α en se servant des formules (5) et suivantes, et il faut, au contraire, pour obtenir des résultats satisfaisants, admettre que la température des tubes varie peu depuis une extrémité jusqu'à l'autre, ce qui peut s'expliquer par un renouvellement plus rapide de l'eau en ébullition dans la région des hautes températures. Signalons que la formule de Orrok sur la condensation conduit à un résultat exactement inverse, et ceci doit tenir à la différence des deux phénomènes.

Expériences de Henry. — M. Henry, ingénieur en chef des Mines, a procédé à des expériences très minutieuses à la Compagnie P.-L.-M. (2) sur des chaudières munies de différents foyers dont les tubes étaient de différentes longueurs, les uns lisses et les autres à ailettes intérieures. Un nettoyage complet des tubes avait lieu avant chaque essai. On a noté dans chaque expérience le combustible net brûlé, la composition des gaz, leur température de sortie (au thermomètre à mercure ou au pyromètre calorimétrique). Le combustible consistait en briquettes, de composition bien constante.

La comparaison des résultats donne une indication simultanée sur l'influence de la longueur des tubes et de la température, et l'on conçoit que, par la comparaison des tubes de différentes longueurs, on puisse suivre la loi de variation de la température le long d'un tube pour un débit donné.

Parmi les essais effectués, on a choisi ceux effectués avec le foyer Tenbrinck, dans lesquels la température s'abaissait plus rapidement, indiquant une combustion plus complète dans le foyer, et avec les tubes lisses. Voici les données correspondantes :

Nombre de tubes	185
Diamètre d	0 m 046
Section S	0 m² 3075
Périmètre χ	26 m 70
Pression de la vapeur	10 kg
Température de l'eau	184°
n adopté	0,694
Longueur du tube	3 à 7 m
Combustible :	
Cendres	4,16 %
Humidité	2,25 %
Carbone (cendres déduites)	88,5 %
Pouvoir calorifique (cendres déduites)	8 420 cal.

L'examen des essais montre que les légères variations données dans la composition des gaz brûlés ne nuisent pas à la régularité des résultats, au lieu que, si l'on cherche à tenir compte de ces variations, on obtient des courbes moins régulières; il ne faut donc pas en tenir compte, et l'on doit tabler sur la composition moyenne, qui correspond à 13 kg de gaz par kilogramme de charbon net brûlé, contenant 15,8 % de $CO + CO^2$, 1,2 % de CO, 0,5 % de H^2O.

La figure 7 donne pour les débits $w\varpi = 5$ kg, 7 kg et 8 kg 5, la

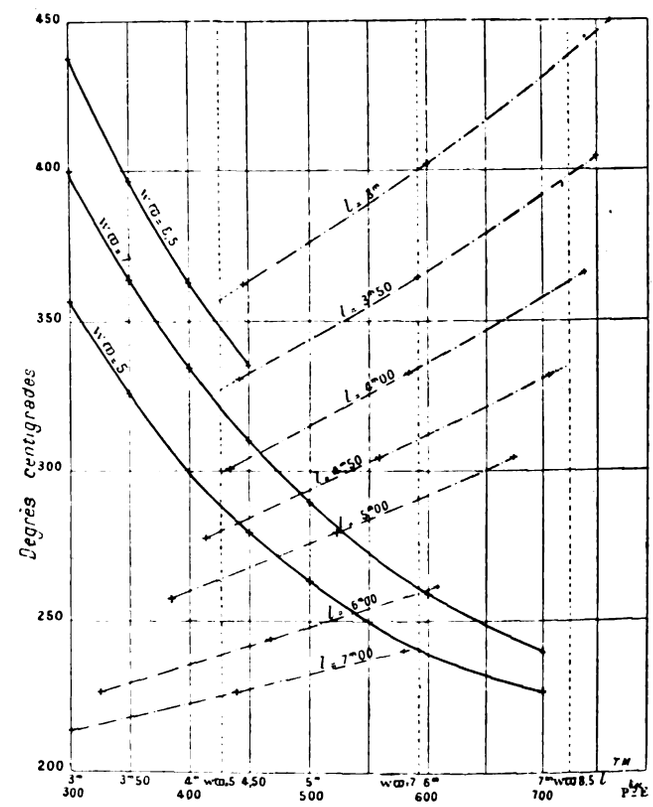


FIG. 7. — Diagramme des variations de la température des gaz le long d'un tube de chaudière. 1° — . — . —, pour chaque longueur en fonction du débit; 2° ————, pour un débit donné en fonction de la longueur.

(P — E = Kg de combustible net brûlé par tonne.)

température du gaz en fonction de la longueur des tubes et, pour chaque longueur, la loi de la température en fonction du débit.

On est alors conduit au coefficient global A' suivant, que nous rapprochons du coefficient A déduit des expériences de Jordan et Carcanagues (formules 9, 20 et 25) :

TABLEAU VI. — COMPARAISON ENTRE LE COEFFICIENT A (GAZ-MÉTAL) ET LE COEFFICIENT A' (GAZ-MÉTAL-EAU) [Exp. de HENRY.]

τ_m	l_m	$w\varpi$	log A'	log A	écart $\frac{A - A'}{A}$
242	5 à 7 m	5	0,752	0,830	17 %
341	3 m à 3 m 50	5	0,849	0,902	11 %
418	3 m à 3 m 50	8,5	0,881	0,930	11 %

Ces écarts, qui doivent tenir surtout à la différence entre la température de l'eau et celle des tubes, demeurent cependant

(1) *Traité de Physique industrielle*, t. I.

(2) Cf. *Annales des Mines*, 9e série, t. VI, 1894.

Digitized by Google

assez faibles et montrent que la formule (25) peut être pratiquement appliquée en lui apportant un coefficient de réduction pour tenir compte de cette circonstance.

Expériences du Pennsylvania Railroad (1). — Ces expériences ont consisté à brûler deux catégories de combustibles avec des tirages variables sur des grilles différentes, dans des chaudières à tubes de fumée analogues. On a relevé notamment les températures du laboratoire de la boîte à feu et de la boîte à fumée au moyen de thermo-couples, le combustible net brûlé et la composition du gaz. On peut en déduire, comme pour les expériences de Henry, le coefficient α' entre le gaz et l'eau. Des différentes séries d'essais, nous avons retenu les séries 200 et 800 dans lesquelles le foyer était muni d'une voûte en briques, et le combustible employé était demi-gras ; les fumées ne contenaient que des traces d'oxyde de carbone. Il est à présumer que, dans ces conditions, la combustion était à peu près complète à l'entrée du faisceau tubulaire.

Voici les données relatives à ces deux séries :

	SÉRIE 200	SÉRIE 800
Nombres de tubes	338	390
Diamètre d	0 m 045	0 m 0445
Longueur l	4 m 54	4 m 86
Section S	0 m² 538	0 m² 606
Surface tubulaire χl	217 m²	269 m²
Pression de la vapeur	15 kg 5	15 kg 5
Température de l'eau	193°	198°
n adopté	0,70	0,703
Combustible employé :		
Cendres		7 %
MV		16,3 %
H^2O		0,9 %
Pouvoir calorifique		8 280 cal.
Poids CO^2/combustible net =		3,5
Poids H^2O/combustible net =		0,4

Les résultats des deux séries sont très semblables; ceux de la série 800 donnent un coefficient de transmission inférieur de 5 % à ceux de la série 200.

Voici ces derniers (log A'), τ_m étant calculé par la formule (4), comparés à ceux de la formule (25) (log A) :

Tableau VI *bis*. — Comparaison entre les coefficients A et A' (Exp. du Penn. Rrd.)

τ_m	$w\sqrt{\delta}$	log A'	log A	Écart $\frac{A - A'}{A}$
496	4,45	0,974	0,989	3 %
663	9,63	0,970	1,038	15 %

Ces résultats sont tout à fait du même ordre que ceux des expériences de Henry. Ils semblent indiquer que le coefficient γ de la formule (25) décroît quand τ s'élève.

Les résultats si différents des essais de Henry et de ceux du Pennsylvania Railroad rentrent donc intégralement dans la formule (25), à condition d'admettre une certaine réduction pour passer du coefficient gaz-métal au coefficient gaz-métal-eau. Si l'on prend comme coefficient de réduction 0,93, pour les tubes parfaitement nettoyés, tous les résultats que l'on a déduits des expériences effectuées sur les chaudières peuvent se calculer par la formule (25) avec 9 % d'erreur au maximum.

6) *Expériences sur d'autres fluides.* — Signalons les expériences de Stanton sur l'eau (1) dans lesquelles l'exposant n a été trouvé en moyenne égal à 0,838 pour des diamètres des tubes $d = 0^m,007$ à $0^m,014$ et une longueur $l = 0^m,48$; le coefficient de température a été trouvé $\delta = 0,01$. Stanton a aussi indiqué un coefficient 0,004 pour la température de la paroi, mais qui paraît rentrer dans les erreurs expérimentales.

Enfin, rappelons les résultats de Nüsselt pour l'acide carbonique et le gaz d'éclairage, indiqués plus haut.

Le tableau suivant donne ces résultats :

Tableau VII. — Valeur du coefficient A pour divers fluides.

	d	n	τ	A	$\frac{\text{A fluide}}{\text{A air}}$
Eau	0,0107	0,838	35	19,4	3,44
Gaz d'éclairage	0,022	0,786	35	15,45	2,68
Acide carbonique	0,022	0,786	35	4,77	0,83

Il serait très intéressant de relier ces résultats avec les constantes physiques de ces corps.

V. — Résumé.

En résumé, la formule (25) rend bien compte de toutes les expériences concernant la loi de la transmission de la chaleur entre l'air en mouvement et une paroi métallique dans les limites de diamètre et de longueur des tubes, de débit et de température les plus étendues ; elle peut aussi être appliquée aux chaudières en donnant, au coefficient gaz-métal-eau, une valeur plus faible de 7 % que celle de cette formule, dans le cas où les tubes sont très propres. L'exposant n décroît quand le diamètre augmente et si, comme il semble, il tend vers 1/2, on peut le représenter par la relation approchée :

$$n = \frac{1 + 18d}{1 + 36d}.$$

L'exposant p est incertain ; il serait voisin de 0,13.

La formule ainsi établie permet de résoudre tous les problèmes qui se rencontrent dans la pratique et de se rendre compte des dimensions et des vitesses les plus favorables. Elle montre que l'on peut activer considérablement l'échange, le gaz demeurant sec, en augmentant le débit, en facilitant les remous et en augmentant le périmètre de contact par rapport à la section transversale. Qu'il s'agisse de chaudières à vapeur, d'appareils de refroidissement du gaz, de radiateurs, etc., le problème se résout avec les mêmes données. Dans le cas d'une chaudière à tubes d'eau ou de fumée, par exemple, en s'assujettissant à conserver constantes la chaleur fournie par unité de temps et la chaleur emportée par les fumées, par tube ou par intervalle de tube, il est facile de voir que l'on peut augmenter w, diminuer d, d'où une augmentation de n, diminuer l, diminuer à la fois l'encombrement de la chaudière et la chaleur rayonnée, au prix d'un peu plus d'énergie absorbée par le tirage. Les avantages d'une telle modification peuvent être supérieurs à ses inconvénients.

On retrouve par la formule l'intérêt des moteurs à cylindres rotatifs utilisés en aviation.

Chaque fois que cela est possible, il y a avantage à provoquer des phénomènes de condensation sur la surface métallique.

Inversement, si l'on veut réduire les échanges, on devra, tout d'abord éviter les condensations, on diminuera les vitesses et l'on augmentera le diamètre des conduites.

On voit le parti que l'on peut tirer de la loi de transmission de la chaleur entre un gaz et une surface métallique.

F. Leprince-Ringuet,
Ingénieur en chef au corps des Mines.

(1) The Pennsylvania Railroad system at Saint-Louis Exposition, locomotive tests and exhibits, Philadelphia, 1905; *cf* aussi Laford H. Fry, *loc.-cit.*

(1) Cf. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1897.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER

ARROSAGE DES BANDAGES ET GRAISSAGE DES BOUDINS DES ROUES DES LOCOMOTIVES

L'arrosage des bandages et le graissage des boudins des roues des locomotives sont deux opérations qui s'exécutent par des moyens analogues, mais dont les effets sont tout différents. La première a pour but d'augmenter l'adhérence des roues sur les rails; la seconde est faite en vue d'atténuer le grippement des boudins des roues contre les rails, dans les courbes. Si on n'apporte pas un grand soin dans l'application des appareils d'arrosage ou de graissage, on risque, comme on le verra plus loin, d'obtenir un effet contraire à celui que l'on désire.

I. — Augmentation de l'adhérence.

Les locomotives sont construites pour avoir une adhérence suffisante; toutefois, celle-ci peut faire défaut accidentellement, ce qui occasionne le patinage des roues. Le fait se produit ordinairement au moment du démarrage, ou sur de longues pentes, ou encore dans les souterrains, et par des conditions atmosphériques particulières. On a imaginé divers moyens pour remédier à ce manque d'adhérence; le plus souvent, on répand du sable sur les rails; depuis quelques années, au lieu de suivre la pratique ancienne, qui exigeait l'emploi d'un sable absolument sec, on fait usage de sablières à vapeur qui projettent sur le rail du sable mouillé. Mais le sable présente de graves inconvénients lorsqu'il doit être employé fréquemment sur les mêmes points, aussi a-t-on résolu de le supprimer et de le remplacer par l'arrosage des rails.

Inconvénients du sable. — Dans les tunnels, le rail se recouvre d'un enduit gras formé par l'humidité inévitable du milieu, par la condensation de la vapeur et de la fumée des machines; aussi, les patinages y sont-ils fréquents. Si on emploie du sable pour les combattre, il en faut une quantité considérable; cela devient à la fois onéreux et encombrant. Couche a écrit, dans son *Traité des Chemins de fer* (t. II, p. 283) que, pour la traversée du Semmering, on consommait annuellement 2 000 m³ de sable; il y a de cela une cinquantaine d'années.

D'autre part, l'emploi du sable provoque inévitablement une usure excessive des rails.

A l'appui de cette dernière assertion, nous citerons l'exemple du tunnel des Sorderettes (ligne de Saint-Michel à Modane), dont la voie est en pente de 30 mm par mètre et où les mécaniciens avaient contracté l'habitude de marcher avec le sablier ouvert. La proportion des rails usés après dix-sept mois de pose y était de 64 %, tandis que hors du tunnel elle n'était que de 15 %. On a dû prescrire aux mécaniciens de ne faire usage du sablier qu'en cas d'absolue nécessité, et on a cherché un sable attaquant moins le métal des rails.

Des effets d'usure analogues et attribuables au sable ont été constatés sur bien d'autres points, notamment dans le tunnel de Hauenstein (à 3 km de la gare d'Olten, Suisse), où des rails posés à la fin de 1870 ont donné la proportion de rebuts suivante, à la fin de la garantie de cinq années :

Rails posés dans le tunnel	111,76 %
— en dehors du tunnel.	1,66

Dans ce tunnel, on a supprimé radicalement l'emploi du sable, et on l'a remplacé par un jet d'eau, ce qui a donné les meilleurs résultats.

Emploi de l'eau pour augmenter l'adhérence. — Il est un phénomène bien connu de tous les mécaniciens : lorsque le rail est humide, en temps de brouillard, les roues des machines patinent; tandis que si une bonne pluie mouille abondamment le rail, le patinage ne se produit pas. L'idée d'arroser le rail pour éviter le patinage devait donc venir à l'esprit des premiers mécaniciens.

En effet, dès 1859, les locomotives du type classique « Bourbonnais » étaient munies d'un robinet et d'un tuyau qui permettaient d'envoyer sur le rail de l'eau sous pression. Cet emploi n'a rien d'irrationnel : M. Bochet, ingénieur des Mines, au cours de ses expériences sur le frottement de glissement (*Annales des Mines*, 1861) a constaté que l'adhérence était la même par un temps sec et par un temps de pluie. C'est un fait admis par tous.

Dans la séance du 7 mai 1875 de la *Société des Ingénieurs civils*, M. Mallet indiquait que, sur le chemin de fer qui conduit de Zurich au sommet de l'Uetliberg, où les rampes s'élèvent jusqu'à 70 mm par mètre, et où les courbes ont 150 et même 135 m de rayon, on n'emploie pas de sable pour augmenter l'adhérence, mais un jet d'eau abondant qui lave complètement les rails.

Il y a une trentaine d'années (*Bulletin du ministère des Travaux publics*, août 1882), le transport des minerais de fer dans les mines de Mazeray, appartenant au Creusot, était effectué, dans la galerie Sainte-Marguerite, au moyen de petites locomotives dont le service était satisfaisant, sauf sur une rampe de 360 m à 15 mm d'inclinaison, où se produisaient des patinages très gênants. Il en résultait des retards et des irrégularités dans le service, une augmentation de la consommation de combustible et une grande usure des bandages. Le hasard fournit le moyen de remédier à ce triple inconvénient. Une fuite étant survenue aux robinets purgeurs des cylindres, un jet de vapeur se trouva lancé fortuitement sur les rails et ceux-ci furent nettoyés : tout patinage cessa immédiatement. Frappé de ce résultat inattendu, l'ingénieur chargé de la traction fit modifier les robinets purgeurs de manière à les faire cracher directement sur les rails. Au moment d'aborder la rampe de 15 mm, on ouvrait légèrement les robinets : les rails étaient pour ainsi dire décapés et le train montait sans arrêt. Le trafic (80 à 100 t par jour) donnait lieu à une dépense de traction de 0 fr 227 par tonne et par kilomètre qui s'est abaissée, après la simple modification des robinets purgeurs, à 0 fr 102.

Manière de procéder au lavage des rails. — La théorie et la pratique sont d'accord pour attribuer un rôle efficace au lavage des rails effectué en vue de combattre le patinage. Il faut toutefois insister sur le point suivant : un simple arrosage ne suffit pas; sur plusieurs chemins de fer, on a vu l'adhérence diminuer au lieu d'augmenter, parce que l'eau était distribuée sur le rail en faible quantité ou à basse pression. Les meilleurs résultats ont été obtenus, au contraire, en lançant un jet d'eau énergique, capable de débarrasser le rail des impuretés qui adhèrent à sa surface.

Utilisation des purgeurs des cylindres. — L'effet utile peut être obtenu par les robinets purgeurs, comme on l'a vu par l'exemple de la machine du Creusot cité précédemment; mais l'utilisation des purgeurs n'est possible qu'avec des machines

Digitized by Google

faisant de très petits parcours, comme c'est le cas pour une voie de mine.

Pour l'exploitation d'un chemin de fer ordinaire, il faut installer un dispositif spécial. Ce dispositif peut être agencé, suivant les circonstances, soit pour emprunter directement à la chaudière l'eau et la vapeur nécessaires, soit pour prendre de la vapeur vive à la chaudière et faire venir l'eau du tender, soit pour utiliser la vapeur d'échappement de la locomotive et prendre l'eau au tender.

Eau et vapeur prises directement a la chaudière. — Les figures 1 et 2 représentent une installation de ce genre facile à réaliser : l'eau de la chaudière est prise au moyen d'un robinet manœuvré par une tringle dont la poignée est à la portée du mécanicien; le liquide en pression sort de ce robinet et descend, par un tuyau contournant la chaudière, jusqu'à une culotte de bifurcation, où le courant se divise pour passer dans deux tuyaux horizontaux placés dans le prolongement l'un de

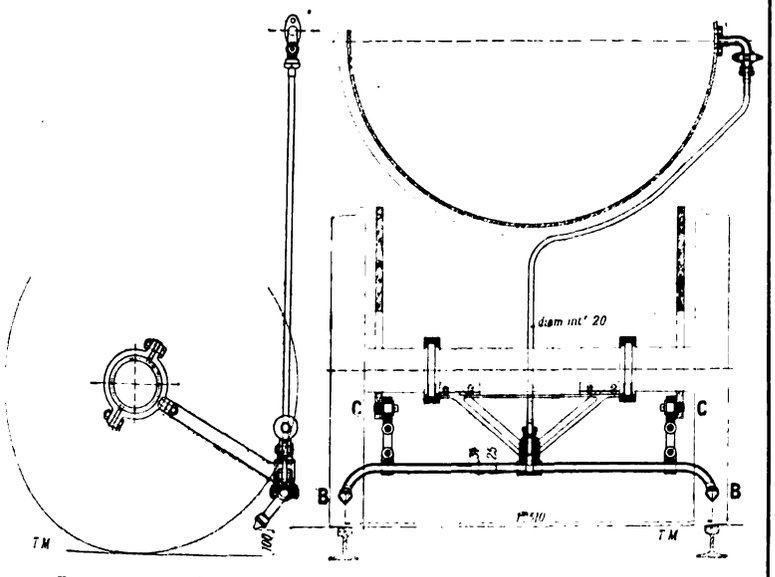


Fig. 1. — *Vue de profil.*

Fig. 2. — *Vue de l'ensemble et de différents organes.*

Fig. 1 et 2. — Appareil de lavage des rails.

l'autre, et dont l'extrémité est munie d'une buse B, par laquelle sort le jet qui lave le rail.

Le mode de suspension de l'appareil mérite une mention spéciale. Les machines circulant sur les courbes de faible rayon ont le plus souvent des essieux à jeu latéral et le déplacement du châssis de la machine par rapport à la voie est assez prononcé; il ne faut donc pas fixer les buses au châssis, car alors les jets manqueraient souvent les rails. Il faut au contraire les relier à l'essieu, dont les roues demeurent forcément sur la voie. C'est ce qui a été fait sur le dispositif représenté par les figures 1 et 2. Le triangle supportant la culotte de bifurcation est accroché à l'essieu et se déplace avec lui. Les buses B, B sont suspendues au châssis, mais par des bielles et articulations mobiles, C, C qui leur permettent de suivre les mouvements de l'essieu et de rester le plus possible dans la direction des rails.

Vapeur prise a la chaudière et eau prise au tender. — L'appareil qui vient d'être décrit consomme beaucoup d'eau et de vapeur, ce qui peut être gênant si la chaudière n'est pas assez puissante. On a donc cherché à faire fournir l'eau par le tender et à n'emprunter à la chaudière que la quantité de vapeur indispensable pour donner à l'eau l'impulsion nécessaire. C'est ainsi que l'on a opéré pour les locomotives en service dans le tunnel de Hauenstein (*Revue générale des chemins de fer*, décembre 1884).

Ces locomotives étaient munies d'un robinet de prise de vapeur placé sur la colonne du sifflet, d'un robinet de prise d'eau adapté à la caisse à eau de la machine d'un éjecteur, auquel aboutissaient les tuyaux de vapeur et d'eau venant des deux robinets ci-dessus et duquel partait un tuyau amenant le mélange d'eau et de vapeur à l'avant de la machine. Ce tuyau se bifurquait en ce point et se divisait en deux branches qui venaient aboutir chacune à un ajutage, disposé à 60 mm au-dessus du rail et incliné, par rapport à la verticale, suivant un angle de 15°.

La consommation d'eau était de 50 l par minute environ, avec un éjecteur ayant une tuyère à vapeur de $5^{mm},7$, un ajutage à eau de $5^{mm},4$, et un cône divergent de $4^{mm},8$. Le diamètre du tuyau allant de l'éjecteur à la bifurcation était de 30 mm; celui des bifurcations de 25 mm; enfin l'ajutage projetant l'eau sur le rail avait 4 mm.

Avec cet appareil, il est possible, en alignement droit, de projeter sur les rails un jet d'eau à la température de 60° animé d'une vitesse de 28 m par seconde, ce qui est suffisant pour nettoyer complètement la table de roulement du rail.

Ejecteur a vapeur d'échappement. — Au lieu d'alimenter l'éjecteur avec de la vapeur vive, on peut le faire fonctionner avec la vapeur de l'échappement; dans ces conditions, la dépense de vapeur est nulle.

L'échappement des cylindres de la locomotive produit un jet suffisant pour entraîner l'eau qui doit laver les rails, mais l'échappement de la pompe à air (qui est utilisé pour le graissage des boudins, comme on le verra plus loin) n'aurait pas assez de force pour opérer le lavage.

II. — Réduction du frottement des boudins des roues contre les rails dans les courbes.

De tout temps, on a remarqué que les boudins des roues du matériel des chemins de fer s'usent beaucoup plus en été — de mai à octobre — qu'en hiver — d'octobre à mai. — En effet, pendant cette dernière période, les rails sont humides, ou recouverts d'une mince couche de glace, qui fond au passage des roues et atténue notablement le frottement des boudins contre les rails. Ce frottement est considérable dans les courbes, où il occasionne une usure rapide des boudins des roues nécessitant le rafraîchissage des bandages, alors que la surface de roulement de ceux-ci n'est pas encore usée. L'expression qui sert à désigner cet état d'usure des boudins est celle de *boudins tranchants*. Ce sont les roues d'avant qui ont d'abord leurs boudins tranchants; on les passe alors à l'arrière de la machine, et on met à l'avant les roues d'arrière qui sont beaucoup moins usées. Mais cela n'en constitue pas moins une dépense considérable, à laquelle viennent s'ajouter les frais de remplacement des rails, qui, eux aussi, s'usent énormément dans les courbes.

Le frottement des roues dans les courbes peut provoquer des déraillements, lorsqu'il est assez prononcé pour que le boudin prenant appui sur le côté du rail monte sur la table de celui-ci.

Pour éviter ces graves inconvénients, ou les atténuer dans la mesure du possible, on applique un lubrifiant entre le boudin et le rail, aux points où le grippement se manifeste.

La nature du lubrifiant et son mode d'application dépendent d'un si grand nombre de circonstances, qu'on ne saurait fixer de règles précises sur la manière d'opérer. Tel lubrifiant convient en été et non en hiver; un autre est trop fluide et se trouve expulsé par la force centrifuge. Sur certaines lignes, le nombre de courbes à parcourir exige l'adaptation d'un graisseur à toutes les machines; sur d'autres, il vaut mieux placer un graisseur à poste fixe à l'origine de la courbe, plutôt que d'en surcharger les machines; c'est une étude à faire dans chaque cas. Nous ne saurions mieux faire que de décrire les principaux dispositifs qui ont fait l'objet d'une application ou d'un essai prolongé. Pour fixer les idées, ces dispositifs sont classés, ci-après, suivant la

Digitized by Google

nature du lubrifiant employé et suivant la manière d'appliquer ce lubrifiant.

NATURE du lubrifiant	NATURE de la force employée pour amener le lubrifiant sur les boudins des roues
Huiles fluides ou épurées	Capillarité. Gravité. Pression de la vapeur vive. Pression de la vapeur d'échappement. Pression de l'air comprimé.
Huiles épaisses ou brutes	Gravité (après réchauffage). Pression de la vapeur vive.
Graisses consistantes	Pression mécanique.
Graisses dures	Pression mécanique.
Vapeur, eau chaude	Pression de la vapeur vive. Pression de la vapeur d'échappement.
Eau froide	Gravité. Force centrifuge et gravité.

a) Huiles fluides ou épurées. — *Graissage par capillarité.* — On a employé des chiffons gras ou des tampons de filasse imbibés d'huile et appliqués contre les boudins des roues; mais ce procédé a vite été abandonné en raison de la difficulté éprouvée pour fixer exactement les chiffons au point voulu; en raison aussi de ce que les chiffons s'usent rapidement, se carbonisent et s'enflamment même par le frottement.

On a essayé ensuite un tampon en feutre guidé par une gaine métallique et tenu par des supports également métalliques; mais ce tampon n'étant pas humecté en cours de route, était bientôt durci et les trépidations ou les cahots, le faisant rebondir, démolissaient tout l'appareil.

Graissage par la gravité. — Les machines Mallet circulant sur l'une des sections du *Santa Fé système* avaient été munies de boîtes en bois posées sur les roues et percées, dans le fond, d'un petit trou dirigé contre le boudin, et par lequel s'écoulait l'huile, en petite quantité. Ces boîtes en bois (représentées par les figures 3 et 4), ressemblant à des sabots de frein posés horizontalement, étaient simplement retenues par une tringle en fer rond de 15 mm accrochée sur le côté opposé au sens de l'entraînement.

Ce mode de graissage a été abandonné parce que l'huile se répandait sur la surface de roulement des bandages et provoquait des patinages.

Graissage par siphonnage et gravité. — L'un des premiers perfectionnements qui ont suivi les essais de graissage par simple capillarité a consisté à alimenter le tampon de feutre par un graisseur à siphon, et à fixer ce feutre au moyen d'une articulation à ressort, lui donnant assez de souplesse pour résister aux chocs des roues passant sur les joints des rails.

Dès l'année 1871, la Société I.R.P. des chemins de fer de l'Etat autrichien a graissé les boudins des roues d'avant des locomotives, à l'aide d'un appareil construit d'après ce principe. Cet appareil qui, a figuré à l'Exposition de Paris 1878 (d'où nous en avons rapporté le dessin), est représenté par les figures 5 à 8, qui en indiquent clairement la construction. L'huile contenue dans un réservoir fixé au tablier descend goutte à goutte par siphonnage et arrive dans un godet qui la laisse écouler, par la gravité, jusqu'à un pinceau qui lèche et lubrifie le flanc du boudin. Un ressort maintient la partie inférieure du pinceau en contact avec le boudin, de manière que la surface de roulement du bandage, ainsi que les rails, ne soient pas graissés. D'ailleurs, la force centrifuge, pendant la rotation des roues, dirige l'huile vers leur plus grand diamètre; il n'y a donc rien à craindre à cet égard tant que la quantité de matière lubrifiante n'est pas distribuée en quantité trop grande.

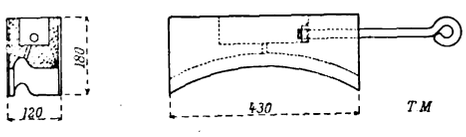


Fig. 3. — *Coupe transversale.* Fig. 4. — *Élévation longitudinale.*

Fig. 3 et 4. — Boîte en bois pour graissage par la gravité.

D'après les expériences faites en 1871 et 1872, la durée des bandages a été augmentée de 40 %, par l'emploi de ce système de graissage.

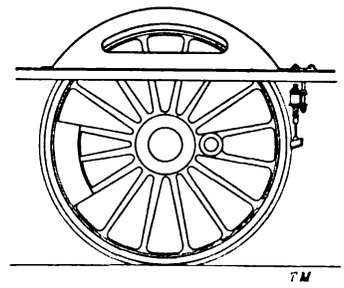
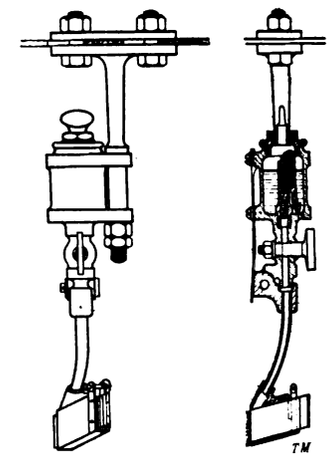


Fig. 5. — *Ensemble de l'installation.*

Fig. 6. — *Vue de face du graisseur.* Fig. 7. — *Coupe verticale.*



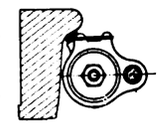


Fig. 8. — *Vue en plan.*

Fig. 5, 6, 7 et 8. — Dispositif du graisseur employé par les chemins de fer de l'État autrichien.

En 1877, le même système a été étendu à un grand nombre de locomotives circulant sur des sections à courbes d'assez grands rayons : les résultats ont été avantageux. L'emploi de ce graisseur a été généralisé par la suite; la durée des bandages et des rails a été ainsi augmentée.

La Compagnie d'Orléans (France) a appliqué un système de graisseur analogue qu'elle a présenté à l'Exposition de Paris 1889. On en trouvera le dessin dans le *Traité de la Machine Locomotive* de Dumoulin (t. IV, page 154). Cette Compagnie a pu ainsi conserver en service, jusqu'après 35 000 km de parcours, des bandages qui jusque-là étaient rebutés après 25 000 km.

Le bon effet de ce système de graissage dépend, pour beaucoup, des soins apportés au montage de l'appareil et à son entretien. Ses différentes parties, assemblées par coulisse ou par articulation, sont disposées de manière que le pinceau puisse toujours être dirigé sur le flanc du boudin, malgré l'usure de celui-ci et la diminution de diamètre du bandage. Le godet graisseur demeure fixé au tablier vertical, mais le tuyau à godet qui alimente le pinceau peut être incliné suffisamment pour atteindre le point à graisser. Un robinet d'arrêt placé au-dessous du réservoir permet de suspendre à volonté le débit du graisseur.

L'emploi des huiles fluides ou épurées est onéreux en raison du prix élevé de ces huiles. Il y a lieu de les réserver pour le graissage des mécanismes. C'est pour ce motif que les Américains préfèrent se servir, pour le graissage des boudins des roues, des huiles brutes dont il va être parlé.

b) Huiles épaisses ou brutes. — Lorsqu'on emploie du mazout ou des déchets d'huile minérale à consistance épaisse, il est nécessaire de les rendre fluides, par un réchauffage spécial. Si le graisseur fonctionne par la gravité, on fait arriver un courant de vapeur dans le réservoir ou autour de son enveloppe. Si l'huile est entraînée par un jet de vapeur, le réchauffage se fait tout naturellement au moment du mélange. Les graisseurs qui fonctionnent par l'air comprimé (dans les locomotives électriques où il n'y a pas de vapeur, par exemple) sont réchauffés par le courant électrique.

Graisseurs à huiles épaisses fonctionnant par la gravité. — Après essai de divers systèmes, la Southern Pacific Company a adopté le graisseur décrit ci-après : un réservoir cylindrique de 75

Digitized by Google

à 80 mm de diamètre et plein de mazout est fixé au tablier, ou au longeron, à proximité de la roue à lubrifier. Il porte à sa partie inférieure un robinet à pointeau qui règle la sortie de la matière lubrifiante; celle-ci tombe par la gravité dans un tuyau terminé par un manchon en caoutchouc qui la conduit sur le boudin de la roue. Un contrepoids fixé au tuyau tient l'extrémité du caoutchouc appliquée, comme le serait un sabot de frein, contre le boudin de la roue.

Le réservoir est en tôle galvanisée, constitué par deux enveloppes entre lesquelles circule la vapeur de l'échappement de la pompe à air. Au bas de la chemise de vapeur ainsi formée est un tuyau purgeur, qui suit le tuyau graisseur de manière à conserver une certaine chaleur à celui-ci sur le plus long parcours possible.

Le Canadian Pacific Ry, qui a essayé sans succès la graisse solide et le graisseur à huile fluide, fait usage d'un dispositif ne différant du précédent que parce que le mazout du réservoir est réchauffé par un serpentin intérieur à celui-ci, et dans lequel circule la vapeur d'échappement de la pompe à air.

c) VAPEUR VIVE. — *Graisseurs à huiles épaisses fonctionnant par condensation et par jets de vapeur.* — Aux États-Unis, le plus répandu de ces appareils est le graisseur dit *hydrostatique* qui porte la marque « Chicago » et qui consiste en un graisseur Elliott, analogue aux graisseurs Consolin et Galena, que l'on trouve en Europe sur de nombreuses locomotives.

Ce graisseur, placé à la portée du mécanicien, comporte un réservoir cylindrique contenant de l'huile minérale et au fond duquel arrive l'eau de condensation d'un serpentin en communication avec la chaudière. Cette eau fait monter l'huile qui s'écoule par deux tubulures munies chacune d'une glace par laquelle on voit tomber la goutte d'huile; celle-ci est entraînée par un jet de vapeur qui la projette, en la pulvérisant, sur le boudin du bandage, par l'intermédiaire d'un tuyau aboutissant à la roue qu'il s'agit de lubrifier. Les distributions d'huile, d'eau, de vapeur sont commandées par divers robinets manœuvrés par le mécanicien. Il y a des graisseurs à deux départs, à quatre départs, etc., suivant que l'on désire lubrifier deux roues, quatre roues, etc. L'extrémité de chacun des tuyaux qui amènent les jets de vapeur et d'huile sur les roues sont terminées par une buse ou pulvérisateur disposée comme le montrent les figurent 9 à 11. Les cotes indiquant sur ces figures la position de la buse par rapport au bandage et au rail sont celles qu'il faut observer pour obtenir les meilleurs résultats.

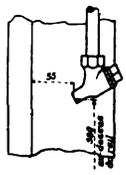


FIG. 9. — *Élévation verticale.*

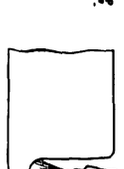


FIG. 11. — *Coupe de la buse.*

FIG. 10. — *Vue en plan.*

FIG. 9, 10 et 11. — Disposition de la buse du graisseur, système « Chicago ».

Le graissage par l'appareil « Chicago » est employé par le Wabash Pittesburg Terminal Ry avec buse aux roues d'avant et d'arrière et aux roues motrices des locomotives; il est employé aussi par le Lake Shore and Michigan Southern Ry. Sur le Santa Fé système, on l'applique aux roues des machines lorsque le sable donne des ennuis.

Graisseurs à huiles épaisses fonctionnant par la vapeur d'échappement. — Sur le Chicago Rock Island and Pacific Railway, le graissage des boudins s'effectue d'après le dispositif représenté par les figures 12 et 13, dont voici la description :

Un réservoir d'huile est fixé au-dessus du cylindre de la machine. Un tuyau part du canal d'échappement du cylindre, passe au-dessus du réservoir et aboutit à la buse qui graisse le boudin; ce tuyau communique avec le réservoir par deux tubes, l'un qui s'abaisse jusqu'au fond et qui amène l'eau de condensation de la vapeur, l'autre tube aboutit au-dessus du réservoir et donne issue à l'huile que l'eau fait remonter. De cette façon, chaque coup d'échappement entraîne un peu d'huile et la chasse sur le boudin de la roue. Une valve de réglage dont la commande est à la portée du mécanicien permet de graisser plus au moins suivant les circonstances.

Graisseurs à huiles épaisses fonctionnant par l'air comprimé. — Sur les locomotives électriques parcourant le tunnel Saint-Clair

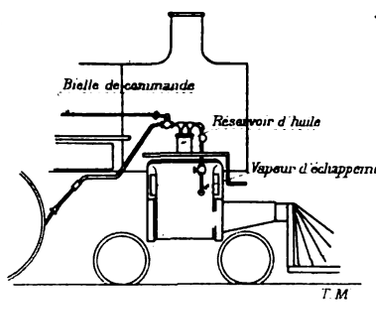


FIG. 12. — Ensemble de l'installation.

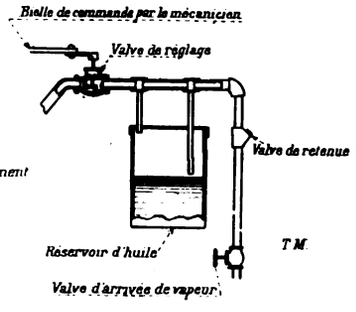


FIG. 13. — Détail du réservoir à l'huile.

FIG. 12 et 13. — Schéma montrant l'utilisation de la vapeur d'échappement.

du Grand Trunk Railway (États-Unis), le dispositif de graissage des boudins des roues comprend un réservoir d'huile alimentant un cylindre, dans lequel arrive un jet d'air comprimé qui chasse l'huile dans quatre branchements aboutissant aux boudins des roues motrices, à la hauteur du centre de l'essieu. L'envoi de l'air comprimé se fait par une valve à commande électrique; on ne fait fonctionner la distribution d'huile qu'aux points où le graissage est nécessaire.

Sur le Baltimore Ohio and Pennsylvania Railroad, le graissage se fait d'une manière analogue, avec réchauffeur électrique.

Des schémas de ces graisseurs électro-pneumatiques sont donnés par l'*Electric Railway Journal* du 22 juin 1912, p. 1073, et par le *Railway Master Mechanic* de juillet 1912.

d) GRAISSES CONSISTANTES. — Lorsque le nombre de machines à munir d'un graisseur de roues est considérable et que les courbes de la voie sont peu nombreuses, il peut y avoir intérêt à ne rien faire sur les locomotives et à placer, à l'origine de chaque courbe, un appareil qui lubrifie au passage les roues des locomotives. Les deux exemples suivants se rapportent à ce genre d'installations.

Graissage par compression. — M. E. J. Neachell, directeur du Liverpool Overhead Railway, ayant constaté sur son chemin de fer, qu'au voisinage des courbes, les contre-rails de la voie venaient frotter contre les bandages, faisant naître ainsi une résistance nuisible et occasionnant des usures anormales, fit installer, au commencement de chaque courbe, un appareil ainsi disposé :

Une boîte en bois, pleine de graisse consistante, contient un piston carré qui peut pousser la graisse contre l'une des parois de la boîte et la faire saillir, sous forme de boudins, par un certain nombre de trous percés au travers de cette paroi. La boîte est placée près du rail, de manière que les roues en passant près de la boîte cueillent la graisse, s'en imprègnent et lubrifient les contre-rails en venant frotter contre eux.

Une pédale placée en avant de la courbe est abaissée par les roues de la machine au moment ou celle-ci va pénétrer dans la courbe; cette pédale, équilibrée par un contrepoids, actionne par un levier et un rochet la tige du piston qui est filetée et munie d'un écrou solidaire du rochet.

L'emploi de ce graisseur, dont on trouvera le croquis détaillé dans l'*Engineer* du 17 décembre 1909, page 632, a permis de réduire de 50 °/₀ l'usure des bandages.

Digitized by Google

Graissage par contact. — L'appareil, représenté par les figures 14 à 16, breveté au nom de M. Albert Lefebvre et construit par lui, est en service au Métropolitain de Paris et au Nord-Sud, où il donne d'excellents résultats au point de vue de la diminution d'usure des bandages et des rails. Il se compose d'une cuve rectangulaire allongée, A, fixée à l'origine de la courbe, sur la face intérieure du rail, et tenue par des boulons B. Dans cette cuve qui contient de la graisse semi-fluide, se

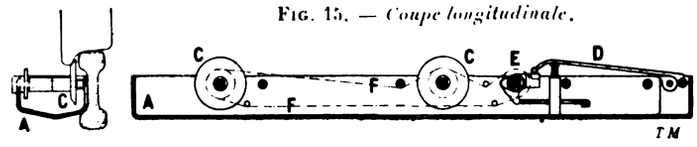


FIG. 15. — *Coupe longitudinale.*

FIG. 14. — *Coupe transversale.*

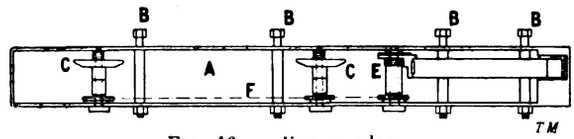


FIG. 16. — *Vue en plan.*

FIG. 14, 15 et 16. — Graisseur fixé au rail.

trouvent deux galets C placés de manière que, lorsqu'un véhicule parcourt la voie, ils viennent porter contre les boudins des roues et les enduisent de matière lubrifiante. A cet effet, lorsqu'un véhicule attaque la courbe, la roue appuie sur une pédale D, qui fait mouvoir une roue à rochet E, reliée aux galets C par une chaîne F qui les fait tourner. La partie inférieure des galets qui plongeait dans la graisse se relève ainsi et vient toucher le boudin de la roue ; le passage de chaque essieu fait faire un mouvement de rotation aux galets C, qui apportent chaque fois un peu de matière lubrifiante à la roue qui les frotte.

d) GRAISSE DURE. — Deux systèmes de graissage à la graisse dure sont plus particulièrement connus : ce sont le système

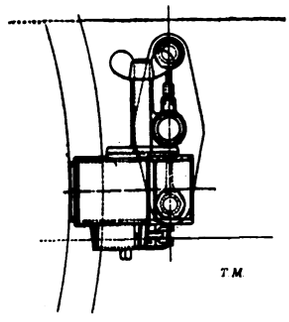


FIG. 17. — *Vue en élévation.*

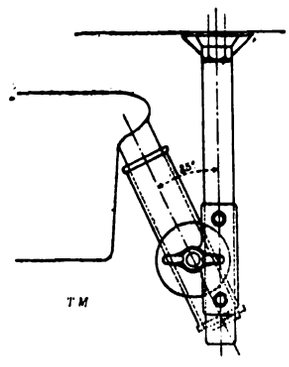


FIG. 18. — *Vue en plan.*

FIG. 17 et 18. — Dispositif de lubrification à l'aide d'un bâton de graisse dure, système Collins.

Collins et le système Turnbull, qui emploient tous deux des bâtons de graisse solide appliqués par un ressort contre les boudins des roues. Le dispositif du graisseur Collins est représenté par les figures 17 et 18.

e) VAPEUR. — Le Pennsylvania Railroad a fait usage, pour graisser les boudins des roues de ses locomotives, de simples jets de vapeur fournis par l'échappement de la pompe à air de la machine. Le tuyau d'échappement se bifurquait en deux branches qui venaient aboutir chacune au droit des boudins des roues d'avant de la machine. Le même dispositif peut fonctionner avec de la vapeur vive.

f) EAU CHAUDE. — On a essayé de répandre sur les boudins des roues, un mince filet d'eau lancé par un jet de vapeur passant par un injecteur. On obtenait ainsi une lubrification à l'eau chaude. Cet essai n'a pas réussi.

g) EAU FROIDE. — *Eau froide distribuée par la gravité.* — Il est toujours facile de disposer, sous une machine, des tuyaux amenant sur les boudins des roues l'eau de la caisse à eau du tender. Ce dispositif a été appliqué par le Chicago Rock Island and Pacific Ry à une dizaine de machines Pacific et à plusieurs machines du type Consolidation, mais il s'est peu répandu, car il occasionne des ennuis en hiver, par suite de la congélation des tuyaux.

FIG. 19. — *Elévation.*

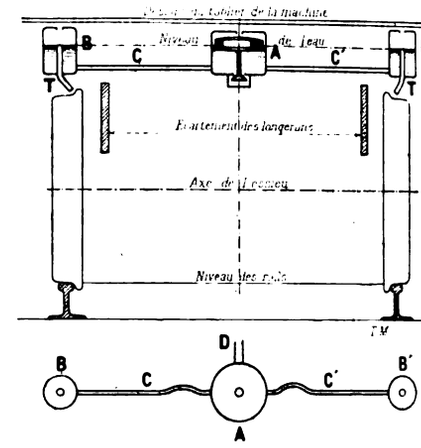


FIG. 20. — *Vue en plan.*

FIG. 19 et 20. — Dispositif de lubrification par l'eau froide.

Eau froide distribuée par la force centrifuge et la gravité. — Ce mode d'arrosage des boudins des roues a été résolu d'une manière assez originale par M. Riches, ingénieur en chef de la Traction à la Compagnie du Taff vale Railway (voir *Institution of Mechanical Engineers*; *Proceedings*, août 1884, et *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1885) (fig. 19 et 20).

A l'avant des roues et au-dessous du tablier, est placé un réservoir A en communication avec la caisse à eau de la machine ou du tender par un tuyau D ; la position de ce réservoir en hauteur est telle qu'il est en charge par rapport au contenu de la caisse à eau ; toutefois, la communication avec celle-ci est subordonnée au jeu d'une soupape à flotteur qui permet d'arrêter le niveau de l'eau à une hauteur déterminée. Deux autres réservoirs B, B', en communication permanente avec le premier par des tuyaux C, C', sont placés chacun au droit de l'une des roues. Dans chacun de ces réservoirs est fixé verticalement un tuyau T, qui monte jusqu'à une certaine hauteur dans le réservoir et qui descend jusqu'au bandage à arroser. L'eau du réservoir central arrive librement dans les réservoirs latéraux, et son niveau est réglé de façon qu'il atteigne le dessus des tuyaux placés à l'intérieur de ces réservoirs. Lorsque la locomotive est en alignement droit, c'est-à-dire sur deux rails placés à la même hauteur par rapport à l'horizontale, l'eau des trois réservoirs est de niveau. Mais dès que la machine attaque une courbe, l'eau est chassée par la force centrifuge vers l'extérieur de la courbe, son niveau s'élève et dépasse le tuyau vertical fixé au réservoir ; elle s'écoule par ce tuyau sur le boudin de la roue qui se trouve ainsi lubrifié. A mesure que l'eau de ce réservoir disparaît, elle est remplacée par celle venant du réservoir central, alimenté lui-même par le jeu de sa soupape à flotteur.

Pour terminer cette note, ajoutons que l'association des *Masters Mechanic* des chemins de fer américains, a longuement étudié le graissage des boudins des roues. Dans son Assemblée générale de 1912, elle a adopté les conclusions suivantes :

1° L'efficacité du graissage des boudins des roues dépend des circonstances locales ;

2° Le graissage des boudins des roues a prouvé son utilité comme moyen de réduire l'usure des bandages ;

3° L'effet du lubrifiant employé sur les boudins des roues motrices décroît rapidement à mesure que la longueur des machines augmente ;

4° Le graissage des boudins des roues diminue l'usure des rails lorsque les courbes de faible rayon sont fréquentes ;

5° Le graissage des boudins des roues n'a pas, sur la résistance des trains, un effet tel qu'on doive en tenir compte dans le tonnage des trains.

P. B. D'A.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Appareil système Podolsky et Strauss pour le relevage du matériel déraillé.

Un assez grand nombre d'appareils ont été imaginés pour remettre sur rails les véhicules qui en sont accidentellement sortis; un des procédés les plus simples consiste à utiliser la puissance de traction de la locomotive, en guidant, par des engins spéciaux, les roues à ramener sur la voie.

Le seul point délicat que puisse présenter l'emploi d'une solution de ce genre consiste dans la détermination de la forme à donner à l'engin de guidage et dans le choix de matériaux présentant une résistance suffisante; de plus, il est nécessaire que l'appareil puisse se fixer solidement sur le rail et se prête à l'adaptation aux différents profils.

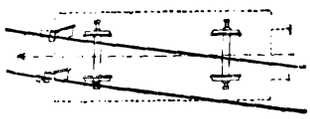


FIG. 1. — Schéma de la mise en place des patins.

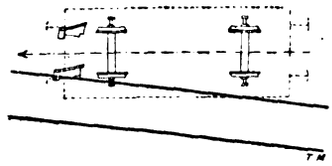


FIG. 2. — Schéma de la mise en place des patins dans le cas où un véhicule est fortement écarté de sa voie.

L'appareil étudié par MM. Podolsky et Strauss, en vue de répondre à ces diverses considérations, est construit en acier fondu; les patins ont un profil simple, permettant leur emploi dans tous les cas, même sous les roues des locomotives les plus lourdes, et leur mise en place peut être faite en quelques minutes.

Les dimensions de l'appareil Podolsky et Strauss sont les suivantes : longueur, $1^m,10$; largeur à l'avant, $0^m,35$; largeur à l'arrière, $0^m,50$; hauteur à l'avant, $0^m,25$; hauteur à l'arrière, $0^m,075$; aucun organe n'est mobile, sauf une très forte vis de calage placée à l'avant.

Pour la mise en œuvre (fig. 1), les patins de relevage sont placés immédiatement en avant des roues déraillées et fixés par la vis de calage.

Des essais faits par les chemins de fer de l'État hongrois ont démontré que, pour la remise sur rail d'une locomotive de 67 t,

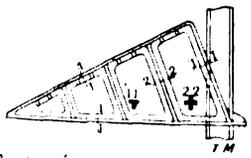


FIG. 3. — Élévation du triangle de rappel.

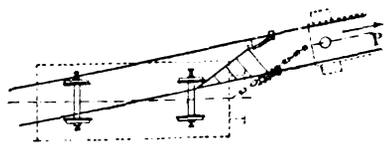


FIG. 4. — Schéma de l'utilisation du triangle de rappel.

dont les dix roues étaient distantes de $0^m,350$ des rails, il suffisait de huit minutes pour la mise en place des sabots et, d'une minute à peine après le démarrage, pour la remise sur rails.

Les avantages principaux de cet appareil peuvent se résumer comme suit :

1° Le patin repose entièrement, à l'avant et à l'arrière, sur les traverses, ce qui lui donne une grande stabilité;

2° Le mode de construction évite que des efforts destructeurs puissent s'exercer sur la voie pendant le relevage;

3° Le guidage s'oppose à la chute des roues de l'autre côté du rail;

4° On peut effectuer le relevage en démontant simplement quelques pièces basses des machines ou des véhicules déraillés.

Au cas où un véhicule déraillé est fortement écarté de sa voie, on applique les patins suivant les dispositions indiquées par la figure 2 puis, après rapprochement, on revient au dispositif représenté par la figure 1.

Une pièce triangulaire en acier fondu (fig. 3) permet de ramener près de la voie les roues les plus éloignées; on peut également employer cet organe avec avantage lorsqu'on ne dispose d'un effort de traction que dans le sens indiqué par la flèche P (fig. 4).

Les chemins de fer de l'État hongrois, satisfaits des résultats obtenus, ont muni d'appareils de ce genre un certain nombre de leurs fourgons de secours. A. S.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Notes sur les conditions d'installation et d'entretien des transformateurs statiques à haute tension.

RÉCEPTION, INSPECTION ET NETTOYAGE. — Tous les transformateurs sont nécessairement sujets à absorber l'humidité, et la première règle à observer est de ne pas les laisser exposés aux intempéries ou remisés dans un local humide. Que l'appareil soit fourni démonté ou monté, il est nécessaire de le soumettre à un examen approfondi avant d'en commencer l'installation : on le nettoie soigneusement, on vérifie toutes les pièces et particulièrement les fils de liaisons, les bornes de connexion, etc.; les supports des bobines doivent également être vérifiés attentivement; il faut qu'ils s'appliquent très exactement sur les bobines. Si le transformateur est livré dans sa cuve, on l'en retire pour le nettoyer et le vérifier; lorsqu'il est impossible de procéder de la sorte, on nettoye l'appareil par le haut et par le bas, en redoublant de soins.

VÉRIFICATION DES SERPENTINS. — Les serpentins de refrigération doivent aussi être inspectés très soigneusement; le meilleur moyen de s'assurer qu'il n'y a pas de fuite est de remplir le serpentin d'eau, d'établir dans le tube une pression de quelques atmosphères, d'isoler l'appareil du compresseur employé pour cette dernière opération et de vérifier si la pression se maintient; lorsque l'on constate qu'elle tombe graduellement et après que l'on a acquis l'assurance que les fuites n'ont pas lieu aux extrémités, on examine le tube de près, dans toute sa longueur : les gouttelettes d'eau qui apparaissent bientôt aux points troués dénoncent l'emplacement de ceux-ci. Pour le cas où l'on ne désire pas retirer le transformateur ou le serpentin de la cuve, on peut procéder de la manière suivante : on remplit le tube de réfrigération d'huile de qualité correspondant à celle employée pour le transformateur lui-même, et l'on établit une légère pression, dont on observe la chute au manomètre; enfin, on peut encore laisser le serpentin dans le bain d'huile et y refouler de l'air sous pression; les bulles d'air qui viennent crever à la surface du bain permettent de localiser les détériorations, s'il y en a.

SÉCHAGE DU TRANSFORMATEUR. — Il est difficile de déterminer d'une façon mathématique dans quelles circonstances l'on doit sécher spécialement des transformateurs que l'on installe; du moment que l'on suppose que les appareils ont été exposés à l'humidité, soit au moment de l'expédition, soit au cours des opérations de transport, soit à l'arrivée, il est indispensable de les sécher à fond. On peut admettre en outre qu'il est bon de sécher tout transformateur à 15 000 volts et plus et tout transformateur de 1 000 kilovolt-ampères et plus.

Digitized by Google

Procédés de séchage. — Deux méthodes de séchage sont principalement utilisables pour le traitement de transformateurs avant la mise en service :

Première méthode. — Le transformateur est laissé dans sa cuve; les extrémités du serpentin sont débouchées. Dans le transformateur on fait passer un courant d'air chaud; l'air est introduit par la soupape inférieure et il sort par le trou d'homme du couvercle; le trou d'homme est obturé plus ou moins, de manière que la circulation de l'air se fasse exactement à la vitesse voulue pour donner un bon séchage. La température de l'air à l'entrée dans la cuve ne doit pas dépasser 90° C; l'industrie électrique fournit actuellement des équipements de séchage spéciaux pour le traitement des transformateurs; ces équipements se composent essentiellement d'un compresseur, d'un radiateur et d'un filtre à air; dans les installations ordinaires, le compresseur absorbe une puissance de 2 ch approximativement; il est ordinairement commandé électriquement, mais il est combiné de façon à pouvoir aussi être actionné au moyen d'un moteur primaire de type quelconque; le radiateur, ou chauffe-air, est habituellement chauffé à l'électricité; pour un appareil de capacité normale, il absorbe de 20 à 25 kilovolt-ampères; le filtre à air est garni de toiles destinées à retenir les poussières; ces toiles sont renouvelées aussi souvent que de besoin (fig. 1).

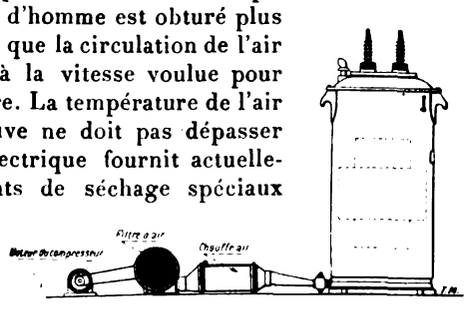


Fig. 1. — Dispositif de l'installation de séchage.

Deuxième méthode. — La seconde méthode consiste à chauffer le transformateur électriquement; elle ne doit être appliquée qu'en cas de nécessité absolue; elle se pratique de préférence avec le transformateur retiré de sa cuve; on peut aussi opérer en laissant l'appareil dans l'enveloppe, mais il faut alors ouvrir largement les orifices de vidange et le trou d'homme, afin que la circulation de l'air se produise librement; le courant est établi sur l'un des enroulements, tandis que l'autre est court-circuité; on donne une intensité de courant telle que l'appareil s'échauffe d'environ 80° C; cette intensité correspond ordinairement à 0,5 ou 1,5 °/₀ de l'intensité normale. La température de l'enroulement est déterminée autant que possible d'après l'augmentation de résistance du bobinage.

Détermination de la température de l'enroulement. — On peut admettre, à titre d'approximation, que chaque augmentation de 1 °/₀ de la résistance correspond à une augmentation de température de 2 1/2 °/₀.

Si l'on ne dispose pas de l'outillage nécessaire pour l'application de cette méthode, on peut prendre directement la température de l'enroulement en plaçant l'ampoule d'un thermomètre à alcool contre les bobines à basse tension, à la partie supérieure de celles-ci; l'ampoule doit être appliquée bien nettement contre les bobines; c'est pourquoi il vaut mieux prendre contact avec celles à basse tension; les bobines à haute tension sont moins accessibles.

Durée de l'essai. — La durée du séchage dépend naturellement de l'état du transformateur au moment où l'on entame l'opération, de sa taille, de sa nature, de l'énergie de la dessiccation, etc.; pour des transformateurs à moins de 20 000 volts, la durée du séchage peut être limitée, dans les cas ordinaires, à vingt-quatre heures; pour les appareils à 20 000-30 000 volts, elle est de quarante-huit heures au moins; pour ceux à 30 000-40 000 volts, elle ne doit pas être inférieure à soixante-douze heures; on doit aussi tenir compte, comme nous l'avons dit, de la taille des transformateurs; la limite des vingt-quatre heures convient pour des transformateurs de 100 kilovolt-ampères et moins; pour des transformateurs de 200 kilovolt-ampères jusqu'à 500, elle doit être portée à trente-six heures; entre 500 et 1 000 kilovolt-ampères, il faut quarante-huit heures; de 1 000 à 2 000, soixante heures, etc. Ces limites peuvent être réduites un peu si l'on a des raisons de supposer que le transformateur est en bon état, mais on ne doit jamais descendre en dessous de vingt-quatre heures; au contraire, il faut les relever si le transformateur a été très exposé.

Séchage de l'huile. — Aussitôt qu'il a été séché, le transformateur doit être placé dans son bain d'huile. Le liquide est généralement fourni dans des barils ou des cuves; les récipients sont scellés hermétiquement; il est parfois nécessaire cependant de le soumettre à une dessiccation soignée. Ce traitement s'effectue d'après les procédés usuels; on emploie également pour cette opération des machines spéciales.

Remplissage des cuves. — Les différents dispositifs accessoires du transformateur ayant été remis en place, après avoir été nettoyés convenablement, et le transformateur lui-même ayant été bien vérifié et examiné de la façon que nous avons dite, on procède au remplissage de la cuve. Le liquide est déversé ou pompé sur un filtre. Ordinairement, on ne s'inquiète pas de savoir si le liquide peut ou non être altéré par le passage dans des tuyaux en caoutchouc; il semble cependant que l'emploi des tuyaux de ce genre devrait être évité, parce que le soufre qu'ils abandonnent dans le liquide est susceptible de nuire aux conducteurs en cuivre du transformateur.

Filtre. — Le filtre est formé de carcasses en bois conditionnées de la façon montrée par la figure 2; sur cette carcasse, on tend d'abord une toile métallique, puis un tissu serré; on met deux couches de tissu sur les faces latérales et une sur les faces supérieure et inférieure; la toile métallique sert de support au tissu. Le filtre est tel qu'il faille de quatre à six minutes pour y faire passer un baril d'huile. Lorsque le transformateur est rempli, on laisse reposer le liquide pendant une douzaine d'heures. On peut se passer des filtres mobiles lorsque l'on dispose d'un filtre-presse.

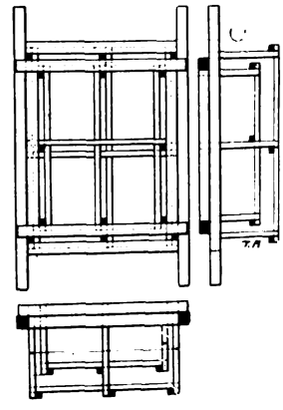


Fig. 2. — Châssis du filtre.

Epreuves de l'huile. — Au bout des douze heures de repos prévues, on prélève quelques échantillons d'huile dans le fond de la cuve et on les soumet aux essais; on a soin de s'entourer de toutes les mesures voulues pour que ces échantillons soient pris dans de bonnes conditions; les précautions à observer se rattachent au traitement des huiles, dont nous parlerons ultérieurement.

Mise en service des transformateurs. — Le transformateur étant en ordre de marche, on en relie les serpentins au réservoir à eau de réfrigération; on ne peut prendre l'eau de réfrigération dans les parties supérieures des réservoirs, parce que l'on risquerait ainsi de soumettre les parois intérieures des tubes à une oxydation rapide. Avant d'établir la circulation du liquide, on scelle au ciment de Portland les orifices d'entrée et de sortie des canalisations et on les garnit de pièces de protection. Le couvercle du transformateur doit être fermé avant l'établissement du circuit, mais on laisse un orifice pour l'échappement des gaz qui pourraient être accumulés dans l'appareil. Reste enfin à connecter les parafoudres.

Surveillance des transformateurs. — S'il est vrai que les transformateurs statiques ne demandent pas les soins assidus et constants qu'exigent d'autres appareils, ils n'en exigent pas moins aussi certaine surveillance. Il en est ainsi surtout pour les transformateurs qui sont refroidis par un procédé artificiel quelconque. Un transformateur à circulation d'eau ne peut être maintenu en service si pour une cause quelconque la circulation

Digitized by Google

vient à être arrêtée; du moins faut-il alors en réduire la charge et le surveiller attentivement; la température dans les parties supérieures doit absolument rester inférieure à 80° C; c'est là une limite tout à fait extrême et que l'on ne peut tolérer que pendant quelques instants, en cas de nécessité absolue.

Enlevage des dépots. — L'eau de circulation abandonne des dépôts dans les serpentins; ces dépôts se forment plus ou moins rapidement selon la qualité de l'eau employée et selon la température à laquelle le transformateur fonctionne. Les dépôts nuisent à la circulation de l'eau et empêchent les échanges thermiques entre les tuyauteries et le bain; pour les enlever, on fait écouler tout le contenu des serpentins, on charge une solution d'acide chlorhydrique au 1/10, on l'y laisse séjourner pendant une heure environ, puis on le chasse par un courant d'eau pure; on répète cette opération aussi longtemps qu'il le faut pour nettoyer complètement les conduites; les réactions chimiques sont très énergiques; elles donnent lieu à des projections de sédiment, d'acide, etc.; il est bon de laisser le serpentin ouvert à ses deux extrémités. Les huiles donnent aussi des dépôts; on doit les enlever en temps voulu; pour reconnaître la présence de ces dépôts, on dégage légèrement les serpentins en faisant écouler un peu d'huile et on les examine; on peut aussi vérifier les tuyaux au toucher.

Surveillance de l'huile. — De temps à autre, on prélève des échantillons d'huile dans les parties inférieures du bain et on les soumet aux essais; d'une façon générale, ces épreuves doivent être effectuées semestriellement; pour les transformateurs à haute tension, à partir de 40 000 volts, elles doivent même être faites de semaine en semaine pendant le premier mois de service. Lorsque, par les essais, on reconnaît que l'huile ne possède plus la rigidité diélectrique nécessaire, on peut la traiter sans vider le transformateur en recourant au filtre-presse : on la pompe à la partie inférieure, on la fait passer dans le filtre et on la ramène à la partie supérieure de la cuve. L'aspiration est réglée de manière que le niveau du liquide reste suffisamment haut dans la cuve; s'il s'agit notamment d'un transformateur à tubes de réfrigération extérieurs, on doit avoir soin de faire en sorte que la circulation du liquide ne soit pas interrompue dans ces tubes.

Renouvellement du bain. — On doit renouveler le bain s'il arrive que, par suite d'un échauffement prolongé, le liquide forme sur les surfaces intérieures un dépôt de 2 ou 3 mm d'épaisseur. Avant de charger du liquide propre dans la cuve, il faut nettoyer entièrement le transformateur.

Température. — La température doit être observée une fois par jour au moins; si on constate qu'elle dépasse 80° dans le cas des appareils à réfrigération naturelle ou 65° dans le cas des transformateurs à ventilation par circulation d'eau, on arrête immédiatement le transformateur et l'on recherche les causes de cet échauffement excessif. De toute façon, on évite de faire fonctionner le transformateur sous des charges pour lesquelles il n'est pas conditionné; s'il s'agit d'un transformateur à circulation d'eau, du moment qu'on le surcharge on doit augmenter la circulation d'eau; mais cela ne dispense pas de surveiller étroitement le fonctionnement de l'appareil, au contraire, car la température des enroulements tend alors à s'élever d'une façon anormale. Les compartiments dans lesquels les appareils sont installés doivent être ventilés très convenablement; il ne faut pas que la température des salles de transformateurs dépasse de plus de 5° celle de l'air à l'entrée; celui-ci doit être pris à l'extérieur. Pour éviter les condensations sur les transformateurs, il est bon de maintenir la température du bain à une dizaine de degrés au-dessus de la température normale; dans les climats humides, cette condition doit être réalisée même lorsque le transformateur ne sert pas; on y satisfait facilement en mettant le transformateur sous tension pendant quelques heures par jour. Dans les climats chauds, on doit au contraire veiller à ce que les transformateurs refroidis par circulation d'eau ne soient pas amenés à une température inférieure à celle du milieu ambiant; la nécessité de maintenir la température du bain à une dizaine de degrés au-dessus de la température extérieure reste entière.

Liaisons. — Les transformateurs à noyau ne peuvent être maintenus en service si l'une des phases vient à manquer; les transformateurs en manteau peuvent ne pas être mis hors d'usage dans ce cas et fonctionner avec deux phases, mais on doit avoir soin alors de court-circuiter les deux enroulements de la phase endommagée. On ne peut utiliser en parallèle que des transformateurs établis spécialement pour être employés de cette manière. A défaut de cela, si l'on veut faire marcher ensemble des appareils dont on dispose, le mieux est de demander l'intervention du constructeur (1). H. M.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Relations entre la force motrice absorbée, la vitesse de coupe et la quantité de métal enlevé.

Afin d'assurer les conditions de l'économie de fonctionnement et le maximum de production pratique des machines-outils employées dans les ateliers de constructions mécaniques, il est utile de connaître les rapports qui existent entre la dépense de force motrice, la vitesse de la coupe et le poids des copeaux enlevés par une machine-outil.

Nous allons examiner, pour chaque catégorie de machine-outil, les rendements théoriques que l'on devrait obtenir et les rendements pratiques les plus satisfaisants qu'ont donné les essais réalisés dans les usines.

On sait que le tour est la machine qui donne le meilleur rendement, mais à condition d'observer les principes suivants : 1° la pression de l'outil sur la pièce à travailler peut atteindre jusqu'à 180 kg par millimètre carré de la section coupée, pour l'acier dur; 120 kg pour l'acier doux et 95 kg pour la fonte, la section coupée étant évaluée par le produit de la largeur de la partie entamée par l'épaisseur du métal enlevé à chaque tour; 2° la vitesse de coupe doit être choisie de façon à obtenir un copeau épais; tous les praticiens savent qu'une coupe épaisse opérée à vitesse réduite est préférable à une coupe mince détachée à grande vitesse.

Pour un tour ayant 915 mm de hauteur de pointes au-dessus du banc, on a reconnu, dans cet ordre d'idées, que la coupe devait avoir 24 mm de largeur sur 6 mm d'épaisseur, ce qui donnait une section de coupe de 144^{mm^2}, détachée à une vitesse de $6^m,10$ par minute. Pour un tour de 152 mm de hauteur de pointes, la coupe devait avoir $4 \times 1 = 4^{mm^2}$, de section détachée à la vitesse de 59 m par minute. Dans ces conditions de travail, avec une variation de vitesse de 1 à 3 entre les vitesses extrêmes, on a mesuré qu'un tour commandé par courroie absorbe les puissances de 5-7,5-10-15-30-40 et 60 ch, selon que son importance donne les hauteurs des pointes de 152-216-267-305-457-610 et 915 mm.

Théoriquement, le travail en kilogrammètres par seconde développé pendant le tournage s'évalue $T = Es\frac{\pi Dt}{60}$. E étant l'effort maximum exercé sur l'outil par unité de section du métal enlevé, D étant le diamètre maximum de la partie tournée, t le nombre de tours de cette pièce par minute, et s la section du métal enlevé à chaque passe. Ce travail est proportionnel au poids de métal enlevé par seconde.

La raboteuse vient aussitôt après le tour comme masse de métal enlevé. Une de ces machines peut détacher par minute une surface de 930 cm^2 sur une épaisseur de 8 mm en absorbant

(1) H. H. Hodgman : Some notes on the installation and operation of high-voltage transformers, *General Electric Review*, décembre 1912, p. 746.

Digitized by Google

comme force motrice de 6,7 à 8,9 ch par kilogramme de copeaux enlevés par minute dans de l'acier, et de 4,5 à 6,7 ch, dans de la fonte.

Avec les raboteuses modernes, dont la table a les dimensions habituelles de 610 × 610 mm à $2^m,440 \times 2^m,440$, la vitesse de coupe varie depuis 9 à 27 m jusqu'à 6 à 18 m par minute; la vitesse du retour rapide variant de 60 à 42 m par minute, quand la force motrice absorbée passe de 7,5 à 37 ch.

Les ÉTAUX-LIMEURS et les MORTAISEUSES, dont le mode de travail ressemble beaucoup à celui des raboteuses, présentent l'avantage de ne pas nécessiter le renversement du sens de rotation des organes de commande pour effectuer la course du retour rapide, ce qui permet de leur donner une vitesse plus grande. Sur des mortaiseuses dont la course de l'outil variait entre 152 et 245 mm, avec une vitesse de 65 à 45 coups par minute, pour une longueur de coupe de 9,5 à 16 mm sur une profondeur de 1,3 mm, le poids des copeaux enlevé par minute a varié de 900 à 1 800 gr; la vitesse de retour, double de celle d'aller, allait de 30 à 34 m, et la puissance absorbée passait de 7,5 à 15 ch.

Dans la pratique américaine, les étaux-limeurs sont construits pour une longueur de course entre 355 et 914 mm, avec un nombre de courses variant de 10 à 130 jusqu'à 6 à 70 par minute, pour une force motrice de 3 à 10 ch.

Théoriquement, le rabotage est analogue au tournage et donne lieu aux mêmes calculs pour l'évaluation du travail développé qui est $T = EsV$; T, E et s ayant les mêmes valeurs que dans la formule donnée précédemment pour le tournage, et V étant la vitesse de déplacement de l'outil ou de la pièce pendant le rabotage; cette dernière considération s'applique aux mortaiseuses et aux étaux-limeurs dans lesquels l'outil se déplace sur la pièce fixe, mais en produisant les mêmes effets que sur les raboteuses où, au contraire, la pièce se déplace sous un outil fixe.

Les FRAISEUSES sont aussi des machines avantageuses pour faire assez de travail sans grande dépense de force motrice. Leurs changements de vitesse sont établis pour fraiser avec un grand nombre de tours, quand on utilise des petites fraises, et une rotation très lente quand on travaille avec de grandes fraises. Les mouvements d'avance vont de même en s'accélérant avec la diminution du diamètre des fraises. D'après de nombreux essais faits aux ateliers Alfred Herbert et C°, sur une fraiseuse du poids de 1 525 kg, une fraise hélicoïdale de 76 mm de diamètre et 152 mm de longueur de ses huit dents, avec une avance de $20^{mm},10$ par minute a enlevé, par cheval absorbé, jusqu'à 2,16 kg de fonte et 1,092 kg d'acier par minute. On a constaté, pendant ces essais, que dans la fonte il était préférable de faire des passes profondes et lentes et dans l'acier des passes minces et rapides.

D'après des essais faits par l' « American Society of Engineers », avec une fraise à dents rapportées de 203 mm de diamètre et de 457 mm de longueur, montée sur une fraiseuse qui absorbait 97 ch, lorsqu'elle enlevait 36,2 kg d'acier doux à l'heure, avec une vitesse de 23 m, en passes de 9,51 mm, l'avance atteignait 178 mm par minute. D'après ces résultats, le calcul a montré que cette fraiseuse emploierait, en plein travail, 300 ch, en enlevant 68 kg de copeaux, à la vitesse de 55 m par minute.

La pratique a montré que les fraises à lames rapportées font un meilleur service que les fraises d'un seul bloc, car avec les premières les angles de coupe peuvent être plus aigus et le dégagement des copeaux se fait mieux. La vitesse varie avec la nature des travaux à effectuer : la moyenne la plus convenable est de 20 m par minute. L'avance peut varier de 12,7 à 762 mm par minute. On remarque aussi que, dans certains cas, un tiers de la force motrice peut être absorbé par les engrenages de commande du mouvement d'avance, quand les passes sont trop profondes.

Le fraisage absorbe, en kilogrammètres par secondes, un travail $T = \frac{\pi dn}{60} E$, d est le diamètre de la fraise, n son nombre de tours par minute, et E l'effort tangentiel exercé sur la fraise.

Les MACHINES A PERCER RAPIDES montrent une puissance de pénétration remarquable : un foret de $25^{mm},4$ de diamètre s'enfonce de 457 mm par minute dans la fonte et de 305 mm dans l'acier doux; mais ces vitesses exceptionnelles ne peuvent être adoptées en pratique, car elles réclameraient des affûtages très soignés et des forets en excellent état d'entretien; sans quoi ces outils se brisent fréquemment et on se trouve bien de réduire ces vitesses de moitié, l'expérience enseignant qu'il est préférable d'opérer avec un outil puissant, ne tournant pas trop vite, qu'avec un outil rapide s'enfonçant peu à chaque tour.

Avec une perceuse très rigide et en n'affûtant les forets qu'après une heure et demie de travail continu, avec ces outils dont le diamètre variait de $6^{mm},4$ à $101^{mm},6$, et une avance par tour passant de $0^{mm},16$ à $0^{mm},40$ pour l'acier doux, et de $0^{mm},19$ à $0^{mm},48$ pour la fonte douce, et un nombre de tours par minute variant de 2 820 à 45 pour l'acier doux et de 2 560 à 40 pour la fonte douce, la puissance nécessaire n'a pas dépassé 9 ch pour le forage le plus dur, celui de l'acier.

Les conditions du perçage varient aussi avec chaque genre de travail; on peut travailler à des vitesses de 6 ou de 24 m par minute, avec des avances au foret de $0^{mm},51$ à $1^{mm},27$ par tour.

Le travail théorique absorbé par un foret de perçage, en kilogrammètres par seconde, est $T = \frac{\pi dEt}{45}$; d est le diamètre du trou à forer, E l'effort maximum exercé sur le foret pour détacher les copeaux, et t le nombre de tours de ce foret par minute. Le dénominateur 45 tient compte de ce que l'effort E s'applique en un point situé à une distance du centre égale au tiers du diamètre du foret, et que pendant le perçage, deux copeaux sont formés en même temps par le double taillant du foret.

Ce sont les MACHINES A RECTIFIER qui font le travail le plus cher, si l'on considère le peu de métal enlevé, mais il n'en est pas de même si l'on envisage le fini du travail. On construit des machines de très grande puissance qui terminent des arbres de 915 mm de diamètre sur 10 m de longueur. Ces machines sont actionnées par trois moteurs indépendants : le premier, de 16 ch, assure la rotation de la pièce à rectifier; le second, de 30 ch, fait tourner la meule, dont le troisième, de 5 ch, effectue le mouvement de déplacement parallèlement à la pièce en usinage. Il est toujours avantageux d'augmenter la vitesse de rotation de la meule et la rapidité de son déplacement, en réduisant la vitesse de rotation de la pièce à rectifier. Suivant la qualité et la nature de la meule, et d'après le fini du travail à obtenir, la vitesse périphérique de cette meule varie de 1 200 à 1 800 m par minute.

Quant à la force motrice nécessaire pour la rotation de la meule, on compte 2 ch pour une meule de 305 mm de diamètre et 102 mm d'épaisseur. Et pour le déplacement longitudinal de cette meule et la rotation de la pièce à rectifier, on compte une puissance une fois et demie plus grande, soit 3 ch.

Une machine à rectifier, dont la meule avait 610 mm de diamètre et 51 mm d'épaisseur finissant un arbre dégrossi sur un tour où l'outil avançait de $2^{mm},1$ par tour, enlevait $0^{mm},25$ en six minutes, pour un diamètre final de $101^{mm},6$ et une longueur de 915 mm. Une tige de piston ayant 19 mm de diamètre et 772 mm de longueur qui avait été tournée avec une avance de $4^{mm},2$, fut rectifiée en quatorze minutes en enlevant $0^{mm},8$ sur son diamètre. La vitesse de la meule était circulairement de 2 000 m par minute; celle de la pièce $13^m,7$ par minute et l'avance de la meule de 203 mm par minute.

Le travail théorique, en kilogrammètres par seconde, absorbé par le meulage d'une pièce est $T = E\frac{\pi dt}{60}$; E est l'effort tangen-

Digitized by Google

tiel sur la meule, d le diamètre de cette meule et t son nombre de tours par minute.

Pour chacun des genres de machines-outils examinés, les écarts que l'on pourrait constater entre les meilleurs résultats obtenus en service et les résultats théoriques, montreront les facteurs qui ont le plus d'influence en pratique. E. GAY.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

La formule d'Euler et ses transformations.

On se sert couramment de la formule d'Euler pour le calcul des pièces chargées debout. La formule originale peut être beaucoup simplifiée.

Ce sont ces transformations qui font l'objet de cette note.

La formule ordinaire a la forme ci-dessous :

$$P_1 = k\pi^2 \frac{EI}{l^2}.$$

P_1 est la charge capable de briser la barre.

k est un coefficient variable, dépendant de la manière dont les bouts de la pièce sont fixés et dont nous verrons les valeurs plus loin.

$\pi = 3{,}1416$.

E est le module d'élasticité.

I = le plus petit moment d'inertie de la section envisagée.

l = longueur libre de la pièce.

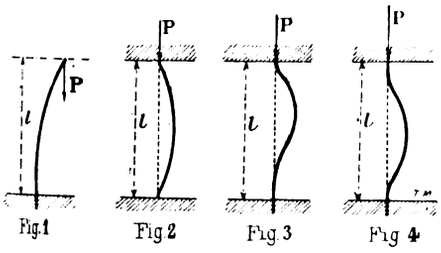


FIG. 1. — Pièce encastrée à un bout, libre à l'autre. — FIG. 2. — Deux bouts libres guidés suivant l'axe primitif de la pièce. — FIG. 3. — Une extrémité encastrée, l'autre guidée suivant l'axe. — FIG. 4. — Les deux bouts sont encastrés.

Dans le cas de la figure 1, un bout de la pièce est encastré et l'autre est libre.

$$k = \frac{1}{4}.$$

Si (fig. 2) les deux bouts sont libres, mais guidés suivant l'axe primitif de la pièce, on a :

$$k = 1.$$

Si un bout de la barre est encastré, tandis que l'autre est guidé suivant l'axe primitif (fig. 3), on doit alors prendre :

$$k = 2.$$

Si, au contraire, les deux bouts sont encastrés (fig. 4) :

$$k = 4.$$

Nous n'envisagerons ici que la formule au point de vue des pièces en fer, ou acier, faisant partie de la construction des charpentes métalliques. Ces barres, quoique assemblées par rivets, sont toujours envisagées comme si elles étaient parfaitement articulées. Les deux bouts de la barre sont alors simplement guidés. La valeur de k étant 1, la formule prend la forme :

$$P_1 = \frac{\pi^2 EI}{l^2}.$$

La pièce doit être calculée à compression simple si : pour une section circulaire de diamètre d, l est plus petit que 10 pour la fonte, 24 pour le fer et l'acier, 11 1/2 pour le bois.

En pratique, il faut tenir compte, pour le calcul des pièces, d'un certain coefficient de sécurité. On a :

$$P_1 = Pn,$$

P = charge de travail.

n = coefficient de sécurité dont les valeurs habituelles sont 4 ou 5. Certains auteurs admettent cependant 3 et même 2 dans certains cas.

En remplaçant P_1 par sa valeur, on obtient :

$$Pn = \frac{\pi^2 EI}{l^2}.$$

Transformons cette formule :

$$Pnl^2 = \pi^2 EI$$

$$P = \frac{\pi^2 EI}{nl^2}$$

$$I = \frac{Pnl^2}{\pi^2 E}$$

formule donnant le moment d'inertie nécessaire pour que le coefficient de sécurité à la rupture soit n.

$\pi^2 = \overline{3{,}1416}^2 = 9{,}87$, soit 10 en nombre rond.

E, pour le fer et l'acier peut être pris égal à 20000.

$$I = \frac{Pnl^2}{10 \times 20\,000} = \frac{Pnl^2}{200\,000}.$$

En prenant $n = 4$:

$$I = \frac{4Pl^2}{200\,000} = \frac{Pl^2}{50\,000}$$

$$n = 5$$

$$I = \frac{5Pl^2}{200\,000} = \frac{Pl^2}{40\,000}$$

I est donné en mm⁴.

Prenons le cas d'une colonne en fer ayant 4 m de hauteur et devant supporter une charge de 50 000 kg.

On aura, en prenant 4 comme sécurité :

$$I = \frac{50\,000 \times \overline{4\,000}^2}{50\,000} = 16\,000\,000 \text{ mm}^4.$$

Si d est le diamètre du cercle, on a comme moment d'inertie :

$$I = 0{,}05\, d^4.$$

$$0{,}05\, d^4 = 16\,000\,000.$$

$$d^4 = \frac{16\,000\,000}{0{,}05} = 320\,000\,000.$$

$$d = \sqrt[4]{320\,000\,000} = 134 \text{ mm}.$$

La section $= \frac{\pi d^2}{4} = 14\,102$ mm².

La fatigue à compression simple :

$$t = \frac{50\,000}{14\,102} = 3 \text{ kg } 5.$$

On vérifie parfois cette fatigue à l'aide de la formule de Rankine qui tient compte de la flexion produite dans la pièce.

On pourrait, pour une section circulaire pleine, transformer directement la formule :

$$0{,}05\, d^4 = \frac{Pl^2}{50\,000},$$

$$d^4 = \frac{Pl^2}{50\,000 \times 0{,}05} = \frac{Pl^2}{2\,500}.$$

$$d^2 = \sqrt{\frac{Pl^2}{2\,500}} = \frac{l}{50}\sqrt{P}.$$

Nous aurions obtenu :

$$d^2 = \frac{4\,000}{50}\sqrt{50\,000} = 80 \times 224 = 17\,920.$$

$$d = \sqrt{17\,920} = 134.$$

Digitized by Google

En prenant une sécurité de 5, on a :

$$0{,}05\,d^4 = \frac{Pl^2}{40\,000},$$

$$d^4 = \frac{Pl^2}{2\,000},$$

$$d^2 = \sqrt{\frac{Pl^2}{20 \times 100}},$$

$$d^2 = \frac{l}{10}\sqrt{\frac{P}{20}}.$$

La fatigue produite à compression simple est t et a comme valeur :

$$t = \frac{P}{S} = \frac{\pi^2 EI}{nl^2 S},$$

$$I = S\rho^2,$$

S = section,

ρ = rayon de giration,

$$t = \frac{\pi^2 ES\rho^2}{nl^2 S},$$

$$t = \frac{\pi^2 E\rho^2}{nl^2}.$$

Pour une section circulaire :

$$\rho^2 = \frac{\frac{\pi d^4}{64}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{d^2}{16},$$

$$t = \frac{Ed^2\pi^2}{16nl^2} = \frac{10}{16}\frac{Ed^2}{nl^2}.$$

Dans la colonne envisagée plus haut, on aurait :

$$t = \frac{10 \times 20\,000 \times \overline{134}^2}{16 \times 4 \times \overline{4\,000}^2} = 3 \text{ kg } 5.$$

Nous pourrions aussi envisager la formule comme suit :

$$I = \frac{P\eta l^2}{200\,000}.$$

Si la charge P était exprimée en tonnes, et l en mètres, on obtiendrait :

$$I = \frac{1\,000P \times n \times \overline{1\,000}^2 \times l^2}{200\,000} = 5\,000\,nPl^2.$$

On adopte aussi couramment le centimètre comme unité; les moments d'inertie, suivant le cas, ont comme relation :

$$I_{mm^4} = I_{cm^4} \times 10\,000.$$

On obtient ainsi :

$$I_{cm^4} \times 10\,000 = 5\,000 nPl^2,$$

$$I_{cm^4} = \frac{n}{2} Pl^2$$

Pour avoir une sécurité égale à 5, il faut faire :

$$I = \frac{5}{2} Pl^2 = 2{,}5\,Pl^2,$$

P, étant exprimé en tonnes; l, en mètres.

L'exemple que nous avons choisi ci-dessus donne :

$$I = 2{,}5 \times 50 \times 4^2 = 2\,000 \text{ cm}^4.$$

Pour une charge P et un coefficient de sécurité n donnés, I est proportionnel au carré de la longueur. La courbe représentant les variations de I par rapport à l sera donc une parabole.

Pour une charge de 1 t :

$$I = \frac{n}{2} l^2.$$

Ces considérations nous ont amené à tracer le graphique ci-contre (fig. 5). Il donne en cm⁴ le moment d'inertie nécessaire pour qu'une pièce de longueur donnée, chargée debout, puisse supporter une charge de 1000 kgs avec une sécurité donnée.

Nous avons tracé les courbes relatives aux coefficients $n = 2 - 2{,}5 - 3 - 3{,}5 - 4 - 4{,}5 - 5 - 5{,}5$ et 6 pour des longueurs variant de 3 à 10 m.

Les moments d'inertie sont portés suivant les verticales à une échelle de :

$$1 \text{ mm} = 3{,}25 \text{ cm}^4.$$

Prenons l'exemple déjà cité : longueur libre, 4 m; Sécurité, 4.

Il suffit de suivre la parabole 4 jusqu'à l'intersection avec la verticale 4 m. Mesurer la distance de cette intersection à l'horizontale 0.

Elle est de 10 mm, ce qui donne 32,5 cm⁴. Pour une charge de 50 t, on aura donc :

$$32{,}5 \times 50 = 1\,612{,}5 \text{ cm}^4$$
soit 16 125 000 mm⁴.

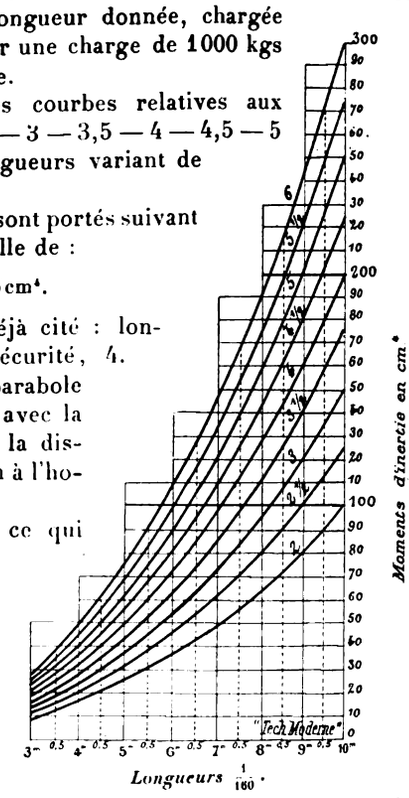


Fig. 5. — Graphique donnant en cm⁴ le moment d'inertie nécessaire pour qu'une pièce de longueur donnée, chargée debout, puisse supporter une charge de 1 000 kgs avec une sécurité donnée.

Échelle : 1 mm = 3,25 cm⁴.

Prenons quelques exemples nouveaux :

1° *Une cornière de* 100 × 100 × 10 *est abandonnée sur une longueur de* 5 *m. Quelle charge peut-elle supporter avec une sécurité égale à* 5*?*

Le moment d'inertie minimum est donné suivant l'axe fn (fig. 6).

On a :

$$I = 730\,000 \text{ mm}^4 = 73 \text{ cm}^4.$$

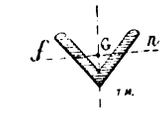


Fig. 6. — Axe pour lequel on a I min. dans une cornière à branches égales.

Prenons le parabole 5. Son intersection avec la verticale 5 m donne une ordonnée de 18,5 mm représentant un moment d'inertie de 62 cm⁴.

La charge admissible sur la cornière.

$$P = \frac{1\,000 \times 73}{62} = 1\,180 \text{ kg}.$$

2° *Une colonne de* 8 *m de hauteur supporte une charge de* 22 000 *kgs. Son moment d'inertie est de* 64 000 000 *mm*⁴*. Quelle en est la sécurité ?*

$$I = 6\,400 \text{ cm}^4.$$

Par tonne :

$$I = \frac{6\,400}{22} = 291.$$

Le graphique donne au maximum, pour 8 m : I = 192.

La parabole 5 avec 8 m de hauteur donne :

Ordonnée = 49 mm I = 159,2 cm⁴.

$$\text{Sécurité} = \frac{5 \times 291}{159{,}2} = 9{,}1.$$

Digitized by Google

Le parabole 2 avec 8 m de hauteur donne :

$$\text{Ordonnée} = 32 \text{ mm.}$$

$$I = 63{,}4 \text{ cm}^4.$$

$$\text{Sécurité} = \frac{2 \times 291}{63{,}4} = 9{,}1.$$

On retrouverait le même résultat pour n'importe quelle parabole :

3° *Quelle est la plus grande longueur que l'on peut donner à une poutrelle de* $\frac{254 \times 152}{8}$ *pour qu'elle puisse supporter* 4 000 *kgs avec une sécurité égale à* 6 ?

Cette poutrelle donne :

$$I = 8\,800\,000 \text{ mm}^4 = 880 \text{ cm}^4.$$

$$\text{Par tonne : } \frac{880}{4} = 220 \text{ cm}^4$$

$$\text{A l'échelle du graphique } \frac{220}{3{,}25} = 68 \text{ mm.}$$

Tracer à 68 mm une parabole à l'horizontale 0. Elle coupe la parabole 6 à la hauteur de 8 m 50.

L'on voit aisément par ces quelques exemples, la facilité de notre diagramme. Retracé à une échelle plus grande et en admettant les longueurs de 0 m 10 en 0 m 10, il donnerait les indications absolument rigoureuses et une économie de temps assez notable.

A. Nachtergal.

MÉTALLURGIE

Fortes transmissions par courroies pour laminoirs.

Des expériences effectuées il y a quelques années ont établi que le rendement des transmissions par courroies était très acceptable, pour des vitesses supérieures à 30 m. Les soins apportés dans le choix de la matière première et dans la confection même des courroies donna à l'emploi de celles-ci une grande extension. Une amélioration importante fut introduite par l'emploi de cuir à faible allongement, haute élasticité et grande résistance à la rupture ; ce résultat fut atteint par tannage à l'écorce de chêne dans le vide. De cette façon, il est possible d'obtenir des courroies très minces et, par conséquent, très légères, donnant des rendements de 0,95 à 0,98, y compris les pertes par raideur, glissement et résistance de l'air.

Pour le calcul des courroies, des tableaux ont été dressés et donnent par centimètre de largeur des courroies, les coefficients de charge basés sur les plus petits diamètres de poulies admissibles et pour de faibles vitesses.

Il faut tenir compte, en outre, de données particulières, telles que petites distances d'axes, grands rapports de transmissions et surcharges. Pour des largeurs supérieures à 400 mm, on recommande les doubles courroies. Les poulies de tension sont à éviter autant que possible, car elles diminuent le rendement ; toutefois, lorsqu'elles sont disposées judicieusement, elles offrent l'avantage de donner à la courroie la tension désirable. En fait, il est nécessaire d'avoir recours à elles pour des transmissions dépassant le rapport 1/6 et pour des distances d'axes inférieures à 5 m, afin d'avoir sur la petite poulie un arc d'enveloppement suffisant. L'emploi de poulies de tension et de guidage est également indiqué lorsqu'on doit actionner plusieurs cages placées très près les unes des autres, et lorsque les sens de rotation sont différents, ce qui est fréquent pour les petits trains.

Les figures 1 et 2 représentent deux dispositifs de ce genre (1).

(1) *Stahl und Eisen*, 3 octobre 1912, et *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, mars 1913.

On trouve encore aussi des trains continus actionnés en groupe par plusieurs courroies disposées les unes au-dessus des autres.

Tels sont les cas, par exemple, des trains à fer plat des usines Deutscher Kaiser, à Dinslaken, des nouveaux trains de Röthe-Erde, à Eschweiler, etc.

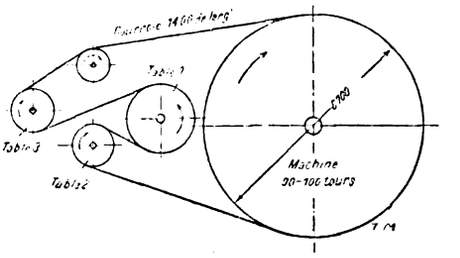


Fig. 1. — Courroie pour trois tables, avec poulie de tension.

Les courroies tissées, courroies Balata, ou courroies en coton s'emploient, en règle générale, pour des vitesses inférieures à 30 m ; avec les courroies en poil de chameau, on peut atteindre aisément 35 m. Les courroies en cuir collées permettent des vitesses de 70 m. On fabrique actuellement des courroies pour laminoirs dont la largeur dépasse 1 500 mm et la vitesse 70 m par seconde.

Des essais entrepris, en marche à vide, sur des trains actionnés électriquement ont montré la supériorité de la courroie sur le câble rond.

Aux aciéries de Rökling et de Völklingen, on a réalisé, en remplaçant les câbles ronds par des courroies une économie de 12 % pour une puissance normale de 2 000 ch environ, ce qui équivaut à un gain de 240 ch. Le prix du cheval oscillait entre 112 fr 50 et 125 fr ; en tablant seulement sur un chiffre de 8 %, le bénéfice réalisé par cette mesure était de 18 125 fr à 20 000 fr. Les frais d'établissement de ces courroies sont évalués à 31 250 fr, ils sont donc amortis en moins de deux ans.

La comparaison entre les câbles ronds et les courroies est délicate à effectuer, si l'on veut tenir compte de tous les éléments qui entrent en jeu, nature du moteur, vitesse, intervalles entre les axes du volant et de la poulie, rapports de transmission, etc. Dans les cas habituels et, en particulier, si les vitesses sont élevées et si les diamètres des poulies sont faibles, on a intérêt à utiliser des courroies, malgré leur prix d'achat élevé, par suite de leur grande élasticité.

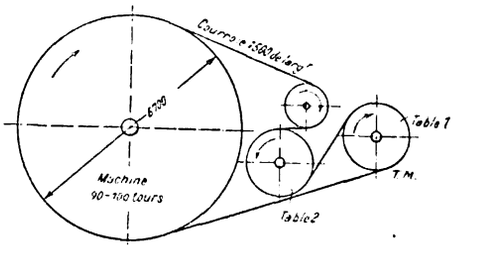


Fig. 2. — Courroie pour deux tables, avec poulie de tension.

Les frais d'entretien des câbles ronds sont plus élevés que ceux des courroies. Comme dépenses d'installation, on peut compter, avec des matières de première qualité, pour une transmission moyenne de 1 000 à 1 200 ch, des distances d'axes de 15 à 16 m, et une vitesse de 35 à 40 m, 3 125 fr à 3 750 fr pour les câbles ronds et 10 000 à 11 250 fr pour des courroies.

M. T.

MINES

La traction électrique dans les mines (1).

L'emploi de locomotives électriques dans les mines s'est considérablement développé depuis une dizaine d'années, surtout en Allemagne où une seule maison, la Société A, E, G, a fourni environ 800 machines : en France, les progrès ont été sans doute moins rapides ; cependant, depuis cinq ou six ans, la traction

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 2 (15 juillet 1912), p. 78.

Digitized by Google

électrique dans les mines a fait un pas considérable puisqu'un seul établissement industriel a fourni environ 80 locomotives à diverses Société minières pour l'exploitation souterraine.

D'une manière générale, on fait usage du courant continu avec ligne de travail aérienne, et l'on aménage, à proximité des puits, une salle spéciale pour les convertisseurs du courant, qui est généralement produit en triphasé par les stations génératrices (fig. 1); le courant est amené jusqu'à la salle de transformation par un câble établi dans le puits.

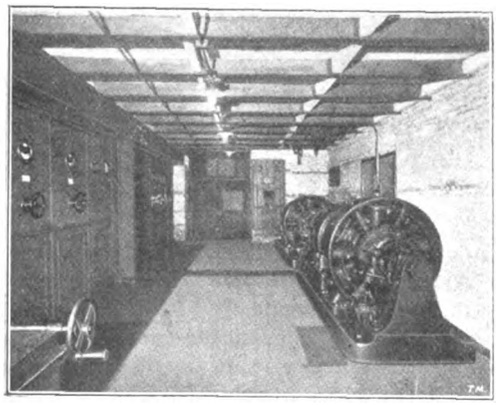


FIG. 1. — Vue de la salle des convertisseurs.

Les convertisseurs les plus employés sont des moteurs triphasés directement accouplés avec des machines compound à courant continu.

Le tableau de distribution comprend un panneau pour le câble d'arrivée, avec sectionneur, voltmètre et compteur, deux panneaux pour les moteurs triphasés et deux autres pour le courant continu; ces derniers portent les interrupteurs, les rhéostats de champ, les voltmètres et les ampèremètres; pour chaque feeder de départ, il existe un panneau avec disjoncteur à maximum, muni d'un dispositif spécial empêchant de refermer l'appareil en cas de court-circuit.

Tous les organes sont enfermés dans les panneaux; seuls les appareils de manœuvre sont apparents.

La ligne aérienne est reliée à la borne positive du tableau à courant continu par un câble sous plomb armé; le retour du courant se fait par les rails, qui sont reliés à la borne négative du tableau par un câble en cuivre nu.

Lorsqu'on est en présence de galeries hautes et larges, on peut suspendre le câble de travail dans des conditions analogues à celles des lignes de tramways; mais lorsqu'il s'agit de galeries de faible section, dans les mines de charbon notamment, il faut fixer le câble sur des isolateurs dont l'armature est scellée dans les parois (fig. 2); le montage d'une ligne de ce genre est extrêmement simple et les réparations ou modifications qu'elle nécessite peuvent être faites sans aucun dérangement dans l'exploitation; des isolateurs de section permettent de travailler dans une région déterminée sans interrompre le service des autres régions.

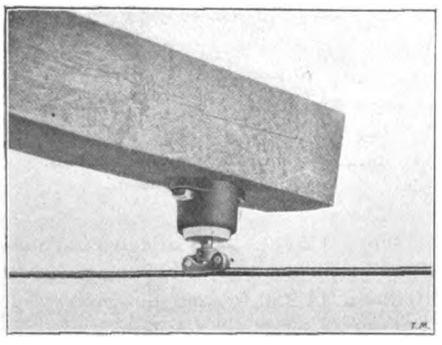


FIG. 2. — Isolateur de plafond à double cloche en porcelaine.

Quand on est obligé de poser le câble aérien à une hauteur telle qu'il pourrait être touché par mégarde, on le protège par un revêtement spécial (fig. 3).

Les dispositifs de prise de courant sont variables, suivant le mode de montage de la ligne aérienne; ce sont, soit de petits archets à renversement automatique, soit des rouleaux, soit des parallélogrammes à rouleaux.

Pour les locomotives, on emploie très généralement des machines à deux essieux (fig. 4), dont chacun est actionné par un moteur; un contrôleur permet de coupler les moteurs en série ou en parallèle; au démarrage, tous les moteurs et toutes les résistances sont en série; au fur et à mesure de l'accroissement de la vitesse, les résistances sont mises hors circuit jusqu'à ce que les moteurs soient directement couplés en série; on procède de même pour passer à la marche en parallèle.

Dans le cas d'avarie d'un moteur, sa mise hors circuit peut être faite au contrôleur; les moteurs sont protégés contre les excès d'intensité par un coupe-circuit généralement combiné avec un disjoncteur à maximum, servant, au besoin, d'interrupteur à main.

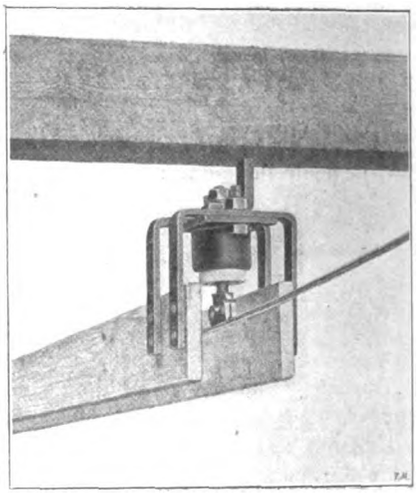


FIG. 3. — Fixation du revêtement de protection.

Le châssis des locomotives comporte deux joues latérales et deux pièces de bout, le tout en fonte ou en fer; les parois latérales sont entièrement lisses et sans aucune saillie; les abouts sont convexes et arrondis aux angles, ainsi que la partie supérieure de la cabine du conducteur.

Les essieux sont en acier S.M. et les roues en fonte avec hourdage en acier; les paliers d'essieux sont constitués par une boîte robuste en acier coulé, avec fermeture hermétique; les coussinets, fixes à l'intérieur de la boîte, sont en bronze et interchangeables.

Des ressorts à lames suspendent le châssis sur les paliers d'essieux.

Le freinage est assuré par un frein à chaîne, très puissant,

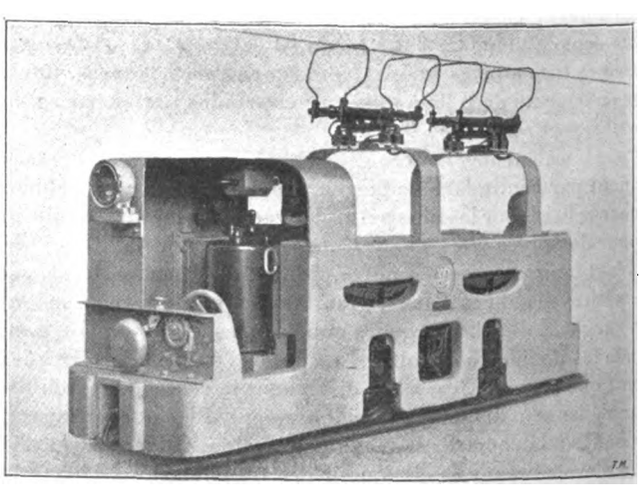


FIG. 4. — Vue de la locomotive de mines avec châssis en fonte et quatre petits archets.

manœuvré par un volant monté sur la cloison verticale avant protégeant la cabine du mécanicien; la chaîne s'enroule d'abord sur un arbre de grand diamètre, puis sur un plus petit, de manière à ce que l'action soit progressive; une roue à cliquet permet le calage du volant; une sablière permet d'éviter les patinages; les signaux sont donnés à la cloche.

Dans les mines de charbon, dont les voies sont de $0^m,45$ à

Digitized by Google

0m,60 d'écartement, les machines employées pèsent de 6 à 7 t et développent une puissance de 24 à 36 ch; lorsqu'il s'agit de mines de métaux, où il faut remorquer de longs trains de minerai,

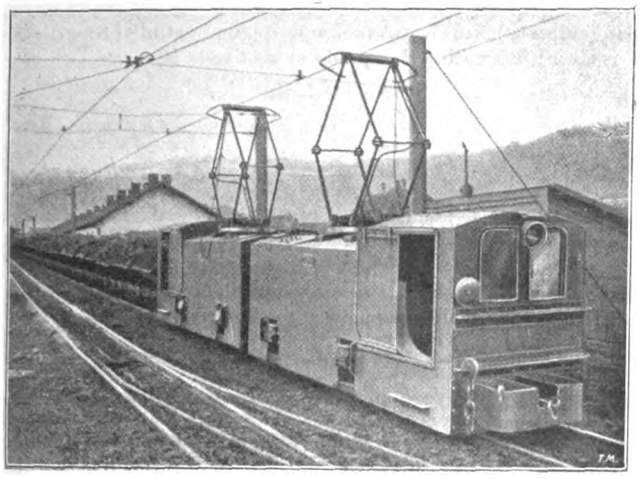


Fig. 5. — Vue de la locomotive de galeries à 4 essieux.

sur de fortes rampes, atteignant parfois 0,036, on fait usage de machines plus puissantes, dont les moteurs donnent individuellement une puissance de 60 ch environ, à 500 volts; avec des locomotives à 2 et 4 moteurs, on peut ainsi disposer d'une force de traction de 3000 à 6000 kg; les locomotives à 4 moteurs sont formées par une combinaison de deux locomotives à deux essieux (fig. 5).

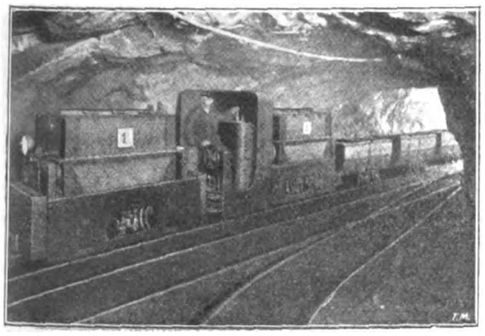


Fig. 6. — Vue de la locomotive double à accumulateurs avec siège au milieu pour le mécanicien.

L'emploi du courant monophasé n'a pas donné, dans les mines, des résultats bien satisfaisants, en raison de l'impossibilité d'employer les hautes tensions de 5000 à 6000 volts et de la nécessité de se limiter entre 250 et 500 volts.

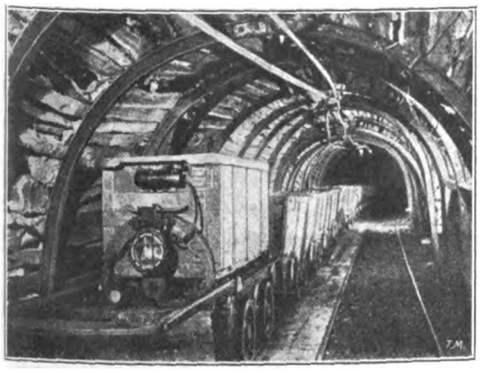


Fig. 7. — Vue de la locomotive à accumulateurs sans mécanicien remorquant des wagonnets à charbon.

Il a été fait, dans certains cas, usage de locomotives à accumulateurs, avec batteries alternantes : l'une en service, l'autre en charge (fig. 6).

Enfin, on a expérimenté, assez récemment, l'emploi de locomotives à accumulateurs ne nécessitant pas de mécanicien, et cela en vue de réduire les frais d'exploitation; dans ce nouveau système, le contrôleur est commandé par un long archet en bois qui avance de 1 m environ sur la machine, et qui se replie, arrête le moteur et serre le frein dès qu'il rencontre un obstacle; le renversement de l'archet inverse le sens de la marche; la machine peut ainsi conduire des wagons au lieu de rassemblement central d'une exploitation, puis revenir seule (fig. 7). En Amérique, où l'on fait également usage de locomotives n'exigeant pas de mécanicien, on a muni les locomotives d'un câble souple donnant l'alimentation dès que l'extrémité de la ligne aérienne est atteinte; la locomotive peut alors avancer d'environ 150 m dans les petites galeries; un petit moteur électrique couplé au tambour du câble maintient celui-ci tendu et l'enroule au retour de la locomotive.

A. S.

Emploi des vieux câbles métalliques pour renforcer les chapeaux des cadres de boisage.

Des essais intéressants ont été faits dans ces dernières années, dans des mines anglaises, en vue de l'utilisation des vieux câbles métalliques pour renforcer les bêles des cadres de boisage.

M. Mac Luckie (1) rapporte les résultats que ces essais ont donnés, à la « Canderrig Colliery », dans le Lanarckshire.

La couche en exploitation était encaissée dans des terrains peu résistants et la dépense, pour le boisage et l'entretien des voies de transport, était considérable. La Direction de la mine décida de faire des essais de renforcement des bêles de boisage au moyen de morceaux de vieux câbles métalliques, ainsi que cela avait été pratiqué déjà avec succès, en Allemagne. Les résultats de ces essais furent des plus satisfaisants. Les bêles, placés dans des endroits où il était nécessaire auparavant de les remplacer tous les dix mois, n'ont plus été renouvelées depuis que la méthode nouvelle a été adoptée, soit depuis plus de deux ans.

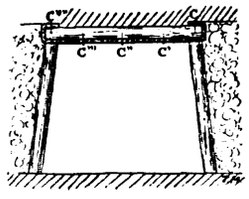


Fig. 1. — Renforcement d'un chapeau de cadre de boisage au moyen d'un vieux câble métallique.

En 1908, le coût du soutènement dans la voie principale de transport, où les essais ont été effectués, était de plus de 6500 fr, dont 4000 fr pour la main-d'œuvre.

En 1909, avec la nouvelle méthode, les frais tombèrent à 3800 fr, dont 1800 fr de salaires, et la moyenne pour chacune des années 1910 et 1911 ne dépassa pas 3200 fr.

Le mode de fixation des câbles aux bêles est le suivant :

La face du bois qui doit recevoir le câble est aplanie sur une faible longueur, à chaque extrémité, pour éviter le glissement de la corde. On pratique ensuite, du côté du gros bout, une entaille en forme de V, dans la section de la bêle et suivant un diamètre; une extrémité du câble est placée dans cette fente et fixée au moyen d'un crampon en fer C (fig. 1). Le câble est ensuite tendu suivant une génératrice le long de la face inférieure du bois et assujetti par des crampons C', C'', etc..., distants les uns des autres de 0m,50 environ.

La bêle est ainsi préparée à l'avance, mais afin de permettre sa mise à longueur sur place, on ne fixe le câble au petit bout qu'au moment de la pose. Cette fixation se fait de la même manière que pour le gros bout. La bêle est posée de manière à ce que le câble se trouve en dessous d'elle; de cette façon celui-ci s'oppose à la flexion de la pièce.

Il faut évidemment choisir judicieusement le côté de la bêle le long duquel le câble doit être tendu et fixer autant que possible ce dernier en ligne droite.

G. L.

(1) *Mining Engineering*, janvier 1913, et *Annales des Mines de Belgique*, t. XVII, 1re livraison.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Formation des dépôts dans les huiles de transformateur. — Différentes théories ont été mises en avant pour expliquer la formation des dépôts dans les huiles de transformateur; on a attribué ces dépôts à la précipitation des paraffines solides, de parcelles solides sous l'influence du champ électrique, à l'action décomposante de l'huile sur les vernis des isolants, etc. Les quantités de précipité sont généralement trop grandes pour ne pas provenir de l'huile même; la chose la plus probable est que le dépôt provient de l'oxydation de l'huile sous l'influence de l'oxygène de l'air et à la faveur des températures atteintes; la présence de l'ozone dans le transformateur active la formation du dépôt; il en est de même de celle du cuivre, qui se comporte comme agent catalytique: le plomb agit aussi, parce qu'il est attaqué; le fer favorise également le dépôt; il convient donc d'éviter que le liquide puisse venir au contact de ces métaux.

D'autre part, on doit éviter les échauffements excessifs et les entrées d'air, ainsi que la production d'ozone. Il n'y a aucune huile qui ne donne pas de dépôt après un temps relativement court (cinquante heures).

(Communication de M. *A.-C. Michie*, Institution of Electrical Engineers, Newcastle, mai 1913.)

GÉNIE MARITIME

Esquisse d'un nouveau chapitre d'architecture navale. — Le rapport du poids du chargement d'un navire au déplacement de ce navire, augmente en même temps que ce déplacement, mais cet avantage diminue indéfiniment quand l'agrandissement du navire tend vers l'infini. M. Bertin le démontre ainsi : Si P représente le déplacement, p le chargement, aP les poids qui varient comme le déplacement (poids de la coque dont la proportion ne change généralement guère, on verra plus loin les observations de M. Bertin à ce sujet), $b\mathrm{P}^{2/3}$ les poids qui sont proportionnels aux surfaces du navire (appareil moteur, combustible, cuirassement des navires de guerre si l'épaisseur des plaques reste constante) :

$$\mathrm{P} = a\mathrm{P} + b\mathrm{P}^{2/3} + p,$$

l'augmentation ΔP du déplacement correspondra à un rapport :

$$\frac{\Delta p}{\Delta \mathrm{P}} = 1 - a - \frac{2}{3} b \mathrm{P}^{-\frac{1}{3}} = \frac{1}{q},$$

mais :

$$\frac{p}{\mathrm{P}} = 1 - a - b\mathrm{P}^{-\frac{1}{3}} = \frac{1}{\mathrm{Q}},$$

et le rapport :

$$r = \frac{\mathrm{Q}}{q} = \frac{\mathrm{P}\Delta p}{p\Delta \mathrm{P}}$$

qui exprime l'avantage de l'augmentation du déplacement individuel des navires sur l'augmentation de leur nombre pour un même chargement total transporté, est donné par la relation :

$$r = 1 + \frac{1}{3}\frac{b}{(1-a)\mathrm{P}^{1/3} - b}.$$

On voit que r diminue indéfiniment en tendant vers 1 quand P augmente; l'avantage de l'agrandissement devient nul quand P devient infini.

Dans un cuirassé, si on veut, par exemple, tripler l'artillerie, il y a donc intérêt à augmenter le déplacement du cuirassé plutôt que de construire trois cuirassés semblables, mais plus les déplacements augmentent, plus cet avantage diminue, et, si on fait intervenir d'autres considérations, il y a une limite à l'augmentation des déplacements.

Si, au lieu d'augmenter le chargement (cargaison dans un navire de commerce, artillerie dans un navire de guerre), il s'agit d'augmenter soit la vitesse (donc la puissance des machines), soit la protection (cuirasse), soit le rayon d'action (combustible proportionnel à la puissance), l'équation des poids se met sous la forme :

$$b\mathrm{P}^{2/3} = (1-a)\mathrm{P} - p$$

et :

$$\frac{\Delta(b\mathrm{P}^{2/3})}{\Delta \mathrm{P}} = 1 - a = \frac{1}{q},$$

l'augmentation de déplacement nécessaire ΔP est indépendante de P et ne dépend que de a. Il faut un accroissement de P beaucoup moins rapide pour augmenter $b\mathrm{P}^{2/3}$ que pour augmenter p.

M. Bertin examine ensuite quelles sont les conditions de résistance de la coque quand le déplacement augmente. On admet, pour le calcul à la flexion longitudinale, une valeur du moment $\mathrm{M} = \frac{\mathrm{PL}}{30}$ qui correspond à une carène placée en son milieu sur une vague de longueur égale à celle du navire L et de hauteur de crête en creux égale à $\frac{\mathrm{L}}{20}$.

D'autre part, $\mathrm{M} = \mathrm{R}\frac{\mathrm{I}}{v}$ est la formule connue de résistance. Sur des coques géométriquement semblables, PL est proportionnel à la quatrième puissance du coefficient de similitude $\mathrm{M} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{L}'}$, de même que I; $\frac{\mathrm{I}}{v}$ est proportionnel à m^3. Il résulte que, pour laisser constant la charge des matériaux, quand les dimensions linéaires croissent comme m et le déplacement comme m^3, le poids des éléments de la charpente doit être proportionnel à $\mathrm{P}^{4/3}$.

(Communication de M. *Bertin*, Association Technique maritime, 1913.)

Détermination de la longueur d'arrêt d'un paquebot à roues en cas de renversement de marche en vitesse. — Cette étude a été faite sur la base des lois indiquées par M. Bertin. Les expériences faites sur les bateaux de la Compagnie du Nord (service Calais-Douvres) ont vérifié l'exactitude des chiffres trouvés.

Quand un navire s'avance avec une vitesse uniforme V_0 (en mètres par seconde), l'équation d'équilibre entre la puissance F_0 du moteur et la résistance du navire de déplacement P tonnes peut s'écrire

$$\mathrm{V}_0 = 0{,}514\ \mathrm{M}_0 \sqrt[3]{\frac{\mathrm{F}_0}{\mathrm{P}^{2/3}}}$$

où M_0 est le coefficient d'utilisation. Si le navire était un point matériel sans masse, quand la puissance passe de F_0 à F_1, la vitesse devrait passer instantanément à :

$$\mathrm{V}_1 = 0{,}514\ \mathrm{M}_1 \sqrt{\frac{\mathrm{F}_1}{\mathrm{P}^{2/3}}}$$

(M_1 diffère peu de M_0). Mais, en raison de l'inertie du navire, quand F passe de la valeur F_0 à la valeur F_1, il s'écoule un temps appréciable avant que V_0 devienne V_1, mais, à tout instant, nous avons la relation d'équilibre

$$1\,000\,\frac{\mathrm{P}}{g}\frac{dv}{dt} = \pi - \mathrm{R}$$

(v est la vitesse instantanée au temps considéré, π est la poussée des propulseurs, R la résistance de la carène en kgs).

π peut être négatif dans le cas de marche AR., il n'est pas seulement fonction de F, mais aussi de v. Si x est l'espace parcouru au bout du temps t (compté à partir du changement de puissance), on peut écrire :

$$1\,000\,\frac{\mathrm{P}}{g}\frac{v\,dv}{dx} = \pi - \mathrm{R}.$$

R est donné par la formule

$$\mathrm{R} = \frac{75\,u}{0{,}514^3 m^3} \times \mathrm{P}^{2/3} v^2.$$

Comme u (rendement $\alpha \times \beta$ du moteur et du propulseur) et m (même coefficient que M) varient peu, on peut les prendre constants dans le calcul, mais, pour un paquebot à roues, ces valeurs étant

Digitized by Google

imparfaitement connues, les auteurs ont calculé directement R pour le paquebot étudié (le Nord)

$$R = R\gamma = \gamma(K_1 + K_2 + K_3)v^2$$

γ est le rendement-succion de la carène, K_1 est le coefficient de résistance directe, déplacement des filets liquides

$$K_1 = 2B^2(1 + \sin\varepsilon)(1 - \cos\varepsilon),$$

B^2 est la surface immergée du maître couple, ε est défini par la relation

$$\frac{B^2}{lp} \times \frac{l}{2L} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{W}{LB^2}\right)},$$

dans laquelle W, L, l et p sont les volume, longueur, largeur et profondeur de la carène.

K_2 est le coefficient de frottement.

$$K_2 = \varphi \times \text{surface mouillée},$$

φ est pris égal à 0,125 par les auteurs.

K_3 est le coefficient dû à l'agitation superficielle, aux vagues

$$K_3 = \frac{4}{g}\sin\varepsilon v^2\left(\frac{B^2}{P} + \operatorname{tg}\varepsilon v^2\right).$$

Il vient une valeur de R de la forme

$$R = Av^2 + Bv^4 + Cv^6,$$

les termes en v^4 et v^6 sont dus aux vagues.

Pour π, on peut faire deux hypothèses :

$$\pi v = \pi_1 V_1,$$

en admettant la constance de u,

ou

$$\pi = \pi_1,$$

si la poussée prend immédiatement la valeur finale sans évolution graduelle.

En revenant à l'équation d'équilibre, on trouve, dans la première hypothèse faite, pour π :

$$\frac{1\,000\,P}{g}\frac{v\,dv}{dx} = \frac{\theta V_1^3 + \theta v^3}{v},$$

où $\theta = \gamma(K_1 + K_2 + K_3)$.

Dans l'exemple étudié, on a trouvé pour θ des valeurs variant de 210 à 297, et on a pris une moyenne ; on trouve finalement, après intégration :

$$x = 1\,000\,\frac{P}{g}\frac{1}{3\theta} L\,\frac{\theta_1 V_1^3 + \theta V_0^3}{\theta_1 V_1^3 + \theta v^3},$$

la distance d'arrêt D s'obtient en faisant $v = o$.

$$D = 1\,000\,\frac{P}{g}\frac{2.3026}{3\theta}\log\left(\frac{1 + \theta V_0^3}{\theta_1 V_1^3}\right).$$

Dans la deuxième hypothèse, on trouve

$$D = 1\,000\,\frac{P}{g}\frac{1}{2\theta} L\left(\frac{1 + \theta V_0^2}{\theta_1 V_1^2}\right).$$

Dans ces deux hypothèses, on suppose qu'en marche AR, on considère immédiatement le moment du retour à l'équilibre, mais il n'en est pas ainsi dans la réalité ; aussi, MM. Hart et de Geoffroy ont-ils calculé directement la poussée π des roues en tenant compte de la variation de θ. Le cadre de ce résumé ne nous permet pas de donner le développement de ce calcul compliqué qui a conduit à une valeur de D très peu supérieure à celle que donne la première hypothèse ci-dessus $\left(\pi = \frac{\pi_1 V_1}{v}\right)$ et vérifié par une expérience directe sur le navire (D = 1,8 L pour un navire à roues de 103 m, 2 122 tonnes, 17 nœuds 4).

(Communication de MM. *Hart* et *de Geoffroy*, Association technique maritime, 1913.)

MÉTALLURGIE

Économie dans le soufflage du vent sec. — En tenant compte des conditions atmosphériques, la consommation théorique de combustible est moindre de 1 t en hiver qu'en été pour 25 t de fonte.

Le système de Gayley, employé aux hauts fourneaux Etna, consiste à refroidir le vent, ce qui réduit l'humidité de 13 gr à 4 gr par mètre cube, et produit une économie de combustible de 20 °/₀ et un accroissement de production de 24 °/₀ ; la température du vent soufflé monte de 400° à 466° C, sans déranger l'allure. Le coke est à 12 °/₀ de cendres.

L'auteur, voulant étudier de plus près l'influence de l'humidité, fit des essais pour connaître la consommation nécessaire à la production de 1 000 calories avec du vent contenant 0, 5, 15 ou 20 gr d'eau par kilogramme d'air, aux températures 400°, 800° et 0° C.

Les résultats montrent que l'économie due au soufflage de vent sec est d'autant plus élevée que la température du vent soufflé était plus basse, et celle des gaz sortant plus haute avant le perfectionnement apporté.

Par suite de la diminution du coke dans les charges, le volume en est diminué, la quantité de vent soufflé est moindre par tonne de fonte produite. On peut donc obtenir une plus grande production sans accroître le travail des soufflantes.

La quantité de gaz étant moindre, la température de la zone de fusion est plus élevée ; la qualité de la fonte, au point de vue du soufre, est améliorée. De plus, l'allure est régularisée.

Le carbone de la charge sert à trois fonctions : une partie F_r à la réduction, une autre F_c à la carburation du fer, une autre F_h à la production de chaleur, une dernière partie est perdue sous forme de poussière F_w. L'économie E_f de combustible (en °/₀) par tonne de fonte produite, peut s'écrire si E_h est l'économie dans la combustion :

$$E_f = \frac{E_h \times F_h}{F_h + F_r + F_c + F_w}$$

En pratique, on observe peu de différence entre la consommation en été et en hiver ; ceci est dû à la mauvaise protection des hauts fourneaux contre les pertes par radiation, qui contrarie l'influence de la sécheresse plus ou moins grande de l'air.

En hiver, l'air est plus sec, mais les pertes par radiation plus élevées.

Il y a avantage certain pour les fourneaux produisant les ferromanganèse, ferrosilicium, ferrochrome, et pour ceux qui existent dans des régions où l'atmosphère est humide.

La condensation de l'humidité se fait en deux temps, d'abord par eau froide, puis par la méthode de réfrigération.

Le système Daudiné et Roy emploie, pour la dessiccation, le chlorure de calcium.

(Communication de M. *J. von Ehrenwerth*, Iron and Steel Institute, mai 1913.)

Influence des métalloïdes sur les propriétés de la fonte. — L'auteur communique le résultat de ses recherches et une étude micrographique et pyrométrique, puis donne le résumé suivant :

Le silicium diminue la résistance et la dureté, car il tend à décomposer les carbures de fer.

Le manganèse, jusqu'à 0,5 °/₀, produit un adoucissement considérable des fontes grises siliceuses, la résistance est accrue par l'addition de manganèse.

Le soufre a une action qui dépend de la proportion de silicium. Il doit être dosé avec soin pour permettre aux fondeurs d'obtenir des mélanges adéquats à leur genre de fabrication.

S'il n'y a pas de manganèse, et en présence de 2 °/₀ de silicium, on obtiendra des fontes grises très résistantes.

Le phosphore est avantageux jusqu'à 10 °/₀, car il rend la fonte plus fluide, accroît légèrement la résistance et diminue la dureté. Une plus forte proportion donne une matière cassante.

(Communication de M. *H. I. Coe*, Iron and Steel Institute, mai 1913.)

Dépôt électrolytique de divers métaux. — On peut actuellement déposer régulièrement, par voie électrolytique, l'or, l'argent, le cuivre, le laiton, le bronze, le cobalt, le nickel, le plomb et l'étain.

Digitized by Google

Avec le bronze, cependant, les résultats obtenus ne sont pas encore entièrement satisfaisants; les méthodes indiquées jusqu'ici ne peuvent être considérées comme répondant à la pratique; l'électrodéposition du plomb est rendue possible par l'emploi des bains de fluosilicate et de perchlorate; le dépôt du cobalt s'obtient de la même façon que celui du nickel; on peut aussi déposer des alliages de ces deux métaux; le dépôt électrolytique de l'étain est encore plus coûteux que l'étamage par immersion.

(Communications de MM. *F. C. Frary*, *C. W. Bennett*, *O. P. Watts*, *F. C. Mathers*. *E. F. Kern*, etc., American Electrochemical Society, Atlantic City, avril 1913.)

PHYSIQUE

Le rôle des basses températures dans l'industrie de la fixation de l'azote (1). — De ce problème, il n'y a pas si longtemps encore réputé insoluble, de multiples solutions sont proposées et expérimentées aujourd'hui, voire exploitées sur une très grande échelle : électrisation de l'air par le procédé Birkeland et ses dérivés; production des oxydes d'azote dans l'explosion des combustibles gazeux avec un excès d'air, mis à profit par Hausser; absorption de l'azote par le carbure de calcium chauffé au rouge (cyanamide, procédé Frank et Caro), ou par un mélange chauffé au rouge blanc de bauxite et de charbon (nitrure d'aluminium, procédé Serpeck). Enfin, union directe de l'hydrogène et de l'ammoniaque sous pression, au rouge, en présence de certains corps catalysants comme l'osmium ou l'uranium. Ce dernier procédé, celui de Haber, industrialisé par la Badische Anilin, s'affirme d'ores et déjà comme un succès industriel, puisque les fabricants allemands d'ammoniaque liquéfiée, auraient cessé leur fabrication et ne livreraient plus que de l'ammoniaque synthétique de Haber fournie par la Badische Anilin.

Or, une caractéristique commune de ces procédés divers, c'est le rôle important qu'y jouent déjà ou que pourront y jouer les ressources fournies par les basses températures.

Dans les procédés d'électrisation de l'air, la théorie et l'expérience s'accordent à démontrer qu'au lieu d'air, il y aurait tout intérêt à électriser un mélange gazeux correspondant pondéralement au produit AzO qu'il s'agit d'obtenir, c'est-à-dire, en somme, à électriser de l'air suroxygéné à 50 °/₀. La théorie chiffre à 25 °/₀ l'amélioration correspondante à cette substitution, mais l'expérience directe indique un résultat encore meilleur, le taux de l'amélioration variant suivant les expérimentations entre 25 °/₀ et 80 °/₀. Or, en tablant seulement sur 25 °/₀, voici quelles seraient les prévisions : au lieu de 500 kg d'AzO^3H, chiffre actuel, on arriverait à 625 kg, mais il faudrait fabriquer pour cela 200 m³ d'oxygène. Dans les conditions locales du coût de force motrice, ces 200 m³ coûteraient, tout compris, au plus 4 fr. Triplons ce chiffre, nous arrivons à une dépense de fabrication d'oxygène de 12 fr pour un gain supplémentaire bien plus considérable, car les 125 kg d'acide nitrique de surplus contiennent 30 kg d'azote qui, à 1 fr 50 le kilogramme, correspondent à un supplément de gain de 45 fr. Et il faut répéter que la réalité serait sans doute plus satisfaisante encore.

Comment se fait-il donc que, malgré des prévisions si encourageantes, cette belle application de l'oxygène ne soit pas encore chose faite?

Ce n'est certainement plus la puissance de production des appareils de liquéfaction d'air qui peut être mise en doute aujourd'hui, cette puissance de production qui est telle, tout au contraire, qu'une modeste salle d'usine de 20 m × 30 m abriterait des appareils capables de liquéfier par an *300 millions de mètres cubes d'air* en produisant 50 millions de mètres cubes d'oxygène.

C'est donc ailleurs qu'il faut chercher la raison de l'abstention qui nous étonne; cette raison, il semble effectivement qu'il faille la trouver dans le fait que les appareils d'électrisation et d'absorption de Birkeland et Eyde n'ont pu encore être rendus étanches.

Dans ce processus, en effet, c'est tout au plus si 2 à 3 °/₀ des gaz en présence se combinent : cette matière première est constituée par de l'air; pas d'inconvénient à la restituer à l'atmosphère dès qu'elle a été dépouillée de ses vapeurs nitreuses. Si c'est de l'air suroxygéné relativement coûteux, il faut de toute nécessité arriver à une utilisation plus complète, en faisant circuler cet air un grand nombre de fois en circuit fermé, ce qui exige des appareils étanches. Cela ne paraît pas commode; il semble pourtant que le problème soit en bonne voie.

D'ailleurs, les basses températures pourraient encore jouer dans cette industrie un rôle important en permettant de recueillir les vapeurs nitreuses, avec plus d'efficacité que par les encombrants et coûteux procédés chimiques actuels. M. Claude a pensé à cet égard qu'une modification appropriée de son procédé de récupération frigorifique des vapeurs de liquides volatils pourrait être employée. De son côté, sir W. Ramsay s'est posé le problème et prétend le résoudre en liquéfiant continuellement la totalité de l'air traité. De cette façon, les oxydes d'azote formés se liquéfient; on les sépare par simple filtration. Le procédé aurait l'avantage de permettre la fabrication immédiate de l'oxygène, dont les considérations précédentes montrent tout l'intérêt dans cette industrie.

Dans le procédé Hauser, l'intérêt de l'emploi de l'oxygène est montré par le fait que la simple suroxygénation de l'air de 21 à 25 °/₀ fait passer le rendement en AzO^3H, toutes choses égales d'ailleurs, de 82 gr à 130 gr par mètre cube de gaz de four à coke. Une telle amélioration semble sujette à caution. On se l'explique, cependant, en observant que la suroxygénation de l'air produit ce double résultat d'élever la température d'explosion, dont la teneur en AzO est une fonction rapide, tout en augmentant la proportion de l'oxygène résiduel *après l'explosion*, dont dépend évidemment la teneur en AzO à la température atteinte.

Dans la fabrication de la cyanamide, le rôle des basses températures ne relève pas seulement du domaine des espérances. Elles ont d'ores et déjà pour mission d'assurer, pour l'azote nécessaire, la production énorme, la parfaite régularité, la parfaite pureté qui sont indispensables. Les appareils à azote basés sur l'absorption du cuivre, qui avaient été employés tout d'abord, ne fonctionnent plus aujourd'hui qu'à l'usine allemande de Knapsack et à l'usine de l'American Cyanamide, à Niagara Falls.

La fabrication du nitrure d'aluminium, qui n'est d'ailleurs que sur le point d'entrer dans la pratique courante, n'est pas aussi avancée non plus au point de vue qui nous occupe. Etant donné que cette fabrication repose sur la réaction :

$$Al^2O^3 + 3C + 3Az = Al^2Az^3 + 3CO$$

et que, par suite, le courant d'azote se charge d'oxyde de carbone par la réaction même, on peut penser qu'il est très inutile d'employer de l'azote pur, et fort suffisant de se contenter du mélange d'Az + CO, obtenu très économiquement en faisant circuler de l'air sur du charbon incandescent — et c'est effectivement ainsi qu'on a procédé jusqu'ici.

Or, ceci est une erreur, car la réaction de l'azote sur le mélange bauxite + charbon est une réaction d'équilibre, et la teneur en azote fixé pour une température donnée dépend du rapport de l'azote à celui de l'oxyde de carbone dans le mélange gazeux. Il y a donc tout intérêt à partir d'azote pur, et c'est pourquoi une installation d'azote pur de 300 m³ à l'heure et du système de M. G. Claude est actuellement en voie de montage à l'usine de la Société des Nitrures, à Saint-Jean-de-Maurienne.

Enfin, en ce qui concerne les procédés de fixation par union directe de l'azote et de l'hydrogène, les basses températures y auront certainement à jouer un rôle de tout premier ordre. La production de l'azote, tout d'abord, leur reviendra de droit d'après ce qui précède. Quant à l'hydrogène, bien que diverses solutions très élégantes, qui le produisent à un assez grand état de pureté et très économiquement, aient été mises au point récemment, les procédés basés sur la liquéfaction partielle du gaz à l'eau ont un énorme avantage. Ils sont les seuls à pouvoir débarrasser rigoureusement l'hydrogène fourni par le gaz à l'eau de ces véritables *poisons*, que constituent, pour les agents catalyseurs, les moindres traces de certaines impuretés, gaz sulfurés, arséniés, etc., tous gaz très condensables, parfaitement incapables de franchir le cycle de températures infligé à l'hydrogène dans un appareil de liquéfaction. Et telle est sans doute la raison pour laquelle la Badische Anilin a commandé à Linde un formidable appareil de 2 000 m³ d'hydrogène pur à l'heure, destiné à développer à Oppau, près de Ludwigshafen, la fabrication de l'ammoniaque par le procédé Haber, pour laquelle ne suffit déjà plus l'hydrogène, sous-produit de la fabrication de la soude électrolytique. Il est vrai que cet appareil de Linde sera très ingénieusement combiné pour fournir, en même temps que les 2 000 m³ d'hydrogène, les 700 m³ d'azote pur qui seront nécessaires.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 323.

Digitized by Google

Nous voici donc fixés sur le rôle des basses températures dans l'industrie de la fixation de l'azote : éventuellement, récupération des oxydes d'azote dilués provenant de l'électrisation de l'air et, à coup sûr, production de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote. Négligeant le premier point de vue, comment l'industrie des basses températures a-t-elle résolu ou entend-elle résoudre les trois autres problèmes? C'est ce que M. G. Claude se propose maintenant d'examiner.

Il rappelle tout d'abord à ce sujet que le point de départ des basses températures est fourni par la liquéfaction de l'air, réalisée par la détente de l'air comprimé et par l'accumulation du froid produit à l'aide des échangeurs de températures. Il rappelle qu'en substituant à la détente, par un simple robinet employé par Linde, la détente dans un moteur, qui retire de l'air comprimé beaucoup plus d'énergie, il a réussi à obtenir par cheval-heure 1 litre d'air liquide sous 30 atmosphères, au lieu de 0l6 sous 200 atmosphères, comme dans le procédé de Linde.

L'air liquide obtenu, sa séparation en oxygène et azote repose sur le fait que l'azote est plus volatil que l'oxygène, en sorte que, quand l'air liquide s'évapore, l'azote s'en va de préférence au début de l'évaporation, tandis que l'oxygène se concentre de préférence dans le liquide résiduel.

Pour réaliser cette évaporation, on envoie de l'air légèrement comprimé dans un faisceau tubulaire aménagé dans le liquide à évaporer. L'air comprimé se liquéfie en cédant sa chaleur de liquéfaction au liquide extérieur, qui s'évapore de ce fait, et si cet air comprimé est arrivé au faisceau déjà refroidi dans des échangeurs par sa circulation avec les gaz précédemment évaporés, la quantité qui se liquéfie équivaut très sensiblement à la quantité qui s'est évaporée : ainsi, l'air liquide du cycle *ne coûte presque rien* puisqu'il est *incessamment reconstitué*, et c'est assurément un énorme progrès.

Ce n'est pas encore suffisant, cependant, car dans le cours de cette évaporation, la presque totalité de l'oxygène s'éparpille de façon lamentable, mêlée avec l'azote : même au début de l'évaporation, le gaz qui se dégage n'est pas de l'azote pur, mais entraîne avec lui 7 °/₀ d'oxygène; mais un instant après il y en a 10, puis 15, puis 30, et ce n'est que tout à fait à la fin qu'on arrive à l'oxygène pur : cette évaporation simpliste n'est donc capable, en fait d'oxygène pur, que d'un rendement ridicule.

Mais le professeur Linde a constaté qu'en lavant, dans une colonne de rectification qui surmonte le vaporiseur, ce mélange d'azote et d'oxygène vaporisé avec l'air liquide reconstitué dans le faisceau, cet air liquide, en raison de sa température très basse, pouvait condenser et ramener vers le bas l'oxygène moins volatil. Dans ces conditions, l'azote gazeux seul, ou plutôt titrant seulement 7 °/₀ d'oxygène, réussit à échapper à ce lavage et sort par le haut, tandis que l'oxygène, continuellement ramené vers le vaporiseur, ne peut s'échapper que par une autre porte, à l'état de pureté. Et c'est ainsi que Linde réussit à obtenir, à l'état d'oxygène pur, les deux tiers de l'oxygène contenu dans l'air traité. Il ne peut pas faire plus parce que son air liquide, malgré ses — 193°5, n'est pas encore assez froid pour condenser l'oxygène.

Or, le tiers d'oxygène n'est pas seulement perdu, il est mélangé à l'azote et lui enlève toute valeur.

Pour éviter ce grave inconvénient, M. G. Claude, au lieu de liquéfier l'air traité en une seule masse, comme le fait Linde, a eu l'idée de le liquéfier *progressivement* et *méthodiquement*. Dans ces conditions, il a démontré que ce qui se liquéfie en premier lieu, surtout avec son dispositif de *retour en arrière*, est du liquide très riche en oxygène et que c'est seulement de l'azote qu'on liquéfie ensuite.

Or, cet *azote liquide* si simplement obtenu est encore *bien plus froid* que l'air liquide.

Si, par exemple, on verse de l'azote liquide dans une bouteille métallique, l'air extérieur vient se liquéfier sur la paroi avec la facilité de l'eau qui ruisselle en hiver sur les carreaux de nos appartements : c'est que l'azote liquide refroidit la bouteille *au-dessous* du point de liquéfaction de l'air. On conçoit donc que, déversé au sommet de la colonne de rectification, cet azote liquide si froid retienne l'oxygène des gaz ascendants bien mieux que l'air liquide de Linde. Il ne permet qu'à l'azote gazeux seul de s'échapper par le haut, et c'est ainsi que M. Georges Claude a pu réaliser la séparation de l'air en oxygène pur et azote pur (1).

A l'heure actuelle, une quarantaine d'usines fonctionnent d'après les procédés de M. Claude, qui, si elles étaient en marche simultanée, produiraient 3 000 m³ d'oxygène en faisant passer à l'état liquide 40 t d'air *par heure*.

Excellents au point de vue de l'oxygène, les appareils que nous venons de décrire ne livrent pratiquement que de l'*azote* titrant encore 2 à 3 °/₀ d'oxygène. Cette teneur s'est trouvée tout à fait insuffisante en présence des exigences des fabricants de cyanamide — et il a fallu aviser. C'est le professeur Linde qui a le premier résolu la question à l'aide d'un très élégant procédé, d'ailleurs fort compliqué et dont la première idée a été fournie par le regretté collaborateur de M. G. Claude, M. R. Lévy. M. Claude a constaté que si les appareils précédents ne donnent pas d'azote pur, c'est que l'azote liquide qui joue un rôle si important s'y forme en quantité insuffisante; et s'il en est ainsi, c'est que l'azote difficilement condensable qui doit se liquéfier dans une partie spéciale du faisceau tubulaire ne trouve, pour le liquéfier, que de l'oxygène liquide, qui n'est pas assez froid.

Pour remédier à cette difficulté, M. Claude a envoyé le résidu d'azote d'un premier faisceau vers un second système tubulaire, logé dans une région assez froide de la colonne de rectification. De cette façon, l'azote liquide se produit abondamment et peut effectuer une rectification parfaite des gaz ascendants. Rien de plus facile, dans ces conditions, d'obtenir que l'azote gazeux sorte à 99,8 °/₀.

Six appareils de ce système, d'une puissance de production individuelle de 400 à 500 m³ d'azote pur par heure, fonctionnent dès maintenant en Italie et en Suède. Dix autres sont en construction ou en montage. Quand ces seize appareils seront en exploitation normale, on fixera effectivement, avec l'azote fourni par les seuls appareils de M. Claude, 3 t d'azote par heure.

A côté de leur rôle essentiel de producteurs d'azote, ces appareils peuvent produire l'oxygène pur nécessaire pour les besoins locaux (soudure autogène de récipients à carbure et à cyanamide, etc.). Ils vomissent à flots, en même temps que l'azote, l'air suroxygéné propre à la fabrication des nitrates et serviront peut-être, de ce fait, de trait d'union entre deux industries rivales. Et voici, pour terminer, une autre ressource encore plus originale.

Les études récentes que M. G. Claude a entreprises, avec M. D'Arsonval et avec M. Violet, ont montré que les explosifs à oxygène liquide peuvent être exempts des inconvénients qui en firent abandonner l'emploi lors du percement du Simplon : un mélange de simple noir de fumée et d'oxygène liquide constitue un explosif formidable, aussi puissant que la dynamite gomme, et on conçoit quelle importance est réservée à cette question, si l'on songe que le noir de fumée peut coûter 50 ou 60 centimes et l'oxygène liquide 25 ou 30 centimes le kilogramme. Il est même un cas où l'oxygène liquide *ne coûte rien*. Ce cas, c'est celui des appareils à azote qui viennent d'être décrits et qui doivent demander à la détente de l'air un *grand excès de froid*. On doit alors purger continuellement au dehors une quantité considérable d'oxygène liquide, 1,5 t par jour pour un appareil de 500 m³. En recueillant cet oxygène, on pourrait constituer gratuitement l'équivalent de 1 t de dynamite par jour.

Il ne nous reste plus qu'à envisager le problème de la fabrication de l'hydrogène par la liquéfaction partielle du gaz à l'eau. Ici encore, le professeur Linde a précédé M. Claude, mais, ici encore, la détente avec travail extérieur permettra sans doute à ce dernier de regagner avec avantage le terrain perdu.

C'est qu'en effet, par suite du fait que l'hydrogène se comprime *moins* que ne l'indique la loi de Mariotte, la détente par simple écoulement telle que l'emploie Linde n'arrive qu'à l'*échauffer*. Le gaz à l'eau, en raison des 50 °/₀ d'hydrogène qu'il renferme, ne se comporte guère mieux. Il en résulte qu'il faut, avec ce mode de détente, commencer à liquéfier à son aide le gaz à l'eau avec accompagnement d'ébullition d'azote dans le vide, etc.

Or, *tous* les gaz soumis à la détente avec travail extérieur doivent se refroidir — en sorte que les choses se trouvent considérablement simplifiées.

Et M. Claude effectue en ce moment des essais dans lesquels passent à l'état liquide 150 à 200 kg par heure d'oxyde de carbone.

(Communication de M. *G. Claude*, Société des Ingénieurs civils, 18 avril 1913.)

1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, décembre 1905, p. 629 et 721.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Ventilation d'un atelier de triage de vieux papiers.

M. Bailly, inspecteur du travail à Angoulême, a adressé au ministre du Travail, une note sur la ventilation d'un atelier de triage de vieux papiers dans une fabrique de papiers d'emballage.

Le papier d'emballage se fabrique avec de vieux papiers ramassés dans les tas d'ordures et les poubelles des villes. Ces vieux papiers sont triés par des femmes, à la main. Cette opération produit beaucoup de poussières, ces papiers renfermant beaucoup de malpropretés.

« Le seul moyen rationnel de lutter contre les poussières produites par le triage des vieux papiers consiste à évacuer ces poussières au dehors de l'atelier au fur et à mesure de leur production; les poussières seront captées à chaque place de travail et entraînées au dehors avant qu'elles se soient répandues dans les locaux affectés au triage. Cette ventilation a été réalisée d'une manière simple et efficace à la fabrique de papier de M. Alamigeon, à Laprade (Charente).

« Le dispositif d'évacuation des poussières se compose de deux conduites de section rectangulaire qui aboutissent à un collecteur, à l'origine duquel se trouve un ventilateur produisant l'aspiration nécessaire. La face horizontale supérieure de cette canalisation est à un mètre du plancher de l'atelier. De chaque côté des conduites sont placées les tables à claire-voie sur lesquelles s'effectue le triage. Un rebord de 10 à 15 cm de hauteur est destiné à maintenir sur les grilles les papiers à trier. Chaque table comporte six places de travail, et à chaque place correspondent deux ouvertures ménagées dans les parois latérales des conduites et recouvertes d'un treillage en fil de fer, qui empêche les morceaux de papier d'être entraînés dans la canalisation. Les orifices d'aspiration sont donc disposés en face de chaque ouvrière et aussi près que possible du point où se produisent les poussières. »

Pour que la vitesse de l'air soit à peu près la même en chaque point des conduites, la section de celles-ci doit aller en décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne du ventilateur; on obtient de la sorte un appel d'air sensiblement constant à chacun des orifices d'aspiration.

On est arrivé à ce résultat de la manière suivante : chacune des conduites est formée d'un canal quadrangulaire en bois d'une largeur uniforme de 30 cm et dont la hauteur, qui est de 50 cm à l'extrémité, croît progressivement et atteint 1 m au point de communication avec le collecteur. Ce dernier a un mètre de hauteur et une largeur double de celle des conduites, soit 60 cm.

Chacun des orifices d'aspiration est un rectangle de 20 cm sur 6; ces dimensions ont été calculées de telle manière que la surface totale des orifices disposés sur une même conduite soit égale à la section maximum de cette dernière. La section du collecteur est donc égale à la surface totale des 48 bouches aspirantes.

Le ventilateur utilisé est un ventilateur hélicoïde du type Blackmann; il ne prend pas plus de 2 HP de force. Les ventilateurs de ce genre ne produisent qu'une faible dépression, mais débitent un volume d'air considérable; ils peuvent être utilisés dans le cas qui nous occupe en raison de la faible résistance des conduites (large section et longueur restreinte) et de la légèreté des poussières à évacuer.

On remarquera que les poussières sont aspirées par côté et éloignées des ouvrières avant que celles-ci aient été exposées à les respirer. Il serait possible également de pratiquer la ventilation *per descensum*, qui consisterait à aspirer les poussières de haut en bas à travers la table de triage. Mais il est évident que ce procédé est peu efficace si le produit à trier vient à recouvrir complètement la grille et s'oppose à l'aspiration. Ce fait se produit fréquemment lors du triage des vieux papiers. La nécessité d'un travail rapide oblige en effet les ouvrières à placer sur la table à claire-voie une assez grande quantité de vieux papiers; aussi les grilles sont-elles presque toujours recouvertes pendant le travail. Au contraire, les orifices d'aspiration ménagés dans les conduites sont facilement laissés à découvert à cause de leur position surélevée.

« Le procédé mis en pratique à l'usine de Laprade donne des résultats très satisfaisants, dit M. Bailly, l'atmosphère de la salle de triage garde sa transparence et les ouvrières sont placées dans de bonnes conditions d'hygiène; elles n'ont du reste pas à redouter le courant d'air produit par l'aspiration; la vitesse du déplacement d'air n'a rien d'excessif, et le refroidissement qu'il pourrait provoquer pendant la saison froide est combattu par un chauffage convenable obtenu à l'aide de tuyaux à ailettes avec circulation de vapeur. » P. B.

STATISTIQUES

Recettes comparées des chemins de fer dans les différents pays du monde.

Les chiffres suivants, basés sur les derniers résultats actuellement connus (année 1911), permettent de se rendre compte de l'importance relative des recettes, en francs, par jour et par kilomètre, sur les chemins de fer des principaux pays du monde :

	Francs
EUROPE.	
Allemagne :	
Réseau d'Alsace-Lorraine	231
Etat Badois	223
Prusse-Hesse	214
Saxe	199
Wurtemberg	151
Angleterre :	
Lancashire et Yorkshire Ry	459
Midland Ry	392
London et North Western	359
South Eastern	352
London-Brighton	316
Great Northern	277
North Eastern	267
Great Western	208
Autriche-Hongrie :	
Etat Autrichien	148
Etat Hongrois	122
Bosnie-Herzegovine	48
Sud Autrichien	194
Belgique :	
Etat Belge	199
Chemins vicinaux	18
Espagne :	
Réseau Nord	102
Madrid-Saragosse-Alicante	89
Andalous	62
France :	
Etat : Ancien réseau	60
— Nouveau réseau	105
Nord	218
P.-L.-M	159
Est	147
Orléans	103
Midi	93
Italie : Etat	107
Pays-Bas : Etat	112
Portugal :	
Réseau garanti	31
Réseau non garanti	122
Russie :	
Etat : Pétersbourg-Moscou	342
Moscou-Kursk-Nijni-Novgorod	333
Transsibérien	117
Transbaïkal	64
Centre asiatique	91
Privés : Varsovie-Vienne	496
Moscou-Kiew-Voronèje	163
Vladicaucase	258
Kasan-Oural	128
Roumanie : Etat	84
Suisse : C.-F.-F	187
Turquie :	
Orientaux	48
Anatolie	47
Grèce :	
Pirée-Athènes-Péloponèse	25
Thessalie	22
AMÉRIQUE.	
Etats-Unis :	
Pennsylvania	349
New-York Central Hudson	257
New-York-New-Haven-Hertford	226
Lake Shore et Michigan	244
Lehigh Valley	234
Erié	213
Pacific	130
Northern Pacific	97
Saint-Louis-San-Francisco	72
Southern-Pacific	77
Union-Pacific	110
Missouri-Pacific	67
Canada :	
Pacific	97
Grand Trunk	118
Argentine :	
Nord Est	19
Buenos-Ayres-Pacific	58
Buenos-Ayres-Great-Southern	60
Entre-Rios	32
Chili : Antofagasta et Bolivia	88
Brésil :	
Compagnie auxiliaire	26
Great-Western	30
Mexique :	
National Rys	89
Interoceanic	68
Pérou : Peruvian Corporation	90
ASIE.	
Inde :	
East-Indian	98
Madras et Southern-Maratta	30
Bengal-Nagpour	33
Bengal et North-Western	23
Bombay et Central-India	55
Chine : Ligne de Chantoung	121

Ces chiffres donnent les recettes brutes kilométriques moyennes journalières; ils ne permettent pas, toutefois, de juger très exactement de l'activité réelle des différentes régions desservies, en raison de l'absence du correctif nécessaire qu'il faudrait leur apporter pour tenir compte du tarif moyen kilométrique des différents réseaux considérés. A. S.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

La Technique Moderne

MACHINES THERMIQUES

LES VINGT ANS DU MOTEUR DIESEL

Le moteur Diesel (1) vient d'achever sa vingtième année.

C'est, en effet, en 1893 que l'ingénieur-docteur Rudolf Diesel faisait paraître son savant travail intitulé : *Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel destiné à supplanter la machine à vapeur et les autres machines à feu connues aujourd'hui* (2).

L'auteur de cette importante étude théorique et pratique déclarait que moteurs à air chaud et à gaz tonnants mettaient en œuvre des principes erronés, et qu'il ne fallait en attendre aucune amélioration conduisant à des résultats plus favorables, aussi longtemps qu'on appliquerait ces principes. Il formulait des lois nouvelles et présentait un type de machine conçu d'après ces données qui devaient, d'après lui, réduire la consommation de combustible au minimum de ce que l'état actuel de la science permettait d'entrevoir.

GENÈSE DE L'IDÉE ET PREMIERS ESSAIS. — Revenant depuis lors sur cette première exposition de ses idées (3), l'éminent ingénieur racontait la genèse de ses projets et les débuts de son œuvre : alors qu'il suivait au Polytechnikum de Munich les leçons de thermodynamique du professeur Linde, le jeune étudiant avait inscrit, en marge de son cahier de cours, ces mots qui allaient devenir son programme : « Rechercher s'il est possible de réaliser pratiquement une isotherme » ; cette réalisation devait lui permettre d'établir une machine thermique fonctionnant suivant un cycle de Carnot, de rendement maximum. Son esprit ingénieux s'arrêta au moyen suivant d'exécution : commencer le cycle par une compression adiabatique d'une charge d'air pur, dont la température s'élèverait ainsi au niveau de la température supérieure du foyer ; si l'on y injectait alors le combustible, celui-ci brûlerait en maintenant la constance de cette température, au cours de la détente isothermique, constituant la seconde phase du cycle de Carnot ; une détente adiabatique en formerait la troisième phase, etc. Ces idées furent mûries longuement par le jeune ingénieur durant les quinze premières années de sa carrière.

Ses réflexions l'amenèrent à porter plus spécialement son attention sur le régime de combustion, qu'il convenait de réaliser pour obtenir le meilleur rendement, et il fut conduit aux conclusions suivantes : La température de l'air développée par la première compression adiabatique doit être très supérieure (*weit über*) à la température d'inflammation du combustible employé et il convient, non seulement pour l'amélioration du rendement du cycle, mais aussi pour assurer une combustion complète, que cette compression soit donc la plus forte possible. D'autre part, on introduira ce combustible graduellement et dans un grand état de division dans l'air surcomprimé et surchauffé, afin qu'il y brûle progressivement et entièrement au fur et à mesure de son admission. De cette règle ressort un corollaire : comme un combustible ne peut brûler qu'après avoir été gazéifié, sa transformation en vapeur sera instantanée et sa combustion s'effectuera dans le cylindre sous pression constante et sous température constante, en poussant le piston en avant dans la première phase de détente du cycle. Vaporisation et combustion s'opérant dans le cylindre moteur, on n'aura plus à adjoindre à la machine motrice les vaporisateurs et gazogènes ordinairement employés ; le fonctionnement étant à quatre temps, la machine sera rigoureusement et strictement à combustion interne ; de nombreuses causes de pertes seront supprimées au plus grand bénéfice du rendement ; on pourra envisager du reste l'emploi de tous combustibles gazeux, liquides et solides, pourvu que ces derniers soient finement pulvérisés.

Ce n'est pas tout à fait sous cette forme que l'inventeur présentait à son lecteur la suite des idées et des raisonnements qui l'avaient guidé et l'avaient conduit à la création de son moteur, mais ses conclusions étaient bien celles que nous venons d'esquisser ; son remarquable mémoire se terminait par un *exegi monumentum* que le marquis de Worcester n'aurait pas désavoué et qui témoignait d'une confiance absolue dans le succès.

Ses projets de réalisation avaient déjà suffisamment pris corps pour qu'il lui fût possible de les couvrir d'un brevet allemand n° 67 207, portant la date du 14 janvier 1893. Une planche de son mémoire représente sa machine telle qu'il l'avait conçue. C'était une machine verticale du type dit à pilon, comportant deux cylindres de combustion et un troisième, de détente, de plus grand diamètre ; l'ensemble constituait un dispositif de compoundage assurant une détente complète. Le piston du grand cylindre était détendeur par une face et compresseur par l'autre : la conjugaison avec les petits cylindres était alternante, de manière à obtenir une impulsion motrice pour chaque tour du volant. Les petits cylindres jumelés fonctionnaient à 4 temps ; la compression prévue atteignait 250 atmosphères ; elle devait développer sûrement les plus hautes températures requises pour produire une combustion complète du combustible et assurer un rendement remarquable. La confiance de M. Diesel était donc justifiée ; elle n'était pas présomptueuse, elle était consciente de la grandeur de son œuvre.

En somme, il présentait au public un moteur à combustion à quatre temps, à très haute compression, celle-ci étant rendue possible par le fait que l'air avait été comprimé d'abord jusqu'à la température d'inflammation du combustible, et que le combusti-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 9 (1er mai 1912), p. 321, et n° 12 (15 juin 1912), page 449 ; t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 254, et n° 8 (15 avril 1913), p. 289.

(2) *Theorie und Konstruktion eines rationellem Wærmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren*, Berlin, 1893.

(3) R. DIESEL : Die Enstehung des Diesels Motors, communication faite en novembre 1912 à la *Schiffbautechnische Gesellschaft*.

Digitized by Google

ble n'y était injecté qu'alors. Le moteur à combustion était connu depuis longtemps, sous les noms de Brayton et de Gardie; mais nul n'avait osé envisager une compression à 250 atmosphères, parce qu'on n'avait pas songé à cette introduction ultérieure du combustible dans l'air surcomprimé. La haute compression pratiquée devait suffire pour conduire à des rendements inconnus jusque-là, ainsi que je l'ai démontré théoriquement (1), mais le fonctionnement à quatre temps, le fait de la combustion strictement interne, la réalisation d'une combustion complète, et la réduction de nombreuses pertes contribuaient, par surcroît, à assurer au moteur Diesel une utilisation du calorique meilleure que dans les machines existant alors.

Un second brevet allemand n° 82 166, pris dans cette même année 1893, vint rapidement combler quelques lacunes du premier, mais il n'en était pas besoin pour attirer l'attention des ingénieurs compétents sur l'œuvre de l'ingénieur bavarois, qui trouva aussitôt des admirateurs ; quatre constructeurs de premier ordre s'assurèrent, dès 1893, des licences d'exploitation ; c'étaient la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (M.A.N.) ; MM. Krupp, d'Essen; Sulzer, de Winterthur ; et Carels, de Gand.

Toutes les revues techniques s'accordèrent unanimement à reconnaître qu'un astre nouveau venait de s'élever à l'horizon de la mécanique appliquée et les professeurs Linde, Zeuner et Schröter apportèrent aux projets de M. Diesel, l'appui de leur autorité scientifique incontestée. Quelques-uns discutèrent, il est vrai, non sans raison, le mémoire originel, mais tous apprécièrent le moteur, qu'un homme d'esprit et de sens caractérisa en disant que c'était un compromis entre la théorie et la pratique.

Il s'agissait maintenant de passer à la réalisation industrielle de l'idée. Les ateliers d'Augsbourg se mirent donc à l'œuvre, sous la direction technique de l'inventeur et de M. Lucien Vogel, directeur des ateliers, avec le concours financier de la puissante maison Krupp (2). Un moteur à un cylindre, d'une puissance de 20 chevaux, fut construit pour servir aux expériences de toute nature qu'il fallut poursuivre inlassablement afin de mettre les détails au point : ceux qui ont la pratique de ces sortes d'études se rendront compte des difficultés qu'on rencontra (3). Les tâtonnements durèrent plusieurs années. On reconnut qu'il fallait se restreindre à l'emploi des combustibles liquides et l'on renonça à l'injection du charbon pulvérisé revendiquée par le premier brevet ; la compression ne put être poussée aux 250 atmosphères prévues et il fallut se borner à ne pas dépasser 35 à 40 kilogs par centimètre carré; on abandonna l'idée du compoundage, qui aurait eu l'avantage de donner une impulsion motrice par révolution (4).

En fin de compte, on aboutissait à un moteur à pétrole, à quatre temps, mais il était bien supérieur à celui de Brayton, qui avait été le prototype de la machine à pétrole à combustion ; le rendement de la nouvelle création dépassait aussi de beaucoup tous les moteurs à pétrole connus, dont la consommation n'avait jamais été moindre que de 375 grammes par cheval-heure effectif et atteignait généralement 400 à 450 grammes pour les meilleures machines (5). De plus, ces moteurs ne se prêtaient qu'à l'emploi du pétrole lampant, de densité égale à 0,800 ; le moteur Diesel s'accommodait au contraire des huiles les plus diverses.

(1) Witz : Moteurs à combustion et haute compression (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXVI, 18 mars 1898).

Voir aussi notre *Traité des moteurs à gaz et à pétrole*, 4e édition, t. I, pages 283, 288 et 299, et t. II, page 899.

(2) Von Lossow : Die Geschichtliche Entwickelung der Technik im Südlichen Bayern (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1903, n° 27).

(3) M. Diesel a raconté l'histoire de ces recherches dans le travail déjà cité : *Die Enstehung des Dieselsmotors*.

(4) On avait dépensé près de 700 000 francs pour mettre sur pied le moteur de 1897.

(5) Ce sont les résultats établis par les concours de Berlin et de Cambridge en 1894.

La consommation du moteur Diesel était extraordinairement réduite : les premiers résultats qu'on fit connaître au public provoquèrent l'admiration générale. Un moteur de 20 chevaux, alimenté au pétrole d'Amérique, de densité égale à 0,789, d'un pouvoir calorifique *supérieur* de 1 935 calories, consomma 238 grammes par cheval-heure effectif, donnant un rendement thermique effectif de 24,2 pour cent (1) ; la machine à vapeur rendait alors 13 et le moteur à gaz pauvre 20, à partir du charbon, dans les meilleures conditions.

En présentant les résultats de ce brillant essai au Congrès des Ingénieurs civils allemands, tenu à Cassel, en 1897, M. Schröter déclarait que, dès ses premiers pas, le moteur Diesel s'était placé au premier rang des meilleures machines motrices; l'éloge n'était point exagéré.

Un nouvel essai, effectué avec la coopération de MM. Schröter, Unwin, Sauvage, etc., fit constater, pour un moteur de 30 chevaux, une dépense de 225 grammes de naphte brut de Russie; M. Dœpp trouva à Saint-Pétersbourg 208 grammes avec un naphte de même origine.

En 1902, M. E. Meyer déclara 192 grammes de pétrole, soit un rendement de 32 pour cent. La même année, M. Lundholm, de Stockholm, établit un record avec 173 grammes d'huile brute américaine et calcula un rendement de 36,8 pour cent. Il s'agit ici d'un rendement thermique *effectif* ; on cite souvent des rendements *indiqués* beaucoup plus élevés, auxquels nous ne nous arrêterons pas, attendu qu'ils n'ont pas grand sens dans l'espèce.

Les chiffres que nous venons de rapporter ont été confirmés maintes fois depuis lors; une machine à vitesse accélérée, faisant 400 tours par minute, construite surtout en vue d'obtenir de la régularité, d'une puissance de 200 chevaux, a été essayée par M. Eberle, à Augsbourg, en 1907, et elle a permis de relever un rendement organique égal à 82,6 pour cent ; en pétrole de Galicie, le cheval-heure a coûté 188 grammes. La régularité cyclique observée à été d'autre part excellente.

Le moteur Diesel était donc un moteur à pétrole remarquable à tous égards.

Premiers concessionnaires — type classique. — Il fallut concéder de nombreuses licences de construction en tous pays, en Europe et en Amérique : citons parmi les firmes concessionnaires la M.A.N., MM. Krupp, Sulzer et Carels, en première ligne, puis la Société de constructions mécaniques de Breslau, la maison Nobel, de Saint-Pétersbourg, la Diesel-Engine Co de Londres, l'Aktiebolaget Diesel de Stockholm, The Power et la Société Corliss en Amérique, etc. En France, M. Dyckoff fonda la Société française des moteurs Diesel, dont le siège social et les ateliers furent installés à Longeville, près de Bar-le-Duc : MM. Normand et Sautter-Harlé en prirent la suite ultérieurement.

Le type le plus généralement adopté par ces constructeurs et qui s'est le plus répandu était celui qu'avait créé la M.A.N., à Augsbourg. Ce modèle est très connu et il suffira d'en rappeler les grandes lignes. Le moteur est vertical à pilon ; il fonctionne à 4 temps ; l'air pur est comprimé à 35 atmosphères environ dans le cylindre, par le piston moteur lui-même, dans la seconde phase du cycle. Ce piston moteur est relié directement à l'arbre de couche par une bielle, sur laquelle s'attachent deux bielles plus petites actionnant, par un balancier, un compresseur d'air accolé contre le cylindre du moteur ; celui-ci alimente un réservoir d'air comprimé renfermant l'air des chasses d'air, par lesquelles le pétrole est injecté et pulvérisé, ainsi que celui qui est nécessaire pour les mises en route. La pompe à pétrole est mue par une tringle spéciale ; elle est à piston plongeur ; son débit est placé sous la dépendance du régulateur. Trois soupapes et l'injecteur de pétrole sont disposés sur le couvercle supérieur du cylindre ; ces appareils

(1) Ce rendement est calculé d'après le pouvoir calorifique supérieur de l'huile.

Digitized by Google

sont commandés par un arbre de distribution à demi-vitesse, qui est actionné par un arbre vertical prenant, par roues d'angle, son mouvement sur l'arbre de couche de la machine. Les soupapes d'admission d'air et de décharge des gaz brûlés sont attaquées par cames et leviers à la façon habituelle; la soupape de mise en route par l'air comprimé est manœuvrée par un dispositif spécial, qui assure quelques tours du volant en admettant l'air et supprimant l'injection d'huile.

Voici comment s'opère l'injection du combustible liquide. Qu'on se figure un tube vertical, renfermant une aiguille centrale, dont l'extrémité inférieure obstrue l'orifice qui fait communiquer ce tube avec la chambre de compression et de combustion du cylindre moteur. Le pétrole est refoulé par la pompe dans un espace annulaire, concentrique avec l'aiguille, et il s'y accumule; un canal, reliant cet espace avec le récipient d'air comprimé, soumet le pétrole à la pression de cet air. Aussitôt que l'aiguille se lèvera, la pression refoulera l'huile à travers des lamelles perforées (*plattenzerstaeuber*) et la pulvérisera au sein de l'air surcomprimé et surchauffé du cylindre. L'air de chasse doit avoir une pression de 50 à 60 kilogs, si la compression préalable dans le cylindre est fixée à 35 atmosphères. L'injecteur qui vient d'être décrit est du type dit *fermé* (*geschlossene Düse*).

La pompe à pétrole refoule l'huile contre la pression de l'air de chasse : elle fournit au distributeur le liquide nécessaire à l'alimentation de chaque coup moteur, sous le contrôle du régulateur. La valve d'aspiration, ainsi que celle de refoulement, sont disposées l'une au-dessus de l'autre ; la valve d'aspiration présente un retard à la fermeture, et elle reste ouverte pendant la première partie de la course rétrograde du piston plongeur ; elle laisse donc refluer un certain volume de liquide vers le réservoir d'alimentation, et le refoulement ne commence qu'après qu'elle est retombée sur son siège. Or, cette retombée n'est permise par le régulateur qu'au moment voulu : il agit en déplaçant angulairement un petit levier qui maintient ouverte une valve d'aspiration. On arrête le moteur en agissant sur une tige filetée à pointeau, qui intercepte la venue du pétrole.

Le moteur de 20 chevaux mesurait 250 mm d'alésage, et $0^m,400$ de course; le compresseur avait un diamètre de 70 mm et une course de $0^m,200$. La vitesse était réglée à 180 tours par minute.

Le moteur de 30 chevaux avait un cylindre moteur de 300 mm ; sa course était de $0^m,450$

M. Schröter a indiqué les poids et les prix de ces moteurs dans le tableau ci-après (1) :

Puissance effective en chevaux.....	MOTEUR à un cylindre		MOTEUR à deux cylindres	
	20	30	40	60
Poids en kgs.....	4 800	7 000	8 000	12 000
Prix en marks.....	8 000	10 000	14 900	19 500

En donnant au cylindre moteur 500 mm de diamètre et $0^m,650$ de course, on lui faisait développer une puissance de 100 chevaux par 160 révolutions à la minute; en surcharge, on pouvait atteindre momentanément 125 chevaux. Pendant plusieurs années, on ne dépassa pas cette puissance par cylindre, mais on formait des groupes de 3, 4 ou 6 cylindres dont le fonctionnement était extrêmement régulier et très économique. Dans le cours de l'année 1903, la M.A.N. mit en marche 244 cylindres Diesel d'une puissance totale de 8 750 chevaux ; elle vendait alors une machine de 200 chevaux, à deux cylindres, au prix rémunérateur de 52 000 marks, soit de 65 000 francs. Le moteur Diesel trouvait des clients dans le monde entier ; son essor n'était paralysé que dans les pays où le pétrole est surchargé de droits, notamment en France et en Espagne ; dans notre pays, nous versons 9 francs de droits d'entrée pour un produit dont la valeur ne dépasse pas 5 francs et les Espagnols paient 25 pesetas !

En Allemagne, les droits sont beaucoup plus modérés (1), et l'on employait couramment une huile, dite *gasöl* (densité 0,830 à 0,930, pouvoir calorifique *supérieur* au moins égal à 10 000 calories, point d'inflammation voisin de 100°), obtenue par distillation des pétroles de Galicie et de Roumanie, ainsi que des huiles appelées *solaröl* et *paraffinöl*, extraites de certains lignites très abondants en Saxe.

Libre concurrence. —Vint alors le jour où les brevets Diesel tombèrent dans le domaine public : la construction devenue libre fut dès lors soumise aux lois de la concurrence. Les prix des moteurs baissèrent, et il fallut chercher les moyens d'en vendre davantage; pour en vendre davantage, on devait élargir leur champ d'utilisation ; pour cela, il était nécessaire de trouver le moyen d'employer d'autres combustibles que le pétrole et ses dérivés.

Les huiles de schiste françaises et écossaises, les huiles de goudron, de lignite et de houille, que l'on produit partout où l'on fabrique du coke et du gaz d'éclairage, et qui sont présentement exonérées de droits, étaient tout indiquées ; elles donnèrent de bons résultats, dès les premiers essais. M. Diesel a calculé que l'Allemagne seule produit assez de ces huiles pour fournir 5 milliards de chevaux-heures, soit 1 750 000 chevaux pendant 300 journées de 10 heures (2) ; la production de la Grande-Bretagne n'est pas moindre ; ces chiffres augmenteront encore. Les moteurs Diesel ne paraissent donc pas exposés à manquer d'aliment. Le prix de ces huiles est compris entre 5 et 6 francs en Allemagne, aux 100 kilogs ; en France, ils ne sont pas inférieurs à 8 francs. Ces prix auraient, il est vrai, une tendance à hausser, si les Diesel se développaient beaucoup.

Tous les constructeurs se préoccupèrent de pouvoir offrir à leur clientèle un type du moteur à la mode : les uns achetèrent, aux firmes concessionnaires de la première heure, des modèles éprouvés par plusieurs années de pratique, dont on leur fournissait les dessins d'exécution ; d'autres, préférèrent créer une machine à leurs risques et périls. Les deux manières de faire sont défendables ; c'est une question de tempérament.

Il serait difficile de dresser une liste complète des maisons de construction mécanique, qui sont aujourd'hui en mesure de proposer à leur clientèle des machines Diesel, susceptibles de fournir une marche sûre avec toutes huiles combustibles, et d'assurer un fonctionnement impeccable avec un excellent rendement, à pleine et demi-charge.

Nous signalerons néanmoins sous toutes réserves, en plus des firmes déjà nommées, les suivantes : Gasmotorenfabrik Deutz; Güldner Motoren Gesellschaft, à Aschaffenburg ; Benz, à Mannheim ; Dingler à Zweibrücken ; Aschersleben M. A. G., à Aschersleben ; Körting, à Hanovre; Siegener, U. A. G., à Siegen; Goerlitzer Maschinen Anstalt, à Görlitz etc. Nous avons commencé par l'Allemagne, qui a pris une avance incontestée dans cette branche de la construction. En Autriche, on peut citer : Gratzer Waggon und Maschinenfabrik, à Gratz ; Breslauer A. G., à Breslau, etc. La Suède a la Diesels-Motorer, à Stockholm, et la Pollar; l'Italie, M. Tosi à Legnano ; la Hollande, la Nederlandsche fabriek van Werktuigen, plus connue sous le nom de Diesel-Werkspoor, etc. En Suisse, la Société pour la construction des locomotives à Winterthur s'est fait une belle réputation parmi les meilleures marques de moteurs Diesel. Notre pays ne

(1) Schröter : Neuere Leistungen des München Augsburger Maschinenindustrie (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1903, n° 28).

(1) Les pétroles bruts importés en Allemagne sont frappés d'un droit de 3 marks 60 par 100 kilogs.

(2) Communication faite par M. Diesel, le 15 mars 1911, à l'Association of Mechanical Engineers.

Digitized by Google

reste pas en arrière, dans ce mouvement, et nous citerons : la Société de constructions mécaniques (Garnier et Faure-Beaulieu), à Paris ; Etablissements Delaunay-Belleville, à Saint-Denis ; MM. Dujardin et Cie, à Lille ; les chantiers de la Loire ; MM. Schneider (Creusot) et Leflaive (Saint-Etienne) ; Société des gazogènes et installations économiques (Paris) ; Société des moteurs à gaz et d'industries mécaniques (Paris), etc.

Il faut reconnaître que ce brillant concours de collaborateurs a enfanté jusqu'ici un assez faible contingent de dispositions originales ; aucune amélioration sensible du rendement n'a été obtenue.

Nous ne ferons ressortir qu'un petit nombre de modifications apportées au modèle classique d'Augsbourg décrit ci-dessus (1).

Moteurs horizontaux. — Les premières études de M. Diesel et de ses concessionnaires s'étaient concentrées sur le type vertical qui présente de sérieux avantages à divers égards. Mais la maison Kœrting a établi un type horizontal, breveté au nom de M. Trinkler, dénommé par elle Oel-Einspritz Motor, qui a donné d'excellents résultats ; le Gleichdruckmotor Lietzenmayer est du même genre. Un rapport du professeur Schröter sur cette machine a fait ressortir une consommation encore très satisfaisante à charge réduite (2). La M.A.N. a abordé la construction de puissantes unités horizontales à double effet, dans lesquelles on a jumelé deux machines à deux cylindres en tandem ; on a pu atteindre ainsi une puissance de 4 000 chevaux susceptible d'une forte surcharge. Cette imposante machine présente l'aspect extérieur des moteurs à gaz de hauts fourneaux ; les soupapes d'admission et d'échappement sont placées aux deux extrémités des cylindres, à leur partie supérieure et inférieure, et commandées par un arbre longitudinal de distribution. Les soupapes d'injection sont logées sur le côté des cylindres : on en monte deux par effet.

Moteurs verticaux. — Mais c'est le type vertical qui a encore la préférence de la majorité des maisons de construction.

Le compresseur d'air a subi les plus importantes modifications : il est généralement à deux étages de pression. On l'attache le plus souvent sur le bâti du cylindre ; il est aussi placé sur le prolongement de l'arbre de couche et actionné directement par lui. La Gasmotorenfabrik de Deutz fait usage d'une double pompe à axe horizontal. MM. Carels emploient un compresseur Reawell à trois degrés, dit quadruplex, parce qu'il se compose de 4 cylindres ; les deux premiers commencent la compression, le troisième la complète, le quatrième surcomprime à 60 kilogs ; le rendement de ce compresseur est considérable.

Les moyens de réfrigération des cylindres et des bâches à soupapes ont reçu d'importants développements qui constituent de sérieux perfectionnements. Le graissage est devenu automatique.

La culasse du moteur d'Augsbourg était fort encombrée par les 4 soupapes dont elle porte les sièges ; on n'a guère réussi à obvier à cet inconvénient, mais M. Güldner a abaissé l'arbre de distribution et il l'a renfermé dans un carter, fixé sur le côté du bâti, à hauteur d'homme, au-dessous de la galerie de service ; le conducteur a donc ces organes à portée de la main et il est dispensé d'escalader aussi fréquemment l'échelle fort raide de la galerie. Cette machine présente en plus, d'autres dispositions de détail ingénieusement conçues.

La maison Nobel ne place plus le régulateur sur l'arbre de distribution à demi-vitesse, mais sur l'arbre de couche.

L'injecteur de pétrole reçoit quelquefois une amélioration que l'on peut discuter, mais qui est assez prisée par quelques ingénieurs ; il est ouvert (*offene Düse*). La chambre à huile reste constamment en communication avec la chambre de combustion du cylindre ; l'huile refoulée par la pompe s'accumule dans un tube coudé, formant siphon ; une soupape d'amont s'ouvre au moment où l'huile doit être injectée dans le cylindre et établit une communication avec le récipient d'air comprimé destiné à opérer la chasse : l'huile est entraînée par le flux gazeux et projetée à travers les tôles perforées du pulvérisateur. Ce dispositif présente plusieurs avantages : d'une part, la pompe à pétrole a moins de travail à effectuer, puisqu'elle n'a plus à lutter contre la pression de l'air comprimé ; le refoulement du liquide dans le siphon s'effectue en effet durant la phase d'aspiration du cycle. D'autre part, dans la phase suivante, le pétrole a le contact de l'air comprimé dans le cylindre moteur et il est réchauffé par cela même, ce qui favorise sa gazéification et sa pulvérisation. Enfin, il a été constaté que l'injecteur s'encrasse moins facilement. Cet encrassement constitue une des faiblesses du moteur Diesel à injecteur fermé ; on est obligé de retirer l'aiguille d'obturation tous les deux ou trois jours pour la nettoyer ; il en résulte une sujétion qu'on évite avec l'injecteur ouvert, dont les orifices sont nettoyés à chaque insufflation d'air. Si une pratique prolongée confirmait ce fait important, l'avantage de l'injecteur ouvert serait mis hors de discussion.

M. Diesel est resté résolument partisan des hautes compressions de l'air de chasse, et il a déclaré que c'était dans cette voie qu'il fallait chercher un perfectionnement de l'injection. Il avait proposé de faire puiser la pompe à air dans la chambre de compression du cylindre moteur ; mais cet air devait être filtré et refroidi, et il a renoncé à cet artifice.

On comprime aujourd'hui généralement à 35 ou 40 kilogs dans le cylindre moteur : on éprouve de sérieuses difficultés à monter plus haut. Et pourtant, il serait désirable qu'on pût aller à 50 ou 60 kilogs. Diesel avait fait un vœu imprudent, en mentionnant dans son mémoire une compression à 250 atmosphères ; mais, depuis lors, il n'a pas manqué de rappeler fort judicieusement le point capital de son invention, qui a été dénommé par lui le principe de l'ignition mécanique. Il est démontré, en effet, que le principe permet d'employer toutes espèces d'huiles, mais on ne peut obtenir de combustion instantanée et complète de certaines d'entre elles qu'au prix d'une très haute compression ; c'est par ce moyen qu'on supprimera la nécessité de réchauffer les huiles avant l'injection, ou bien de recourir à l'emploi d'une quantité surnuméraire d'huile plus volatile (*Zündöl*), quand on marche aux huiles plus denses de goudron ou de paraffine, dont la viscosité et l'élévation du point d'inflammation menaçaient de devenir rédhibitoires (1). Je sais des cas dans lesquels cette adjonction d'huile d'allumage atteignait 7 pour cent ; c'était une sujétion fâcheuse qu'il importait de supprimer.

Il serait désirable aussi que l'on ne fût pas obligé de faire varier la pression de l'air de chasse aux divers régimes de charge, lorsqu'on emploie des huiles de goudron.

M. Sabathé (2) a imaginé une injection en deux temps. Une première portion d'huile pénètre dans la chambre de combustion un peu avant que le piston moteur n'arrive à fin de course, dans la période de compression adiabatique ; cette introduction préalable a pour effet d'augmenter la pression et la température de l'air comprimé avant qu'on n'y projette la charge d'huile, et d'assurer une meilleure combustion de celle-ci. Cette manière de faire est ingénieuse et de nature à améliorer le rendement,

(1) On lira avec profit l'ouvrage de M. Pohlmann : *Neuere Rohëlmotoren*, Berlin, 1912.

(2) J'ai décrit ces deux machines dans mon livre : *Dernière évolution du moteur à gaz*, Paris, 1910

(1) D'après la spécification d'Essen, les huiles lourdes de houille donnent 60 pour 100 en distillation fractionnée à 300°, et leur température d'inflammation est de 65° ; or, j'ai essayé des huiles qui ne donnaient que 45 pour 100 et dont la température d'inflammation était voisine de 100°. L'emploi de telles huiles est nécessairement plus ingrat.

(2) Voir *La Technique Moderne* t. I n° 3 (février 1909), p. 88.

Digitized by Google

puisqu'elle a le même effet qu'une surcompression de l'air et qu'elle assure une combustion plus complète.

On développe couramment aujourd'hui 200 chevaux par cylindre à simple effet, à 4 temps, à vitesse angulaire de 155 tours par minute ; mais quelques constructeurs se sont proposés d'atteindre une puissance plus considérable ; on sait peu de chose sur les résultats obtenus, sur lesquels le public possède peu de renseignements sûrs. En assemblant 3, 4 ou 6 cylindres, et même plus, on peut constituer de puissants moteurs accélérés, réglés à des vitesses de 250, 300, voire même 400 tours, dont la puissance est plus considérable en même temps que le poids par cheval est sensiblement allégé.

L'arbre de couche des machines polycylindriques est quelquefois sectionné en deux parties manchonnées entre elles ; cette disposition permet au besoin de mettre des cylindres à l'arrêt, sans se priver des services du moteur.

Moteurs a deux temps. — Le fonctionnement à deux temps est l'objectif des recherches de nombreux constructeurs.

Voici comment on peut réaliser une marche à deux temps. Dans la première phase du cycle, correspondant à la course montante du piston, celui-ci comprime l'air pur dans le cylindre ; le combustible y est injecté vers la fin de cette phase, et il y brûle à pression constante. Le piston redescend et la deuxième phase de combustion et de détente se poursuit dans la course descendante du piston.

En achevant sa course, le piston démasque une couronne d'orifices pratiqués dans la paroi, à travers lesquels s'effectue l'échappement des gaz brûlés, avec une certaine avance. A ce moment, de l'air modérément comprimé est admis dans le cylindre par une soupape placée à l'extrémité supérieure du cylindre et il se produit un balayage énergique, qui a pour résultat d'expulser tous les résidus de la combustion et de remplir le cylindre d'air pur. Le cycle est donc parachevé en deux temps, et le piston, en remontant, recommence la compression d'air. Une partie de l'air injecté s'échappe par les lumières ; les pompes qui le débitent doivent par suite présenter une certaine capacité.

M. Güldner construisait des moteurs à deux temps dès l'année 1903. Son moteur était horizontal ; on utilisait la glissière de guidage de la crosse du piston moteur comme piston compresseur ; l'air de balayage était comprimé à 6 kilogs, dont les 9 dixièmes traversaient le cylindre pour déplacer les gaz brûlés. Le reste était repris par une pompe spéciale, qui le surcomprimait à 46 kilos dans un réservoir alimentant la chasse d'air de l'injecteur de pétrole. Une machine de 20 chevaux consommait 228 grammes de pétrole à 10 000 calories par cheval-heure effectif, ce qui n'était pas un mauvais résultat. Ce moteur a été construit en Angleterre par la Diesel Engine C°.

Un type vertical à deux temps a été étudié et mis au point, avec grand succès, par M. Bruns, ingénieur de la M. A. N. ; celui-ci a placé la pompe de balayage en dessous du piston moteur et son piston forme ainsi glissière pour le pied de bielle. Ce piston est à deux diamètres ; par sa partie supérieure, il aspire de l'air dans un espace annulaire, puis il le refoule, par l'autre face, dans un collecteur, sous pression de $0^k,400$; de là, l'air est admis au cylindre moteur, et il le traverse de haut en bas, comme il a été dit ci-dessus. Un second compresseur refoule dans un autre réservoir, sous haute pression, l'air nécessaire pour l'injection de pétrole, le lancement du moteur et les manœuvres de changement de marche, car cette machine est réversible.

Ce modèle a été adopté par les chantiers Normand, la Société Harlé et C^ie^ et par les Chantiers de la Loire : en accouplant 6 cylindres, on a d'abord développé 600 chevaux, par 300 tours à la minute ; mais, cette puissance a pu être augmentée rapidement et l'on a construit des moteurs de 2 400 chevaux. La M.A.N. a enfin établi pour l'Amirauté allemande un moteur à 3 cylindres de 6 000 chevaux ; en jumelant deux de ces machines, on ira à 12 000 chevaux. La maison Blohm et Voss, de Hambourg, s'est engagée dans la même voie (1).

La Société de construction de locomotives de Winterthur a établi un type à deux temps, pour lequel elle revendique surtout une grande simplicité des organes de distribution et de renversement de marche. Le piston opère non seulement l'échappement des gaz brûlés, mais aussi l'admission de l'air. Les soupapes d'insufflation et de mise en marche forment un seul organe ; la tête du cylindre ne porte plus qu'une seule soupape et une came suffit par cylindre pour les deux marches. Un seul levier opère la mise en route et le renversement.

Les deux temps sont à l'étude dans plusieurs autres maisons de construction ; les résultats annoncés sont satisfaisants, mais il paraît que la consommation est un peu supérieure à celle des quatre temps.

M. Junkers, professeur au Polytechnikum d'Aix-la-Chapelle, réalise les deux temps par le système connu à deux pistons opposés dans un même cylindre, connu sous le nom de M. Von Oechelhaeuser : les études expérimentales qu'il a poursuivies pour mettre ce système au point, ont été couronnées de succès (2). Il m'a été donné d'observer la marche d'une machine horizontale à deux cylindres en tandem, de 1 000 chevaux ; les cylindres ont 450 mm de diamètre ; la double course est de 450 mm ; la longueur totale du moteur ne dépasse pas $8^m,75$. Les pompes de balayage sont disposées des deux côtés du cylindre arrière ; la pompe à haute tension, à quatre échelons, occupe une position symétrique à l'avant. Le fonctionnement de ce moteur est très régulier et très doux. Les bielles de retour, par lesquelles le mouvement des pistons opposés est transmis à l'arbre de couche, compliquent un peu l'aspect général de cette construction, mais l'œil s'y habitue rapidement. Un dispositif original permet de surcomprimer à volonté l'air dans les cylindres moteurs et d'obtenir un accroissement considérable de puissance ; à cet effet, les pompes à air sont soigneusement refroidies, et un réglage des soupapes permet de remplir le cylindre, au début de la phase de compression, à une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Les diagrammes de la figure 1 correspondent à un accroissement de puissance de près de 50 pour cent.

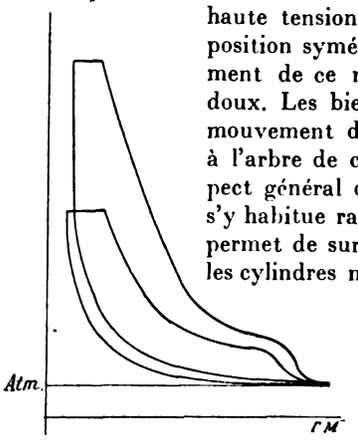


Fig. 1. — Diagramme de Junkers.

La maison Dujardin et C^ie^, de Lille, a obtenu une licence de construction de la machine Junkers (3).

(1) Bochet : Le moteur Diesel à bord des navires de haute mer (*Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils*, 1911, page 17).

(2) Junkers : Studien und experimentelle Arbeiten zur Konstruction meines Grossoelmotors (*Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft*, 1912).

(3) Dans une brochure intitulée *The Junkers Oil Engine*, M. Junkers donne le tableau comparé ci-dessous des dimensions de son moteur à 2 cylindres, en tandem, et d'un moteur Diesel à double effet à deux temps :

	MOTEUR JUNKERS		
PUISSANCE	Diamètre	Course	Tours à la minute
2 000 chevaux.....	585mm	1m170	180
3 000 —	700 —	1m170	180
4 000 —	810 —	1m620	130
	MOTEUR DIESEL		
PUISSANCE	Diamètre	Course	Tours à la minute
2 000 chevaux.....	730	1m095	124
3 000 —	890	1m335	102
4 000 —	1 020	1m530	88

Digitized by Google

APPLICATIONS. — L'historique rapide que je viens de tracer des progrès faits en vingt ans par les moteurs Diesel est assurément incomplet, mais il permet de suivre l'évolution de ces belles machines et d'apprécier la perfection qu'elles ont déjà réalisée. Il me reste à dire quel vaste champ d'exploitation s'ouvre devant elles : je le ferai très brièvement.

Ces moteurs à combustion entièrement interne présentent des avantages particuliers qui leur assurent une place dans toutes les industries.

Qu'on me permette de répéter ici ce que j'écrivais récemment. Le moteur Diesel ne comporte plus ni chaudière, ni cheminée, ni gazogène ; le combustible, pris sous forme liquide, est injecté directement dans le cylindre et enflammé mécaniquement. Il y brûle progressivement et fait son œuvre. Avec un bon injecteur maintenu en bon état, la combustion complète est assurée automatiquement, sans qu'on ait à redouter des allumages prématurés ou des faux allumages, sans qu'on ait à se préoccuper du savoir-faire de l'ouvrier qui en est chargé ; le moteur n'a plus besoin de conducteur, un surveillant lui suffit. Le service de la machine est, en effet, grandement facilité et l'habileté du personnel n'influe pour ainsi dire plus sur le rendement. La manutention des huiles est d'ailleurs simple : il n'y a plus de cendres, ni de scories à évacuer. Pour ce qui est de la mise en route, elle est instantanée et n'exige aucun chauffage préalable. Le moteur est réversible; son encombrement est extrêmement réduit (1).

Le moteur Diesel possède un rendement hors de pair ; alors qu'une machine à vapeur consomme 5 250 calories par cheval-heure effectif, et le moteur à gaz pauvre 3 200, le moteur Diesel se contente de 1 900 calories.

Il est vrai que les calories dont il se nourrit coûtent cher ; en admettant que l'on puisse se procurer une bonne huile de goudron, à 9 000 calories, au prix de 6 fr 75 les cent kilogs, le million de calories reviendrait à 7 fr 50. Or, pour le moteur à gaz pauvre, ce million de calories ne se paie que 4 fr, et pour la machine à vapeur, 2 fr 67. L'avantage du rendement est donc compensé par l'élévation du prix du combustible. Le prix du cheval-heure effectif peut s'évaluer pour les trois moteurs comparés à la même somme, de 3 centimes 9 environ, intérêt, amortissement et tous frais compris. Il ne reste donc au moteur Diesel que ses avantages particuliers, que l'on appréciera moins dans l'industrie fixe, mais qui acquièrent une importance énorme dans quelques cas spéciaux.

Les stations centrales d'électricité trouveront dans ce moteur un auxiliaire précieux : il y prend une place de plus en plus grande (2). Ne citons en France que la station de Calais, qui possède un moteur Diesel à 4 temps de 540 chevaux et celle de Saint-Chamond, entièrement actionnée par des moteurs de 1 000 et de 2 000 chevaux.

Mais, c'est à bord des navires que le moteur Diesel sera sans doute le plus apprécié. M. Bochet, qui a tant contribué à doter nos sous-marins de moteurs Diesel à marche rapide, de la maison Sautter-Harlé, a fait ressortir, devant la Société des Ingénieurs civils de France, les avantages que promettent les moteurs à combustion aux constructions navales : facilité de ravitaillement, même en pleine mer, gain d'une place importante à bord, que l'on peut utiliser pour loger des passagers, ou accumuler des marchandises, suppression des fumées, etc. ; il a surtout développé le bénéfice que procure la suppression des batteries de chaudières et de leur nombreux personnel. « Nous épargnerons, disait-il, aux hommes de la mer, le dur métier de chauffeur, faisant ainsi œuvre humanitaire, car le maniement de la pelle devant les foyers, n'est pas moins rude que celui des avirons à bord des galères d'autrefois ». On ne saurait exprimer en meilleurs termes le progrès qui résulterait de l'application des moteurs Diesel à la propulsion des navires. La marine de guerre les adoptera aussi bien que la marine marchande, du jour où il sera démontré à l'évidence que ces nouvelles machines présentent des garanties de solidité et d'endurance comparables à celles de l'ancienne machine à vapeur à piston, éprouvée par près d'un siècle de service à la mer, simple et robuste, et facile à réparer partout en cas d'avarie.

De nombreux et excellents articles ont été écrits sur ce sujet par les plumes les plus autorisées : nous y renverrons le lecteur (1).

Il constatera que la question est déjà sortie de la phase des tâtonnements. *La Technique Moderne* (2) a pu donner les noms de 119 navires de commerce, équipés en moteurs Diesel, en service ou bien en construction, parmi lesquels le *London*, portant deux moteurs de 3 000 chevaux chacun, filant 16 nœuds. M. Wildt a rapporté que le *Vulcanus*, de 1 900 tonneaux, propulsé par un Diesel de la Werkspoor, de 500 chevaux, a effectué 32 voyages d'un parcours total de 20 345 milles marins, sans le moindre accident de machinerie. Un moteur Diesel à deux temps, du type Junkers, a été installé par les chantiers de la Weser sur un cargo-boat de la Hamburg-Amerika Linie avec plein succès. Il ne faut donc pas s'étonner de ce que M. Junkers ait projeté d'équiper de même un navire de guerre de 26 000 tonneaux et d'élever sa puissance motrice à 36 000 chevaux.

Le même inventeur s'occupe de monter ses moteurs sur les châssis des locomotives : ce sera sans doute l'œuvre de demain.

M. Diesel ne s'était point laissé devancer dans cette voie et, conjointement avec MM. Sulzer frères, de Winterthur, et Adolphe Klose, de Berlin, il avait mis à l'étude, dès l'année 1908, une locomotive d'express d'une puissance de 1 200 chevaux. Les dessins en ont été publiés en 1912 ; ils permettent de se rendre compte des dispositions générales adoptées. Deux couples de cylindres moteurs à deux temps forment un V, et attaquent un vilebrequin unique, dont le mouvement est communiqué à deux essieux moteurs. Les pompes de balayage, au nombre de deux, sont placées dans le V : les gaz de la décharge traversent un silencieux, occupant la partie supérieure. Deux petits moteurs auxiliaires verticaux actionnent le compresseur d'air horizontal et chargent les récipients d'air. L'ensemble est très compact et les réactions paraissent parfaitement équilibrées. La longueur du châssis est de 16m,60.

Il est permis d'espérer que la locomotive Diesel, qui n'est encore qu'une espérance, sera l'œuvre de demain.

Tout ce que nous venons de rapporter a été réalisé en vingt ans et le moteur Diesel n'a pas encore célébré ses noces d'argent.

AIMÉ WITZ,
Membre correspondant de l'Institut,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

(1) WITZ : La crise de la machine à vapeur (*Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France*, Lille, janvier 1913).

(2) WITZ : L'emploi du moteur à gaz dans les Stations centrales d'électricité (*Le Génie civil*, 1912, t. LX, page 25).

(1) DIESEL : *Die Motorschiffahrt in der Kolonien*, 13 nov. 1911 ;
DIESEL : *The present Status of the Diesel Engine in Europe*, 13 avril 1912 ;
WILDT : L'emploi du moteur Diesel à la propulsion des navires de haute mer (*Le Génie civil*, 20 juillet 1912).
C. N. : Les nouveaux moteurs Diesel marins [*La Technique Moderne*, t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 254].
DUMANOIS : Application des moteurs Diesel aux navires de guerre [*La Technique Moderne*, t. VI, n° 8 (15 avril 1913), p. 289].

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 256.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER

LE CHEMIN DE FER DES ALPES BERNOISES ET LE TUNNEL DU LŒTSCHBERG

L'inauguration du *Chemin de fer des Alpes Bernoises*, qui a eu lieu le 28 juin dernier, avait dû être reculée à plusieurs reprises par suite des difficultés de mise au point des installations électriques. Cette cérémonie, en témoignant de l'achèvement d'une œuvre considérable, marque l'origine d'une amélioration notable des relations entre l'Italie, d'une part, et le Nord-Ouest de la Suisse, et par suite de l'Europe, d'autre part.

Jusqu'à présent, le voyageur qui se rendait de Milan à Berne était assujetti à faire un grand détour en allant passer soit par Montreux, pour y prendre la ligne Montreux-Oberland-Bernois, soit par Lausanne. Quant aux marchandises en provenance du Simplon, elles étaient à peu près invariablement acheminées vers Lausanne, le chemin de fer Montreux-Oberland-Bernois ne faisant guère que du trafic-voyageurs.

Désormais, en empruntant la nouvelle voie, les transports s'effectueront directement de Brigue, au sortir du Simplon, dans la vallée du Rhône, à Spiez sur le lac de Thoune, dans la vallée de l'Aar. La réduction ainsi obtenue sur le parcours Brigue-Berne dépasse 50 % (115 km contre 244).

Il est vrai que le simple touriste, quelque peu alpiniste, avait la ressource de franchir à pied la Lœtschen-pass, ainsi que l'auteur de cet article a eu l'occasion de le faire il y a quelques années pour passer de la tête sud à la tête nord du tunnel alors en construction. Le touriste était alors largement dédommagé des fatigues devant lesquelles il n'avait pas reculé par le spectacle grandiose dont il avait été appelé à jouir du haut de ce belvédère. Ce n'est pas d'ailleurs à dire que la nouvelle ligne manque de pittoresque : tandis que la rampe sud offre des points de vue tout à fait comparables à ceux de la ligne Martigny-Châtelard, qui se détache plus en aval de la vallée du Rhône pour monter vers Chamonix, la rampe nord ne le cède en rien à la ligne Montreux-Oberland-Bernois.

On peut donc prédire dès maintenant le plus grand succès à la nouvelle route offerte aux voyageurs, car, en dehors de celle du Saint-Gothard, il n'y a peut-être pas en Suisse de ligne d'intérêt général aussi attrayante. C'est que le chemin de fer des Alpes Bernoises est un véritable chemin de fer de montagne, avec ses déclivités de 27 ‰ et ses rayons de 300 m. Signalons, à cette occasion, que certaines personnes ont, non sans quelque apparence de raison, manifesté des craintes au sujet du rendement du trafic-marchandises réservé à ce tunnel de faîte, qui oblige les trains à gravir plus de 600 m pour en redescendre ensuite plus de 550. Une commission internationale de trois experts, consultée naguère sur le choix du tracé, avait d'ailleurs accordé la préférence à une solution différente, solution qui consistait à passer par la vallée de la Simme et le Wildstrubel, en substituant un tunnel de base à celui du Lœtschberg.

Description de la ligne.

La nouvelle ligne, qui se détache des Chemins de fer fédéraux à Brigue, quitte le Rhône à Naters, puis elle s'élève rapidement en suivant la vallée, encastrée dans la paroi rocheuse des Alpes de l'Oberland qui descendent presque à pic jusqu'au thalweg. Tour à tour, elle franchit les ravins ou s'enfonce momentanément dans la montagne pour contourner des lits de torrents. Elle arrive ainsi par Lalden, Ausserberg et Hohtenn à la vallée de Lœtsch (Lœtschtal), au-dessus de Gampel, dans laquelle coule la Lonza, qu'elle suivra désormais, perpendiculairement à sa direction première, jusqu'à Goppenstein.

Situé au fond d'un cirque d'aspect sauvage très exposé aux avalanches — celle du 29 février 1908 fit 12 victimes parmi le personnel de l'entreprise — le village de Goppenstein n'existait guère avant l'ouverture des travaux. On a alors construit toute une cité ouvrière (5 680 m²), destinée à abriter une population de 3 000 à 4 000 âmes composée de rudes Piémontais, parfois indociles, qui ont assuré le dur travail du percement du tunnel dans les fumées de dynamite.

Après Goppenstein (1 220 m), le train s'enfonce dans le souterrain principal, celui du Lœtschberg, long de 14 km,5 d'où il sortira à Kandersteg (1 178 m), à l'endroit où la vallée de la Kander s'élargit brusquement en de verts pâturages. De là, suivant constamment la vallée, coupant et recoupant sans cesse la Kander, la ligne se dirige vers Frütigen où elle rejoint l'ancienne ligne Frütigen-Spiez, qui a été rachetée par la Cie du Chemin de fer des Alpes Bernoises. La distance de 12 km,5 qui sépare Kandersteg de Frütigen, correspondrait, eu égard à la différence d'altitude de 420 m, à une pente moyenne de 33 ‰. Pour ne pas dépasser le maximum de 27 ‰, on a dû faire prendre à la ligne un développement artificiel qui se présente sous la forme d'une double boucle passant par Blausee-Mittholz, entre les stations de Felsenburg et de Kandergrund (fig. 1).

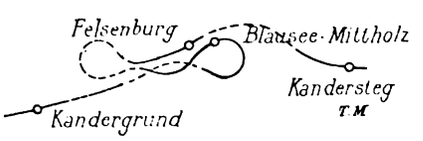


FIG. 1. — Double boucle du chemin de fer des Alpes bernoises.

Nous n'avons pas le dessein de décrire les innombrables ouvrages d'art qui jalonnent les deux rampes d'accès au tunnel du Lœtschberg ; un tel travail sortirait du cadre d'un article, à moins de nous limiter à une simple nomenclature qui ne présenterait aucun intérêt.

Qu'il nous suffise de dire que la voie d'accès sud, qui a 25 390 m de longueur, passe sous 21 tunnels d'une longueur totale de 7 074 m (dont un de 1 365 m à angle droit à l'entrée de la Kœtschtal), et franchit 11 ponts ou viaducs de plus de 10 m d'ouverture présentant une longueur d'ensemble de 840 m, les plus grands ayant 83 m (pont sur le Rhône) et 50 m de portée. Quant à la voie nord, qui a 20 188 m de longueur, elle traverse 12 tunnels d'une longueur globale de 4 924 m (dont un tunnel hélicoïdal de 1 665 m (fig. 1) et 14 viaducs de plus de 10 m, d'ouverture — celui de Rothbach a 28 m de portée — dont la longueur totale atteint 970 m). Les rampes d'accès sont revenues à 718 000 fr. par km pour l'infrastructure seule.

Nous nous arrêterons plus longtemps au tunnel du Lœtschberg : ce tunnel, en effet, même en ces temps où les ouvrages d'art les plus hardis sont devenus banaux, constitue un travail exceptionnel si l'on sait qu'il vient en troisième ligne parmi les grands souterrains de l'Europe centrale, tant au point de vue de sa longueur (Simplon 19 731 m. — Saint-Gothard, 14 920 m. — Lœtschberg 14 536 m (1) qu'au point de vue de son altitude maximum (Arlberg, 1 310 m. — Mont-Cenis, 1 296 m. — Lœtschberg, 1 242 m). Néanmoins, avant de passer aux détails de construction de ce souterrain, nous croyons devoir exposer quelques généralités relatives aux installations d'exploitation de la ligne.

Sur la rampe sud, les stations Hohtenn et Lalden ne comportent que deux voies de croisement, celle d'Ausserberg en comporte

(1) Exactement 14 605 m entre portails.

Digitized by Google

une autre d'évitement, enfin celle de Goppenstein, à l'entrée du tunnel, dispose de quatre voies principales et de deux voies d'évitement pour permettre le remaniement des trains qui doivent être doublés pour le passage du souterrain.

Sur la rampe nord, tandis que les stations de Felsenburg et de Kandergrund n'ont que deux voies, celle de Blausee-Mittholz est pourvue de trois voies principales et d'une voie d'évitement.

Les différentes stations comportent des postes centraux de commande et d'enclanchement des aiguilles et signaux. Pour l'ensemble de la ligne, les installations de sécurité, télégraphe, téléphone et signaux, ont entraîné une dépense de 500 000 francs.

La traction, électrique, est assurée au moyen de locomotives système Oerlikon adoptées après un essai sur le tronçon Spiez-Frütigen. Ces locomotives, capables d'assurer une vitesse de 40 km à l'heure, sur des rampes de 27 °/₀₀ à des trains de 310 T, comportent chacune deux moteurs-série compensés de 1 250 HP chacun; elles ont cinq essieux accouplés et deux essieux porteurs radiaux, transmissions par engrenages à chevrons et bielles. Le courant monophasé est fourni à 15 000 volts, 15 périodes, par la ligne de contact constituée par des fils de cuivre de 100 mm², à suspension caténaire, dont la hauteur varie entre 4,8 m. et 6,7 m. Le conducteur de retour est constitué par les rails. Les constructeurs Siemens-Schuckert-Oerlikon ont également fourni des automotrices de construction analogue destinées à la remorque des trains omnibus sur les deux rampes d'accès.

Détails de construction du tunnel du Lœtschberg.

Après des discussions qui durèrent de longues années, sur le choix du tracé à adopter — il s'agissait, ainsi que nous l'avons mentionné ci-dessus, d'opter entre le passage par la vallée de la Simme avec percement du Wildstrubel, ou celui par la vallée de la Kander, avec percement du Lœtschberg — un projet fut adopté le 27 juin 1906 par le Grand Conseil Bernois. Peu après, la Cie du Chemin de fer des Alpes Bernoises (Berne-Lœtschberg-Simplon) fut constituée, et la concession des travaux fut accordée, le 15 août 1906, à un groupe d'entrepreneurs français qui avait précédemment fait partie du syndicat d'études. Cette concession comportait la construction des rampes d'accès, y compris le ballastage et la superstructure, conformément à une série de prix (37 millions au total), ainsi que celle du tunnel à voie unique, avec évitement central, tracée en ligne droite entre Goppenstein et Kandersteg, au prix forfaitaire de 37 millions également. La Compagnie se réservait pendant un an la faculté de demander l'établissement immédiat de la double voie dans le tunnel, dont le prix forfaitaire serait alors porté à 50 millions.

L'entreprise ouvrit immédiatement ses chantiers. Bien entendu les installations que comportaient les travaux du tunnel furent établies à Goppenstein et à Kandersteg, tandis que celles que nécessitait l'établissement des rampes étaient organisées respectivement à Naters et à Frütigen.

Aussitôt l'attaque commencée au moyen de la perforation à main, on procédait sans retard à l'installation des voies de service en rails Vignole, à l'écartement de 0m,75 pour donner plus de souplesse au tracé (1), qui étaient rendues absolument indispensables dès le début, à la tête sud surtout, par suite de l'état lamentable des chemins à forte pente qui rendaient les transports par chevaux impraticables. Ces chemins, convenablement améliorés par les soins de l'entreprise, permirent néanmoins le transport du matériel de compression d'air et de ventilation, de telle sorte que la perforation mécanique pût commencer dès le 9 mars 1906 à la tête nord, et le 8 avril suivant à la tête sud.

La limite d'achèvement des travaux était fixée à quatre ans et demi à dater du commencement de la perforation mécanique.

Sur ces entrefaites, diverses modifications furent apportées au projet primitif. Tout d'abord, la Compagnie ayant dans l'intervalle obtenu du Gouvernement Fédéral une subvention de six millions, lui permettant d'établir de suite une double voie entre Goppenstein et Kandersteg, à condition que les rampes d'accès seraient préparées également pour l'établissement ultérieur de la double voie, dès 1907 la convention additionnelle prévue confiait à l'entreprise l'exécution de la double voie dans le tunnel. L'année suivante, il se produisit une catastrophe qui vint bouleverser le tracé primitif: le 24 juillet 1908, tandis que, à 2 675 m de l'entrée, la galerie située du côté nord passait dans la vallée de Gastern, sous le lit de la Kander, à 180 m en contrebas, cette rivière fit soudainement irruption dans le souterrain qui fut envahi sur 1 200 m. de longueur par 7 000 m³ d'alluvions quaternaires qui engloutirent 25 hommes. Les géologues s'étaient trompés dans leurs prévisions en limitant à 100 m l'épaisseur de la zone ébouleuse au-delà de laquelle on devait rencontrer du calcaire (fig. 2).

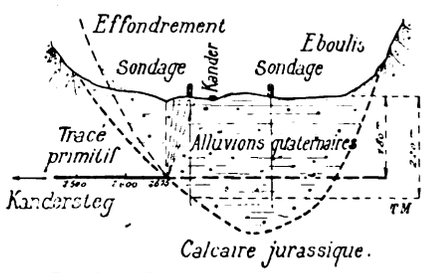


Fig. 2. — Coupe de la vallée de Gastern. (*Profil en long.*)

Toute tentative de fouille étant devenue très dangereuse, par suite de l'état évidemment instable de cette masse de sable mouillé qui avait comblé cette partie du souterrain, on décida de l'abandonner après l'avoir fermée au point 1 425, au moyen d'un mur de 10 m d'épaisseur, muni de drains pour assurer l'écoulement des eaux. On reconnut alors que la seule solution acceptable consistait à dévier le tracé rectiligne primitif, de manière à éviter la zone ébouleuse du lit de la Kander pour continuer le percement dans du granit.

Plan et profil en long. — En résumé, le plan et le profil en long réalisés sont représentés par la figure 3.

Le tunnel dévié utilise seulement 1 200 m du tracé primitif du côté nord et 4 000 m du côté sud. Sa longueur se trouve augmentée de 801 m (14536 - 13735). La forte pente ayant la plus faible longueur, l'attaque en faible pente n'était pas exposée à attendre en cas de retard de l'autre. En fait, au Lœtschberg, les deux galeries se sont rencontrées sensiblement au milieu du tunnel, à moins de 200 m près.

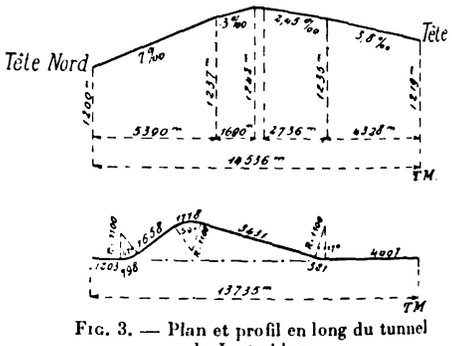


Fig. 3. — Plan et profil en long du tunnel du Lœtschberg.

Profil en travers. — Le profil-type est indiqué sur la figure 4.

Méthode de percement. — Le tracé ainsi que les profils en long et en travers étant ainsi déterminés, les travaux d'excavation se sont poursuivis normalement aux deux têtes par la méthode dite autrichienne, c'est-à-dire en employant une galerie de base (de 2m,20 × 3m,50 soit environ à 7m²,50), qui

(1) Il est à remarquer que tandis qu'à la rampe nord la voie de service était plus courte que la ligne définitive (14 km 190 au lieu de 20 km 188), grâce à la tolérance d'une plus grande déclivité, à la rampe sud au contraire elle était plus longue (28 km 515 au lieu de 25 km 390), la souplesse de la voie 0,75 ayant permis d'éviter des ouvrages d'art provisoires trop importants. Ces voies de service ont coûté 82 000 fr le kilomètre.

Digitized by Google

a l'avantage d'augmenter le nombre des attaques tout en facilitant les transports, l'écoulement des eaux et la ventilation. La nature de la roche a d'ailleurs permis d'opérer plus rapidement à la tête nord qu'à la tête sud. Tandis que, à la première, on put déblayer immédiatement sur toute la hauteur, de la galerie de base au faîte, en boisant solidement (fig. 5), on dut, à la seconde, établir une galerie de faîte en ouvrant au ciel de la galerie inférieure des cheminées servant d'amorce à la galerie supérieure, s'exécutant dans les deux sens à partir de ces cheminées (fig. 6 et 7).

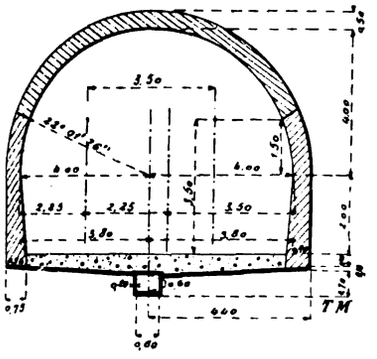


Fig. 4. — Profil en travers du profil du tunnel du Lœtschberg.

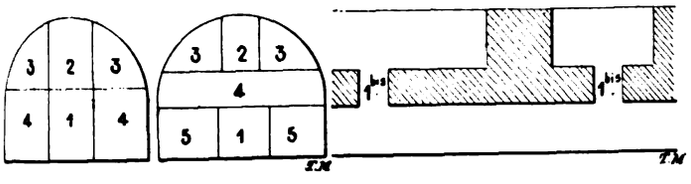


Fig. 5, 6 et 7. — Schémas montrant le procédé de boisement de la galerie.

Perforation. — Pour la perforation, on a employé des perforatrices à air comprimé (à 7 kg environ) Ingersoll-Rand à la tête sud, Mayer à la tête nord. Ces perforatrices sont groupées par 4 sur un affût roulant que l'on cale au moyen de vérins à vis et plateau (fig. 8).

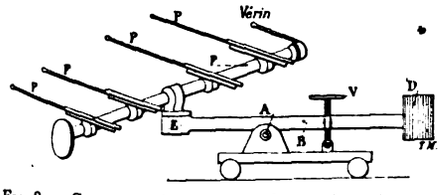


Fig. 8. — Groupement par quatre des perforatrices sur un affût. — A, axe ; B, bras ; V, volant ; D, contrepoids ; E, pivot ; F, colonne porte-perforatrices ; P, perforatrices.

Le diamètre du piston de ces perforatrices était de 90 mm ; leur course était de 166 cm et elles frappaient 250 coups à la minute. Les burins, taillés en croix, pouvaient être dirigés dans une direction quelconque. On perçait de 10 à 19 trous, 13 en moyenne, par volée, dans l'ordre suivant : couronne, centre, pied. Ces trous, de 1m,20 à 1m,80 de profondeur, étaient chargés chacun de 2 kg de dynamite-gomme à 92 % de nitroglycérine. Pour la mise du feu, en bloc ou dans un ordre déterminé, on employait du cordeau au trinitrotoluol Bickford. Une consommation de dynamite de 2 kg 5 à 3 kg par m³ assurait un avancement par volée de 0m,90 à 1m,30 (5 à 6 volées par jour).

Dans la galerie de faîte, les perforatrices étaient montées en colonnes horizontales ou verticales.

Pour les abatages on a eu recours à des perforatrices sur trépied (piston de 70 mm environ) et à des marteaux perforateurs Hottmann (à rotation automatique) ou Ingersoll (sans rotation).

A chaque attaque, l'air comprimé était fourni aux divers engins de perforation par trois compresseurs commandés par des moteurs électriques de 400 HP (1).

La vitesse générale d'avancement a légèrement dépassé (tous arrêts compris) 9 m au lieu de 8m,50 à l'Arlberg et au Simplon. En déduisant les jours de chômage et les arrêts (un mois à la tête sud à la suite de l'avalanche du 29 février 1908, et sept mois à la tête nord, du fait de la catastrophe du 24 juillet suivant), l'avancement journalier moyen de la perforation mécanique seule a atteint près de 12 m.

Marinage et transport des déblais. — L'enlèvement des déblais après chaque volée se faisait à la main, l'enlèvement mécanique n'ayant pas paru satisfaisant. Le transport des déblais s'effectuait au moyen de dix locomotives à air comprimé à la pression de 120 kg (réduite à 20 kg pour l'admission dans les cylindres), ce qui constituait une nouveauté en matière de traction. Ces locomotives étaient à 2, 3 ou 4 essieux accouplés, les premières étant réservées aux transports dans la galerie de base. Les machines à 3 essieux comportaient six réservoirs de 5 m³ de capacité, des pistons de 275 mm de diamètre, 300 mm de course ; leur empattement n'était que de 2m,10, mais leur porte à faux était considérable (fig. 9.) Quant aux locomotives à 4 essieux, l'empattement des deux essieux du milieu était seul rigide pour permettre le passage dans les courbes de faible rayon.

Fig. 9. — Schéma de la locomotive à trois essieux.

L'air comprimé était distribué au moyen de canalisations alimentées à chaque tête du souterrain par deux compresseurs à 4 et 5 étages de 250 HP. Ces compresseurs refoulaient l'air dans deux batteries de neuf réservoirs éprouvés à 180 kg à la presse hydraulique ; ils étaient commandés par des moteurs électriques.

A l'arrière de l'avancement, on creusait immédiatement une rigole de 60 × 60 pour l'écoulement des eaux, et l'on posait des voies de service, ainsi que les canalisations à air comprimé.

Revêtements. — Dès qu'il fût décidé de construire sans retard un tunnel à deux voies, la maçonnerie fut commencée à la suite des travaux d'excavation.

La maçonnerie de revêtement comprend : les fondations des piédroits en béton, les piédroits en maçonnerie ordinaire jusqu'à 1m,50 au dessus de l'axe, la voûte de 50 cm d'épaisseur en moellons de béton ou en moellons tétués avec mortier de ciment ou de chaux hydraulique, suivant qu'il y avait des infiltrations ou qu'il n'y en avait pas (fig. 4, ci-dessus). Lorsque les infiltrations devinrent trop abondantes, on plaça une tôle de 4 mm à l'extrados. Les cintres étaient en fer double T.

Ventilation. — La ventilation comportait à chaque tête deux ventilateurs centrifuges système Capell de 3m,50 de diamètre, actionnés par des moteurs électriques de 175 HP, et débitant, par aspiration ou refoulement, 25 m³ p. s. sous une pression de 250 mm. Ces ventilateurs doivent continuer à assurer l'aération du tunnel en exploitation normale. L'air était envoyé dans une gaine, constituée par une cloison en briques et fers à double T isolant une portion de la section du tunnel, qui avançait en même temps que la maçonnerie (fig. 10).

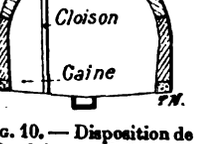


Fig. 10. — Disposition de la cloison et de la gaine d'aération.

Cette gaine, qui constituait un dispositif nouveau, servait également à abriter les câbles à haute tension qui amenaient le courant destiné à alimenter, après transformation (15 000/500), les ventilateurs secondaires qui reprenaient l'air frais pour le distribuer aux divers chantiers de l'avancement. D'ailleurs, la ventilation qui, en exploitation, sera facilitée par le fait de l'établissement de la double voie, bénéficia pendant la construction du fonctionnement des locomotives et des perforatrices ; ce ne fut pas un des moindres avantages de l'emploi systématique de l'air comprimé qui a été réalisé au Lœtschberg.

(1) Moyennant un prix à forfait, que l'entreprise payait à la Cie du chemin de fer des Alpes Bernoises, celle-ci lui faisait fournir, par les usines de Gampel et de Spiez, du courant triphasé à 15 000 volts, que des transformateurs ramenaient à 500 volts pour la force motrice et à 125 pour l'éclairage.

Digitized by Google

TEMPÉRATURE. — La température a atteint un maximum de 33°; ses variations ne furent nullement conformes aux prévisions que l'on pouvait faire reposer sur une valeur probable du degré géothermique. On peut sans doute attribuer ces variations à la présence de sources chaudes ou froides. Au moyen de pulvérisation d'eau, on obtint un abaissement notable de la température dans les galeries où elle était trop élevée.

Commencées respectivement le 15 octobre (tête nord) et le 6 novembre 1906 (tête sud), les deux galeries se sont rencontrées, avec une précision presque mathématique, le 31 mars 1911, soit moins de quatre ans et demi après le début des travaux. Ce résultat, qui constitue un record, est des plus remarquables, si l'on songe que l'établissement de la ligne a nécessité l'emploi d'un personnel qui a atteint un effectif de 9 000 hommes, exigé plus de trois millions de mètres cubes de terrassements et la mise en œuvre de 650 000 mètres cubes de maçonnerie. Les seuls travaux du tunnel du Lœtschberg ont absorbé une force de près de 3 000 HP à chaque tête.

Cette œuvre considérable, menée à bonne fin dans les délais convenus en dernier lieu, malgré des difficultés innombrables, fait le plus grand honneur aux Français qui l'ont entreprise, et en particulier à M. L. Chagnaud, qui en a dirigé les travaux avec une largeur de vue et une compétence hors de pair, aussi bien pour l'organisation des chantiers que pour le choix du matériel.

J. MORET,
Ingénieur des constructions civiles.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LES HABITATIONS A BON MARCHÉ

EXEMPLE PRATIQUE DE L'APPLICATION DE LA LEGISLATION FRANÇAISE

I. — Textes de la législation française.

La législation française sur les habitations à bon marché est actuellement la résultante de trois lois successives des 30 novembre 1894, 12 avril 1906, 23 décembre 1912, auxquelles se joint la loi du 10 avril 1908, modifiée par celles du 8 avril 1910 (loi de finances) et du 26 février 1912. La loi de 12 avril 1906 a abrogé celle du 30 novembre 1894, tandis qu'elle a subsisté en dépit des modifications qui lui ont été apportées par les lois du 13 juillet 1911 (loi de finances) et du 23 décembre 1912.

La simple énumération de ces textes révèle une multiplicité qui serait de nature à rebuter les intéressés. Il est donc opportun de leur montrer que, sous cette complexité apparente de la législation, il est possible de dégager des procédés pratiques dont l'application, réalisée avec méthode par des hommes éclairés et désintéressés, fournit des résultats satisfaisants.

A cet égard, l'historique des efforts accomplis et des succès obtenus dans le Dauphiné par la mise en œuvre successive des diverses lois dès leur promulgation est particulièrement instructif.

II. — Les habitations à bon marché dans le Dauphiné.

1. — Le 10 mai 1907, fut constituée une Ligue, dénommée *Ligue dauphinoise du coin de terre et du foyer*, sous la forme d'une association déclarée d'après le régime de la loi du 1er juillet 1901. Aux termes de ses statuts, elle établissait son siège social à Grenoble, au domicile du président, M. Beudant, professeur à la Faculté de droit : elle avait pour principal objet l'organisation de jardins ouvriers et se proposait plus généralement « d'organiser les diverses œuvres qui tendent à améliorer la condition des ouvriers en les faisant participer à la jouissance de la terre et en leur procurant des logements salubres à bon marché. » Pour être membre de la Ligue, il fallait être agréé par le bureau et payer une cotisation annuelle de cinq francs qui pouvait être rachetée par le versement d'une somme de 100 francs. Elle était administrée par un Comité de direction de 18 membres nommés pour 3 ans, renouvelables chaque année par tiers et indéfiniment rééligibles; ils étaient élus par l'Assemblée générale, au scrutin secret, dans sa réunion du mois de décembre. Le Comité choisissait parmi ses membres un président, un secrétaire et un trésorier.

Le Comité de direction comprenait, outre le président M. Beudant, un ingénieur, M. Reboul, comme trésorier, et un simple ouvrier gantier, M. Fabreguette, comme secrétaire. Le directeur de l'Agence du Crédit Lyonnais, le président de la Chambre de commerce et le doyen de la Faculté des Sciences en faisaient également partie. A l'origine, les 18 membres du Comité constituaient presque l'intégralité de l'effectif de la Ligue réduit à une vingtaine de membres. Le Comité élabora en premier lieu un règlement pour les jardins ouvriers. Comme le signalait le président, M. Beudant, au cours de son rapport à l'Assemblée générale du 10 décembre 1909 (p. 5), et comme il convient de le rappeler pour ceux qui se décideraient à entreprendre une œuvre analogue, « si des hésitations ont pu se faire jour sur différents points, du moins un principe fondamental fut-il posé sans conteste : celui de la neutralité complète de la Ligue », et il ajoutait : « Nous avons pensé, dès le premier jour, qu'une œuvre d'assistance comme la nôtre peut et doit être indépendante de tous les partis, grouper toutes les bonnes volontés et venir en aide à tous les malheureux » ; la preuve de la neutralité de la Ligue était, d'ailleurs, fournie par l'éclectisme manifesté dans le choix des trois membres du bureau dont le président était catholique, le trésorier protestant et le secrétaire libre penseur ; elle fut cependant suspectée à l'origine par le public qui craignait d'y trouver soit une section déguisée d'une œuvre paroissiale catholique, la Ruche Saint-Bruno, soit un organe de recrutement pour le Temple protestant, soit un Comité destiné à la préparation des élections municipales de 1907. La correction de l'attitude des Ligueurs dissipa ces soupçons.

Il en fut de même des rapports du Comité avec ses jardiniers; d'abord empreints de la plus froide réserve, ils passèrent peu à peu à une absolue confiance, dont le caractère raisonné affirme la solidité mieux que n'aurait pu la garantir un empressement irréfléchi.

L'avantage de l'influence conquise par la Ligue ne profite pas, du reste, uniquement à cette dernière ; le crédit dont elle jouit exerce une action moralisatrice sur les ouvriers qui, à l'exclusion des employés, sont devenus ses clients.

En décembre 1907, six mois après la fondation de la Ligue, grâce au don gratuit de terrains par de généreux philanthropes, le nombre des jardins était de 124, d'une superficie de 100 à 120 mètres carrés, et la Ligue comptait plus de 100 membres. Au lendemain de l'Assemblée générale de décembre 1907, deux subventions, l'une de 200 francs de la Cie P.-L.-M., l'autre de 100 francs du Comité départemental des habitations à bon marché de l'Isère, — subventions renouvelées d'ailleurs depuis cette époque — et

Digitized by Google

le don gratuit de nouveaux terrains permirent d'augmenter de 24 le nombre des jardins.

Toutefois, trois propriétaires, usant du droit qu'ils s'étaient réservé, reprirent leurs terrains au début de 1909, ce qui obligea la Ligue à doter 23 jardiniers de nouveaux lopins et, par suite, à prendre en banlieue, à bail, un terrain où elle créa 32 jardins de 200 mètres carrés. L'adoption d'un terrain suburbain et la majoration de la superficie initiale de 100 ou 120 mètres carrés étaient recommandées par l'expérience : celle-ci montrait, en effet, que, d'une part, une superficie de 200 mètres permettait au jardinier de construire une tonnelle ou même une petite cabane et que, d'autre part, l'éloignement du jardin déterminait l'ouvrier à ne point se borner à de brefs passages individuels « pour y donner des coups de bêche ou y récolter des légumes », mais à effectuer « des déplacements plus longs, avec sa famille, pour s'y installer, y flâner, y prendre l'air et se reposer » (p. 11 du rapport). De plus, il convient au point de vue pratique de signaler deux innovations importantes : 1° la délivrance gratuite des outils aux jardiniers par la Ligue a été supprimée en raison du coût élevé tant de l'acquisition que du gardiennage et à cause de la possession d'outils par la plupart des jardiniers ou de leur faculté d'en acquérir : les outils existants ont été réservés aux jardiniers les plus nécessiteux ou attribués comme prime aux meilleurs ; 2° la délivrance des jardins par la Ligue était presque gratuite : en effet, aux termes de son règlement, la Ligue n'imposait aucun loyer aux concessionnaires de jardins ; elle se bornait à exiger d'eux une cotisation annuelle de 1 franc qu'elle regardait comme la contribution d'un collaborateur au développement de l'œuvre commune. Il avait donc paru justifié de les réserver à ceux qui ne peuvent louer un jardin de leurs deniers : d'où l'obligation, qui s'était imposée à la Ligue, de donner congé à l'ouvrier qui, au début, privé de ressources, avait vu sa situation s'améliorer soit par une élévation du salaire, soit par une réduction des charges de famille ; or, cette obligation avait semblé pénible aux administrateurs de la Ligue, surtout à l'égard de l'ouvrier dont le labeur et le succès horticole avaient donné pleine satisfaction ; aussi, ont-ils préféré maintenir en jouissance le jardinier devenu plus fortuné, en lui imposant toutefois l'obligation de verser une cotisation annuelle, non plus de 1, mais de 5 francs. La Ligue comptait, du reste, que le nombre de ces débiteurs de cotisations majorées n'excéderait pas une vingtaine, et elle espérait créer autour du bureau une phalange de collaborateurs éprouvés.

Actuellement, le nombre des jardins excède 300 ; de plus, on évalue à 5 francs le prix auquel la Ligue peut louer le terrain nécessaire à un grand jardin qui, entre les mains d'un jardinier de qualités moyennes, produit bon an mal an pour 100 francs de légumes « sans compter l'économie sur le cabaret et la provision de santé faite par la famille » (p. 12 du rapport).

Le règlement des jardins mérite, à raison de son caractère pratique, une analyse détaillée.

Aucune concession de jardin ne peut être accordée à un candidat qui possède déjà un jardin à titre soit de propriétaire, soit de locataire ; les vols ou déprédations commises dans les jardins n'engagent à aucun degré la responsabilité de la Ligue. Les concessionnaires de jardins n'ont aucun loyer à payer, et c'est seulement à titre de collaborateurs de la Ligue qu'ils sont astreints à une cotisation annuelle fixée, comme il a été exposé plus haut, d'abord à 1, puis à 5 fr, en vue de coopérer au développement de l'œuvre. Ils doivent, en cas de changement de domicile, aviser de leur nouvelle adresse, dans les huit jours, le secrétaire de la Ligue. Les outils, d'abord délivrés à titre gratuit à tous les jardiniers, sont réservés aux plus nécessiteux pour le motif indiqué ci-dessus. Les concessions de jardins sont effectuées pour un an à partir du 1er novembre et indéfiniment renouvelables ; tout concessionnaire qui ne donne pas ou ne reçoit pas son congé le 1er mai reste en jouissance un an à dater du 1er novembre suivant. Le règlement prescrit aux jardiniers en termes formels de se conformer sans délai à toutes les prescriptions formulées par les membres ou les délégués du bureau de la Ligue, spécialement en ce qui concerne les réunions de jardiniers, l'établissement de baraques et tonnelles, le mode de clôture des jardins : les clôtures en ronces artificielles sont expressément interdites. Le jardinier qui abandonne volontairement son jardin en cours d'année ne peut prétendre à aucune indemnité en raison des récoltes sur pied. Les concessionnaires de jardins peuvent être expulsés en cours d'année par décision du bureau dans les cas suivants : 1° ivresse ou inconduite notoire ; 2° vol commis au préjudice d'un autre jardinier ; 3° insuffisance de culture ; 4° défaut de paiement de la cotisation ; 5° propos inconvenant ou grossier tenu à l'adresse d'un membre de la Ligue ou d'un jardinier ; 6° omission de déclaration de nouvelle adresse ou inobservation des ordres formulés par les membres ou les délégués du bureau ; 7° tromperie dans l'indication du nombre ou de l'âge des enfants ; 8° possession d'un autre jardin. Aucune expulsion n'est prononcée si ce n'est après que l'intéressé a été entendu par le bureau ; un délai de deux mois est accordé au jardinier expulsé pour l'enlèvement de sa récolte ; en aucun cas, il ne peut réclamer une indemnité. La Ligue a prévu le cas où, n'étant pas propriétaire d'un terrain concédé, elle en serait dépossédée si le propriétaire venait à le vendre ; le règlement des jardins spécifie que le jardinier, privé de son jardin pour ce motif, sera pourvu d'un nouveau jardin par préférence à tout autre candidat dans la mesure des terrains disponibles ; la Ligue, si elle ne peut lui assurer le temps nécessaire à l'enlèvement de la récolte, s'engage à lui payer une indemnité fixée à l'amiable.

2. — Toutefois, la Ligue ne se prêtait pas à la seconde partie du programme que ses fondateurs s'étaient assigné : la construction de maisons ouvrières. En effet, le régime de la loi du 1er juillet 1901 ne lui permettait point de bénéficier des avantages que la loi du 12 avril 1906 réserve aux sociétés anonymes et aux sociétés coopératives soit au point de vue fiscal (impôt foncier, impôt des portes et fenêtres, taxe sur les valeurs mobilières, timbre), soit au point de vue des emprunts à contracter auprès des caisses publiques (Caisse des dépôts et consignations, caisses d'épargne, et, depuis la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières et paysannes, caisses régionales de retraites, enfin, depuis la loi du 23 décembre 1912 sur les habitations à bon marché, municipalités). Aussi les organisateurs de la Ligue fondèrent-ils en avril 1908 la *Société anonyme dauphinoise du coin de terre et du foyer*, conformément à la loi du 12 avril 1906 sur les habitations à bon marché. Le capital en était à l'origine de 12 500 francs, divisé en 500 actions nominatives de 25 francs ; l'assemblée générale du 12 février 1909 le porta à 43 500 francs. Le siège social était, comme celui de la Ligue, au domicile du président, M. Beudant. Elle avait pour objet de réaliser soit l'acquisition, la construction, la vente ou la location d'habitations salubres et à bon marché, ainsi que de leurs dépendances ou annexes, telles que jardins, bains ou lavoirs, soit l'amélioration et l'assainissement d'habitations existantes et la vente ou la location de jardins formant dépendance des habitations, soit l'achat d'immeubles destinés à ces usages ; dans ce but, elle pouvait acquérir, construire, aliéner, prendre et donner en location, faire des prêts en vue de la construction ou de l'achat d'immeubles destinés à des habitations à bon marché et, à cet effet, contracter des emprunts et négocier toutes garanties qu'elle aurait elle-même reçues de ses emprunteurs. Si les locataires acquéreurs usaient de la faculté de contracter une assurance temporaire auprès de la Caisse nationale d'assurance en cas de décès, la police d'assurance devait être faite au profit de la Société ; celle-ci pouvait elle-même contracter cette assurance sur leur tête.

La Société était administrée par un Conseil de quatre membres que nommait l'Assemblée générale, qui devaient être propriétaires chacun de 20 actions affectées à la garantie des actes de gestion et dont les fonctions étaient gratuites. Il devait être dressé chaque semestre un état sommaire de la situation active et passive de la

Digitized by Google

Société et, au 31 décembre de chaque année, un inventaire général de l'actif et du passif. Après l'acquittement des charges de toute nature, il était opéré sur les bénéfices : 1° un prélèvement de 5 % pour constituer le fonds dit de réserve légale, prélèvement qui devenait facultatif lorsque ce fonds de réserve aurait atteint 1/10 du capital social ; 2° un dividende maximum égal à 4 % par an du capital non remboursé. Le surplus, s'il en existait, formait une réserve spéciale destinée à assurer le développement de l'œuvre, à parer aux éventualités et, en cas d'insuffisance dans le produit net, à permettre la majoration des dividendes jusqu'à concurrence du maximum de 4 % du capital non remboursé.

La Société, dont les statuts furent approuvés par un arrêté du Ministre du travail du 20 juillet 1908, ne remplaçait pas la Ligue ; elle s'y juxtaposait et la complétait ; elle réalisait la forme de la Ligue nécessaire à la construction des habitations à bon marché. Au reste, la Ligue voulut affirmer l'intérêt qu'elle portait à la Société, sa filiale ; à cet effet, elle prit à sa charge tous les frais de bureau de la Société, elle servit le dividende des actionnaires pour l'année 1908, ce qui permit à la Société de ne point distribuer de dividendes et de commencer la formation d'un fonds de réserve ; enfin elle consacra un don de 6 000 francs, qu'elle avait reçu, à l'achat d'actions de la Société ; suivant l'expression du président des deux groupements dans son rapport précité (p. 8), « Ligue et Société sont deux incarnations juridiques d'une seule et même œuvre ».

L'essor de la Société fut très rapide : elle construisit en cinq mois et livra à ceux qui en avaient obtenu la concession, sept maisons individuelles de quatre pièces : deux au rez-de-chaussée, deux au premier étage, avec cave, grenier, jardin de 100 mètres carrés et cabinet d'aisance. Le prix moyen, terrain compris, était de 6 000 francs : le loyer variant de 27 fr 50 à 29 fr 50 par mois, suivant les différences de détail de chaque installation, et la propriété était acquise au bout de 30 ans ; le concessionnaire pouvait d'ailleurs hâter l'amortissement, soit par le rachat anticipé d'une ou de plusieurs annuités, soit par le versement d'une somme, lors de l'entrée en jouissance : le versement de 2 000 francs, par exemple, réduisait d'environ moitié la durée de l'amortissement ; la Société se prêtait, du reste, à toutes les combinaisons que réclamait la situation spéciale de chaque intéressé ; selon les termes du rapport précité (p. 9), elle n'était « irréductible que sur un point : elle entend ne travailler qu'au profit d'ouvriers proprement dits, non au profit de petits capitalistes pouvant traiter avec les sociétés ou d'entrepreneurs qui font métier de bâtir à crédit ».

Le nombre des maisons individuelles louées à amortissements est actuellement de 15, construites à l'aide de prêts consentis par des amis de l'œuvre au taux de 3 et 3,5 %. De plus, 3 immeubles collectifs ont été construits à l'aide de prêts hypothécaires obtenus au taux de 4 et 4 1/2 % ; ils sont loués en location simple et comprennent, à eux trois, 70 appartements de 3 pièces. Il paraît que la Caisse des dépôts et consignations, sollicitée de consentir un prêt pour les maisons individuelles, s'y est refusée, parce que la Société, bien que déjà existante et pourvue d'un Conseil d'administration en partie recruté dans l'Université de Grenoble, ne lui semblait pas réaliser des bénéfices suffisants eu égard à la modicité des loyers et des amortissements qu'elle imposait à sa clientèle.

3. — La promulgation de la loi du 10 avril 1908 a déterminé, le 20 octobre 1912, une nouvelle création : celle de la *Société anonyme de crédit immobilier des arrondissements de Grenoble, de Saint-Marcellin et de la Tour-du-Pin*, qui est régie par le titre II de la loi du 24 juillet 1867 modifiée par la loi du 1er août 1893 et par les lois des 10 avril 1908 et 26 février 1912. Elle a pour agent général M. Fabreguette qui, élevé de la condition d'ouvrier gantier au rang d'employé de bureau, lui consacre le dévouement le plus éclairé. Le président est M. Beudant, dont l'apostolat social s'applique avec un zèle inlassable aux trois groupements.

Cette Société a pour objet : 1° de consentir aux emprunteurs qui remplissent les conditions légales, des prêts hypothécaires individuels destinés soit à l'acquisition de champs ou jardins, soit à l'acquisition ou à la construction de maisons individuelles à bon marché ; 2° de faire des avances aux sociétés d'habitations à bon marché pour celles de leurs opérations qui sont effectuées en conformité de la loi du 10 avril 1908-26 février 1912.

A cet effet, elle peut contracter des emprunts et négocier toutes garanties qu'elle aurait elle-même reçues de ses emprunteurs. Elle a son siège dans les bureaux de la Caisse d'épargne de Grenoble. Le fonds social est fixé à 200 000 francs, divisé en actions nominatives de 500 francs. Le taux des prêts directs aux particuliers ne peut excéder 3 1/2 % ; celui des avances aux sociétés d'habitations à bon marché, 3 %. En dehors des opérations prévues par la loi, la Société ne peut effectuer que des placements en rentes sur l'Etat ou en valeurs garanties par l'Etat. L'assurance contractée par les emprunteurs à la Caisse nationale d'assurance en cas de décès doit être souscrite au profit de la Société ; celle-ci peut elle-même la contracter sur leur tête. Elle est administrée par un Conseil de 9 à 12 membres, qui doivent être propriétaires de deux actions affectées à la garantie des actes de gestion, qui sont élus par l'Assemblée générale et dont les fonctions sont gratuites. Un commissaire-vérificateur, chargé de veiller à l'observation des statuts et investi du droit d'examiner la comptabilité, est désigné par l'Assemblée générale, soit au sein, soit en dehors de la Société. L'emploi des bénéfices est déterminé selon les mêmes règles que pour la Société anonyme dauphinoise du coin de terre et du foyer.

La valeur des maisons achetées ou construites par les emprunteurs ne peut dépasser les chiffres que la loi fixe à des taux variables suivant l'effectif de la population de la commune : ce maximum comprend la valeur de la maison et celle du terrain couvert ou entouré par la construction, mais non celle du jardin ou champ attenant à l'habitation, dont la surface peut atteindre 10 ares ou même, si le prix d'acquisition du jardin ou champ ne dépasse pas 1200 francs, 1 hectare. Pour obtenir un prêt, il faut : 1° être majeur et assez bien portant pour être accepté par la Caisse nationale d'assurance en cas de décès ; 2° posséder au moins le cinquième de la somme qui doit être dépensée ; la Société prête les quatre cinquièmes restants plus la prime unique d'assurance sur la vie dont le montant est incorporé au prêt. Le cinquième de garantie exigé peut consister en numéraire ou en terrain libre de toute hypothèque. Toutefois, d'après les renseignements recueillis ou les circonstances de l'espèce, l'emplacement du terrain et les plans et devis de la maison projetée, la Société peut, soit refuser le prêt, soit exiger de l'emprunteur un apport personnel ou toute autre garantie supplémentaire dépassant le cinquième de la dépense à engager. L'emprunteur a, du reste, toute liberté pour le choix du terrain et de l'entrepreneur ; toutefois, la Société désire qu'il soit traité avec ce dernier à forfait sur devis descriptif et détaillé. La Société ne construit pas ; elle se borne, dans un intérêt commun, à vérifier les plans et devis qui doivent lui être remis et à en contrôler la bonne exécution. Elle tient à la disposition des emprunteurs des indications de terrains à bâtir, et elle procure à ceux qui le désirent des plans et devis d'habitations salubres, bien construites et bien distribuées.

Les conditions spéciales imposées aux prêts sont : l'obligation d'assurer la maison contre les risques d'incendie à une compagnie agréée par la Société ; l'interdiction de la vendre ou de la louer sans autorisation expresse et écrite tant que l'emprunteur n'est pas intégralement libéré envers la Société ; l'interdiction absolue d'y tenir un débit de boissons pendant la même période ; enfin, dans le cas d'achat d'une maison, le versement préalable d'un droit de 10 francs pour frais de visite de l'immeuble et établissement d'un rapport par un agent de la Société. Pour obtenir un prêt, l'intéressé doit adresser une demande indiquant, outre son nom, son état-civil, son âge, son état de célibat ou de mariage, le nombre de ses enfants, sa profession, son salaire, le nom et

Digitized by Google

l'adresse du patron, le montant de la somme demandée et l'objet de l'emprunt ; cette demande peut être faite soit par lettre soit par l'intermédiaire de l'un des administrateurs de la Société ou du délégué local. Dans chaque cas, le Conseil d'administration de la Société statue après examen et enquête : s'il accueille la demande, le pétitionnaire subit à ses frais un examen médical en vue d'une proposition d'assurance sur la vie à la Caisse nationale d'assurance en cas de décès ; lorsque la proposition d'assurance est acceptée, la Société fait les démarches nécessaires pour obtenir, du contrôleur des contributions directes et du Comité de patronage des habitations à bon marché, les certificats administratifs et de salubrité prescrits par l'article 3 de la loi du 10 avril 1908 et l'article 5 de la loi du 12 avril 1906 ; puis est signé l'acte d'ouverture de crédit par la Société à l'emprunteur.

En cas d'achat d'un terrain ou d'une maison, les fonds sont versés entre les mains du notaire chargé de la vente ; en cas de construction d'une maison, ils sont versés à l'entrepreneur au fur et à mesure de l'avancement des travaux sur la demande de l'entrepreneur et après autorisation de l'agent de la Société chargé de la surveillance.

L'emprunteur détermine à son gré la durée du remboursement. Cette durée ne peut excéder 25 ans, et l'emprunteur doit être intégralement libéré lorsqu'il a atteint l'âge de 65 ans. Le remboursement s'effectue par versements mensuels calculés de telle sorte que le capital prêté, la prime unique d'assurance et l'intérêt soient simultanément payés. L'emprunteur peut toujours effectuer des versements supérieurs et se libérer par anticipation. En cas de libération anticipée totale des sommes dues par l'assuré à la Société, la police d'assurance est résolue à la date de l'échéance suivante, et il est remboursé à l'emprunteur une somme égale à la réserve mathématique du contrat d'assurance. Chaque emprunteur reçoit un carnet qui lui permet de contrôler la comptabilité de la Société dans la mesure où il y est intéressé, et cela en le faisant assister chaque mois à la décroissance de sa dette, décroissance dont l'importance dépend de celle des versements qu'il effectue.

Le tableau suivant donne le barême des sommes à payer pour amortir en 25 ans des sommes de 2 500, 3 000, 4 000, 5 000, 6 000 fr, augmentées du montant des primes uniques incorporées correspondantes :

BARÊME DES SOMMES A PAYER POUR AMORTIR EN 25 ANS DES SOMMES DE 2 500, 3 000, 4 000, 5 000, 6 000 FRANCS, AUGMENTÉES DU MONTANT DES PRIMES UNIQUES INCORPORÉES CORRESPONDANTES

MONTANT du PRÊT	MONTANT DE LA PRIME unique incorporée calculée pour des remboursements mensuels et suivant que les assurés sont âgés de :			SOMMES à amortir	ANNUITÉS constantes permettant d'amortir en 25 ans les dites sommes		MENSUALITÉ 1/12 de l'annuité	
	24-25 ans	23-30 ans	33-34 ans		Taux 3 0/0	Taux 3 50 0/0	Taux 3 0/0	Taux 3 50 0/0
2 500	328 65			2 828 65	162 45	171 65	13 55	14 30
		343 85		2 843 85	163 30	172 55	13 60	14 40
			375 45	2 875 45	165 15	174 45	13 75	14 55
3 000	394 40			3 394 40	194 95	205 95	16 25	17 15
		412 65		3 412 65	196 00	207 05	16 35	17 25
			450 55	3 450 55	198 15	209 35	16 50	17 45
4 000	525 85			4 525 85	259 90	274 60	21 65	22 90
		550 15		4 550 15	261 30	276 10	21 80	23 00
			600 75	4 600 75	264 20	279 15	22 00	23 25
5 000	657 30			5 657 30	324 90	343 85	27 10	28 60
		687 70		5 687 70	326 65	345 10	27 20	28 75
			750 95	5 750 95	330 25	348 95	27 50	29 10
6 000	788 75			6 788 75	389 85	411 90	32 50	34 35
		825 15		6 825 25	391 95	414 10	32 65	34 50
			901 15	6 901 15	396 30	418 70	33 05	34 90

Les avantages dont profitent les habitations construites ou achetées aux conditions fixées par la Société et avec le concours de celle-ci sont les suivants :

1° Les emprunteurs sont immédiatement propriétaires de leurs habitations.

2° Ils se libèrent par versements mensuels, dont l'importance varie suivant l'âge et le délai de remboursement par eux choisi et qui sont parfois inférieurs au montant qu'atteindrait le loyer.

3° Les maisons construites dans ces conditions peuvent obtenir l'exonération de l'impôt foncier et de l'impôt des portes et fenêtres pendant 12 années. A cet effet, l'emprunteur doit effectuer à la mairie de la commune où la construction sera élevée et dans un délai de quatre mois, compté de l'ouverture des travaux, une déclaration spéciale indiquant la nature du bâtiment et précisant que cette déclaration a pour objet d'obtenir, pendant 12 années, l'exonération d'impôts prévue par la loi du 12 avril 1906 ; cette déclaration est indépendante de celles que prescrivent les règlements municipaux pour l'obtention du permis de construction ; de plus, l'emprunteur doit, dans un délai de trois mois, compté de l'achèvement de la construction, remettre au contrôleur des contributions directes le certificat de salubrité définitif délivré par le Comité de patronage.

4° Les habitations et les terrains acquis de la sorte bénéficient des dispositions légales qui garantissent la conservation du foyer familial et qui permettent notamment à l'époux survivant de rester dans sa maison sa vie durant, par dérogation au droit commun qui autorise chaque enfant à demander immédiatement sa part dans la succession du père ou de la mère décédés.

5° Les immeubles admis à bénéficier des lois susvisées peuvent être transformés ou agrandis jusqu'à concurrence de 10 % en sus de la valeur maximum afférente à la commune, sans perdre les avantages légaux attachés à leur qualité d'habitations à bon marché.

6° L'assurance sur la vie contractée par la Société au nom de l'emprunteur auprès de la Caisse nationale d'assurance en cas de décès, donne à ce dernier la certitude qu'en cas de décès prématuré sa femme et ses enfants seront propriétaires de la maison sans être tenus à aucun versement, le décès surviendrait-il une heure seulement après la signature du contrat.

Des prêts peuvent être consentis par la Société pour l'acquisition de terrains d'une contenance de 1 hectare au plus et d'une valeur maximum de 1 200 fr charges comprises. Ces prêts sont octroyés dans les mêmes conditions que ceux qui ont pour objet l'achat ou la construction de maisons et jusqu'à concurrence des 4/5 de la valeur. Toutefois, indépendamment de ces conditions, l'emprunteur doit remplir les suivantes :

1° Justifier que le loyer de son habitation durant l'année qui a précédé la demande, n'a pas été supérieur à la valeur locative maximum afférente à la commune ;

2° S'engager à cultiver lui-même le terrain ou à le faire cultiver par les membres de sa famille ;

3° N'être propriétaire d'aucun autre terrain ; sinon, la contenance et la valeur du terrain viennent en déduction des nombres précités.

III. — Conclusions.

L'expérience dauphinoise permet de dégager les conclusions suivantes qui portent chacune de féconds enseignements :

1° Pour qu'une œuvre sociale puisse naître, vivre et prospérer, il faut qu'elle donne aux ouvriers, non seulement par le texte de ses statuts, mais encore et surtout par l'éclectisme dans le choix de ses dirigeants au point de vue politique et religieux et par la plus rigoureuse abstention de toute ingérence d'ordre politique et religieux, la preuve tangible d'une absolue neutralité de tendance et d'attitude : en un mot, il faut que l'ouvrier non seulement obtienne la certitude la plus formelle, mais encore ait l'entière

Digitized by Google

confiance qu'il ne sera embauché ni au point de vue politique ni au point de vue religieux.

2° La maison individuelle exige une période d'amortissement de trop longue durée, une vingtaine d'années ; or, le développement et les modifications de l'industrie commandent que l'ouvrier ne soit pas mis dans l'impossibilité de se déplacer. De là, la nécessité de construire pour les ouvriers des maisons collectives hygiéniques et à bon marché. A cet égard, il conviendrait que les avantages réservés aux maisons individuelles par la loi du 10 avril 1908 fussent étendus aux maisons collectives : cette modification de la loi est donc désirable pour la diffusion du mouvement en faveur de l'assainissement du logement ouvrier.

3° Ce désideratum est limité aux ouvriers ; il ne s'applique pas aux employés dont la résidence est bien plus stable que celle des ouvriers.

Mais le succès de l'application des lois en vigueur est lié aux conditions morales, plus encore qu'aux conditions matérielles : elle dépend de la foi dans l'avenir de l'institution, qui vivifie le dévouement des organisateurs et les soutient autant dans leur persévérance d'effort que dans leur puissance de propagande.

MAURICE BELLOM,
Ingénieur en chef au Corps des mines,
Professeur d'Economie industrielle
à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

ESSAIS ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

DISTRIBUTION DES DÉFORMATIONS DANS LES MÉTAUX SOUMIS A DES EFFORTS

CAS DU PLISSEMENT

La Technique Moderne a publié récemment (1) un article sur les plissements que l'on obtient avec les tubes métalliques de faible épaisseur, comprimés en bout. Après avoir rappelé que ces plissements s'effectuent, soit par bourrelets circulaires superposés, soit par assises polygonales alternées, l'auteur de l'article, M. Frémont, expose que ses expériences lui ont permis « de donner une explication rationnelle de ces diverses déformations du plissement des tuyaux ».

Ces expériences ont porté sur des tuyaux cylindriques de cuivre, d'acier doux et d'aluminium, sur 24 bouts de tuyaux, également cylindriques, en acier doux, tirés du même tube et enfin sur des tuyaux à section triangulaire, carrée, trapézoïdale et hexagonale, dont le métal n'est pas indiqué.

Ces tuyaux ayant donné des bourrelets circulaires superposés, parallèles entre eux, et de forme très régulière, M. Frémont en a conclu que ce mode de déformation constituait la loi du plissement, et il est arrivé ainsi à l'explication suivante pour la cause du phénomène : « la déformation d'un tuyau comprimé en bout, sans guide ni mandrin, s'effectue par bourrelets circulaires successifs... et les autres modes de déformation sont purement accidentels » ; ils ont pour cause des défauts provenant « de la forme du tuyau, de sa constitution, de la distribution des efforts, etc ».

Je me propose de montrer ici, le plus brièvement possible, que cette « explication rationnelle » n'est pas confirmée par l'expérience.

En 1890 et 1898, M. Schoentjes a signalé qu'un hémisphère creux de laiton à paroi mince, comprimé entre son sommet et sa base, se plisse suivant des plans diamétraux ; les plis ainsi formés sont également espacés et leur nombre dépend des dimensions de l'hémisphère (2).

L'étude s'est poursuivie par des recherches sur la compression longitudinale des tubes métalliques de faible épaisseur, pour lesquels on devait s'attendre à trouver des résultats analogues. Dans une note parue en 1908 (3), M. Mallock a mentionné qu'un tube comprimé en bout, dont la longueur est insuffisante pour que la courbure de l'axe se produise, peut donner naissance à des plis sur la paroi, l'axe restant normal aux bases ; il a indiqué ensuite sommairement que l'ordre du plissement dépend du rapport de l'épaisseur au diamètre, et il a cité comme exemple trois tubes présentant, le premier, des bourrelets circulaires, et les deux autres, des plissements extrêmement réguliers à assises polygonales à deux et trois sommets équidistants.

En 1911, M. R. Lorenz, qui s'était occupé théoriquement en 1908 de la déformation par bourrelets circulaires, qu'il avait désignée par l'expression : « Plissement symétrique par rapport à l'axe » (Achsensymmetrische Knickung) (1), a pris comme sujet de recherches également théoriques le plissement avec assises polygonales, que, par opposition au précédent, il a appelé : « Plissement non symétrique par rapport à l'axe (Nicht Achsensymmetrische Knickung) » (2). Il a traité ce cas de la déformation à symétrie non axiale des tubes minces, d'après la méthode employée par Love pour les plaques et les portions de sphère de faible épaisseur (3).

Dans ces derniers temps, M. Kirsch a entrepris de vérifier la théorie de M. Lorenz au moyen de tubes de plomb (4). Il a trouvé, comme M. Mallock, que le nombre de plis dans la direction du pourtour varie avec le rapport de l'épaisseur de la paroi au diamètre moyen.

De mon côté, j'ai remarqué, dès 1902, à l'Atelier de Construction de Puteaux (Artillerie) les plissements géométriques qu'on obtenait couramment avec les douilles de projectiles fabriquées par l'établissement, quand on les écrasait en bout pour contrôler la qualité du métal (fig. 1, 2, 3). Ayant constaté que les douilles d'un même calibre donnaient toutes le même nombre de plis, identiques dans chaque assise, il m'a paru que l'on se trouvait en présence d'une loi et que ce nombre de plis correspondait à la déformation normale des douilles du calibre considéré, dans les conditions de leur écrasement.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 11 (1er juin 1913), p. 401.

(2) Sur les déformations que font naître dans un hémisphère creux métallique le choc et la pression d'un corps dur (*Bull. Académie royale de Belgique*, t. XX, 1890, p. 295 et t. XXV, 1898, p. 270).

(3) MALLOCK : Note on the Instability of Tubes subjected to End Pressure, and on the Folds in a Flexible Matérial. (*Proceedings of Royal Society of London*, 22 décembre 1908, p. 388).

(1) R. LORENZ : Achsensymmetrische Verzerrungen in dünnwandigen Hohlzylindern (*Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 24 oct. 1908, p. 1706).

(2) R. LORENZ : Die nicht achsensymmetrische Knickung dünnwandiger Hohlzylinder (*Physikalische Zeitschrift*, avril 1911, p. 241).

S. TIMOSCHENKO : Einige Stabilitätsprobleme der Elastizitätstheorie (*Zeitschrift fur Mathematik und Physik*, 1910). Dans ce mémoire, l'auteur envisage également, à la fin d'une étude étendue de la question du plissement, la déformation à symétrie non axiale des cylindres creux.

(3) LOVE : *Lehrbuch der Elastizität*, trad. allem., Leipzig, 1907, p. 568 et suiv.

(4) Albert KIRSCH : Stauchversuche an Zylindrischen Bleiröhren (*Ferrum, Zeitschrift für theoretische Eisenhüttenkunde und Allgemeine Materialkunde*, 8 déc. 1912, p. 81).

Digitized by Google

J'ai montré ensuite en 1911-1912, au moyen d'expériences méthodiques exécutées avec l'aide de l'Académie des Sciences, qu'en effet les tubes métalliques obéissent à cette loi, quand leur épaisseur est faible par rapport au diamètre (1).

J'ai pris, pour cela, des tubes de laiton 67/33 écroui, ayant 40 mm de diamètre intérieur, 40 mm de hauteur et respectivement 0,3, 0,5, 1,0, 1,5, 2 mm d'épaisseur. J'ai soumis ces tubes à la compression au moyen d'une presse, dont les plateaux, parfaitement guidés, étaient munis de surfaces d'appui en acier dur trempé; je les ai disposés, bien entendu, entre ces plateaux, de manière que leurs parois soient entièrement libres à l'intérieur et à l'extérieur.

Fig. 1. — Douille de 155 mm donnant 4 plis. — Vue de face.

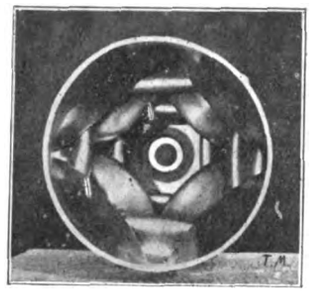


Fig. 2. — Douille de 155 mm donnant 4 plis. — Vue en bout.

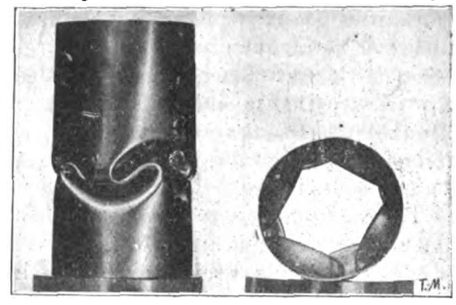


Fig. 3. — Douille de 75 mm. tronçonnée donnant 4 plis. — Vue de face et vue en bout.

Fig. 1-2-3. — Plissements de douilles de projectiles comprimées longitudinalement.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

ÉPAISSEUR	NATURE DE LA DÉFORMATION	
0,3 mm	Plissement régulier dont la section médiane a 6 plis sensiblement identiques.	
0,5 mm	id.	5 id.
1,0 mm	id.	4 id.
1,5 mm	id.	3 id.
2,0 mm	id.	2 id.

Au-delà de $2^{mm},5$ d'épaisseur, les plissements ont pris une forme de plus en plus rapprochée de la forme circulaire, avec un nombre de bourrelets d'autant plus petit que l'épaisseur était plus forte. L'épaisseur augmentant encore, et atteignant environ $4^{mm},5$, on n'a plus obtenu qu'un bourrelet, c'est-à-dire qu'on est arrivé à la déformation ordinaire en tonneau.

Cette détermination a été répétée pour les diamètres de 20, 30, 50, 100 mm ; les résultats ont été analogues. En comparant d'ailleurs des tubes de différents diamètres, ayant même épaisseur, on a trouvé que le nombre de plis par assise était d'autant plus grand que le diamètre était plus considérable.

D'autres expériences ont fait ressortir qu'à égalité de diamètre et d'épaisseur, le nombre des plis dans chaque assise varie suivant la nature et le traitement du métal. Il augmente avec le recuit et, plus généralement, il est d'autant plus grand que la limite élastique est moins élevée.

Des expériences ont également été faites pour étudier les modifications que pouvait subir le plissement, suivant les conditions dans lesquelles l'effort est exercé. Dans cet ordre d'idées, M. Mallock avait déjà fait remarquer qu'un tube peut donner, sur l'une des tranches, des déformations circulaires, suivies des plissements à section polygonale que comporte son épaisseur rapportée au diamètre, et il avait attribué ce fait à la contrainte que le corps subit de la part des surfaces d'appui entre lesquelles il est comprimé. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai fait de nombreux essais avec des tubes de laiton écroui de 50 mm de diamètre intérieur, de $0^{mm},6$ d'épaisseur et de 50 mm de hauteur, en les disposant respectivement sur des plaques en verre, sur de l'acier dur trempé, sur de l'acier doux recuit, sur du cuivre, et enfin sur du plomb. L'ensemble de ces essais a mis en évidence que le nombre de plis des assises terminales décroît en même temps que la dureté superficielle des surfaces d'appui.

Les recherches ont porté aussi sur des tubes dont les tranches étaient encastrées sur quelques millimètres de hauteur dans des rainures annulaires pratiquées à la surface des appuis. Les premiers plissements se sont alors produits suivant des bourrelets circulaires, mais en général, à partir du troisième, il a cessé d'en être de même. et la déformation a repris la forme triangulaire qui est celle qu'on obtient pour des tubes de mêmes dimensions avec les deux bases libres et des appuis en acier trempé.

On a également comprimé des tubes dont les bases présentaient un renflement suffisant pour empêcher leur déformation pendant la compression. Je citerai, comme exemple, un tube de laiton écroui 67/33 ayant 40 mm de diamètre intérieur, $0^{mm},6$ d'épaisseur, 50 mm de hauteur totale, réduit par tournage à $0^{mm},3$ d'épaisseur sur 36 mm de hauteur. La déformation s'est produite suivant 6 plis sensiblement égaux, un peu au-dessus du raccordement de la partie réduite avec l'un des renflements.

J'ai relaté le détail de ces expériences dans un rapport remis le 11 décembre 1912 à la Caisse des recherches scientifiques.

En somme, de toutes ces études théoriques et expérimentales, il résulte que le mode de déformation d'un tube métallique, soumis à une compression longitudinale, dépend de plusieurs circonstances et en particulier du rapport de l'épaisseur de ses parois au diamètre. Au-dessous d'une certaine valeur de ce rapport, les plissements ont une section polygonale régulière et le nombre de plis de cette section est d'autant plus grand que le rapport en question est plus petit. Au-delà de la même valeur, on obtient des bourrelets de plus en plus circulaires, dont le nombre diminue à mesure que l'épaisseur augmente. On n'est donc pas fondé à considérer ces derniers plissements comme seuls normaux et les premiers comme « purement accidentels ». Si M. Frémont est arrivé néanmoins à cette conclusion, la raison en est que ses expériences ont porté exclusivement sur des tubes de cuivre et d'acier doux, qui, ayant un diamètre extérieur de 50 mm et $2^{mm},5$, d'épaisseur, devaient *nécessairement* donner des plissements à peu près circulaires, à cause de leur forte épaisseur relative. Quant aux tubes mentionnés dans son article comme ayant donné des plissements à section polygonale, les dimensions transversales n'en sont pas indiquées. Autrement, on eût constaté, sans aucun doute, que, pour chacun d'eux, la valeur du rapport de l'épaisseur au diamètre était plus faible que dans le cas des plissements circulaires, et cela d'autant plus que le nombre de plis était plus grand.

L'expérience ne confirme pas non plus la partie de « l'explication rationnelle » de M. Frémont, d'après laquelle les plissements par assises polygonales seraient dus, soit à des défauts du métal, soit à des irrégularités dans la compression.

Avec des tubes cylindriques suffisamment minces pour donner ce genre de déformation, on observe que, dans chaque assise, les sommets sont aussi équidistants que possible (fig. 4, 5, 6), quand le métal est homogène et sans défauts graves, quand l'épaisseur est

(1) Note sur la distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts. Cas du plissement. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 26 février 1912.) — G. Chalmarez : Etude de la déformation régulière des métaux (*La Nature*, 1er juin 1912).

Digitized by Google

uniforme, que les tranches sont bien dressées normalement à l'axe, qu'il n'y a pas d'excentricité sensible et que les dispositions sont prises pour que les plateaux de la presse restent bien parallèles entre eux, durant toutes les phases de la compression.

D'autre part, tous les plis d'une même assise se forment à égale distance des tranches, et leurs arêtes intérieures sont, à tout moment de la déformation, parallèles aux plateaux de la presse.

Enfin, l'axe du tube reste normal aux bases.

Comment pourrait-on dès lors attribuer à des défauts ces formes d'une régularité aussi surprenante, que M. R. Lorenz qualifie de son côté de remarquables (*merkwürdige*)?

D'autre part, si l'on considère des tubes de mêmes dimensions, les défectuosités du métal et les irrégularités dans la compression varieraient de l'un à l'autre. Comment néanmoins le plissement serait-il le même dans tous ces tubes, et ne devrait-on pas plutôt obtenir des nombres de plis différents, « suivant la nature, la position et l'importance de l'accident occasionnel »? En fait, il est impossible d'avoir des plis à section polygonale avec une forte épaisseur par rapport au diamètre, même avec des défauts provoqués systématiquement. Inversement, un tube de 50 mm de diamètre et de 0 mm, 3 d'épaisseur, comprimé sur des appuis en acier dur trempé, ne saurait donner, en aucun cas, des bourrelets circulaires, même s'il est absolument exempt de défauts et si la compression est parfaitement uniforme suivant toutes les génératrices.

Enfin, en même temps que les plis sont distribués régulièrement, il s'en forme plusieurs à la fois. Le raccourcissement, mesuré normalement aux bases, est, en effet, le même sur tout le pourtour du tube. Par suite, il y a formation *simultanée* de tous les plis d'une même assise. En outre, comme le raccourcissement dû à ces plis diminue d'importance de leur milieu à leurs extrémités, il se produit, dans le même moment, au-dessus de l'assise, des amorces de plis ayant leur milieu en regard des sommets de cette assise. Ainsi, dans le cas du plissement à section triangulaire, on observe l'apparition *simultanée* de 6 plis, si le plissement commence près d'une tranche, de 9 plis, si la déformation se fait en dehors des bases. Comment un ou plusieurs défauts pourraient-ils produire cette simultanéité ?

La réalité est que les défauts existant dans le métal et la dissymétrie de l'effort ont pour effet, non pas de déterminer la formation des plis, mais seulement de produire des irrégularités dans le plissement normal qui résulte des dimensions du tube. J'ai montré également, dans le Rapport du 11 décembre 1912, qu'ils provoquent souvent l'orientation des plissements à section polygonale.

Je donnerai comme exemple un cylindre de laiton écroui 67/33 de 50 mm de diamètre extérieur et de 0mm,5 d'épaisseur, qui présentait suivant une génératrice, un arrachement prononcé produit par le laminage. On a soumis à la compression trois tubes de 60 mm de hauteur, tronçonnés dans le cylindre à la suite les uns des autres. On a constaté que la déformation pentagonale qu'on obtient alors se trouvait orientée de la même manière dans les trois tubes. De plus, on voit sur la figure 6, qui représente l'un de ces tubes, que l'arrachement a provoqué la rupture de l'un des cinq plis de la tranche et qu'il se trouve au milieu de ce pli. Le défaut existant, malgré son importance, n'a donc nullement diminué la régularité du plissement par assises pentagonales ; il a seulement servi d'origine à ce plissement.

Faute de place, je dois me borner à dire quelques mots au sujet des considérations invoquées pour « expliquer la cause » du plissement circulaire.

Deux faits ont retenu l'attention de tous ceux qui se sont occupés jusqu'ici de ce plissement : 1° la forme sinusoïdale que prend la paroi ; 2° l'égalité de la longueur des bourrelets et l'influence des dimensions du tube sur la valeur de cette longueur. Ces faits, dont il est inutile de faire ressortir tout l'intérêt, ont été l'objet principal des recherches, soit théoriques, soit expérimentales, de MM. Lilly (1), R. Lorenz, Kirsch, et une explication, dans laquelle ils ne sont pas explicitement compris, ne saurait être regardée comme satisfaisante. Il y a lieu de tenir compte aussi de la résistance transversale du tube qui joue un rôle essentiel dans le plissement circulaire, aussi bien pour les parties saillantes des bourrelets, soumises à l'extension suivant le pourtour, que pour les parties rentrantes, soumises à la compression dans la même direction.

En résumé, les déformations d'un tube métallique à parois minces, comprimé en bout, s'effectue, suivant l'épaisseur et le diamètre, soit par bourrelets circulaires, soit par assises polygonales. Je pense que c'est par suite de quelques expériences seulement, limitées à un cas particulier, que M. Frémont n'a vu dans ce dernier mode de plissement que des déformations « purement accidentelles », dues « à un ou à plusieurs défauts ».

Quant à la « cause du phénomène », qui, d'après le même auteur, « restée complètement inconnue, était regardée comme quelque peu mystérieuse », ceux qui ont étudié ces deux modes de déformation l'ont tenue pour très simple et pour dénuée de tout mystère. Ils ont été d'accord pour voir, dans la remarquable régularité, soit des bourrelets, soit des plis, une manifestation de l'élasticité dans les corps dont les parois sont minces par rapport à leurs autres dimensions. L'expérience leur a montré d'ailleurs que cette propriété n'est pas limitée aux sphères et aux tubes, et que la déformation par plissement de nature géométrique a un caractère tout à fait général, quand, considérée sous une faible épaisseur, la matière subit l'action d'un effort dont l'effet est de la faire passer d'une surface donnée à une surface moindre.

L't-Colonel L. HARTMANN.

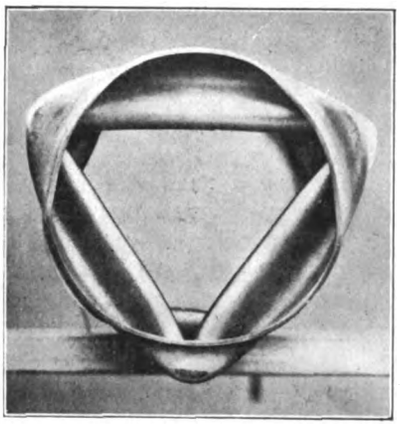


FIG. 4. — Plissement triangulaire d'un tube de 70 mm de diamètre intérieur, de 2 mm d'épaisseur et de 100 mm de hauteur.

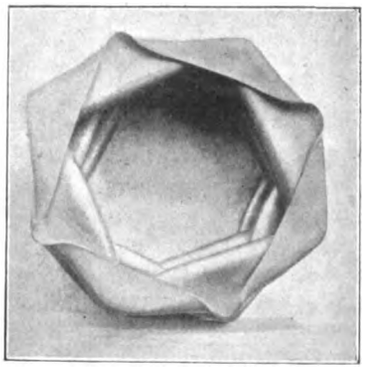


FIG. 5. — Plissement carré d'un tube de 40 mm de diamètre intérieur, de 1 mm d'épaisseur et de 40 mm de hauteur.

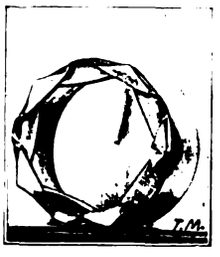


FIG. 6. — Plissement pentagonal d'un tube de 50 mm de diam. extér., de 0 mm, 5 d'épais. et de 60 mm de haut.

FIG. 4-5-6. — Plissements de tubes cylindriques de laiton écroui.

Nous sommes d'accord avec le Colonel Hartmann sur un point : les diverses formes de plissement des tuyaux sont connues depuis longtemps. Il reste, par contre, à en expliquer la genèse. Dans sa communication à l'Académie des Sciences, M. Hartmann n'a pas donné d'explication à ce sujet et il qualifia même de « mystérieuses » les causes de ce phénomène dans la conférence qu'il fit au Conservatoire des Arts et Métiers. J'ai donné dans mon article les explications que je considère comme rationnelles et je laisse juges les techniciens d'en contrôler la valeur. CH. FRÉMONT.

(1) LILLY : The design of Struts (*Engineering*, 1908).

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

La motocharrue système Stock.

L'industrie française ne s'est pas préoccupée, jusqu'à présent, de la concurrence allemande pour les appareils de motoculture. Seuls, les Américains et les Anglais et plus récemment les Suisses, paraissaient avoir travaillé cette question et ont fait figurer dans de précédents concours, des machines très étudiées, faisant un travail intéressant et capables de concurrencer nos appareils français.

Le concours de motoculture d'Alger vient de prouver que nous devons compter avec la fabrication de nos voisins d'Outre Rhin. La seule machine qu'ils y ont présentée, la motocharrue Stock, a produit une impression favorable et plusieurs colons algériens et tunisiens en ont déjà fait l'acquisition.

Cette machine a d'ailleurs figuré, en mars dernier, à l'exposition de la grande semaine agricole de Bruxelles; elle a pris part antérieurement au concours international de charrues organisé du 15 au 17 novembre 1912 à Ebreichsdorf-les-Vienne par la Société agricole de Vienne, au concours de labourage de Prague qui s'est tenu le 25 novembre 1912, à celui de charrues qui a eu lieu à l'occasion de l'exposition organisée par le Syndicat agricole du district de Jalomita (Roumanie). Il ne s'agit donc pas d'une machine d'invention toute récente, mais bien d'un instrument très étudié. On nous assure d'ailleurs que cette motocharrue est déjà très répandue en Allemagne.

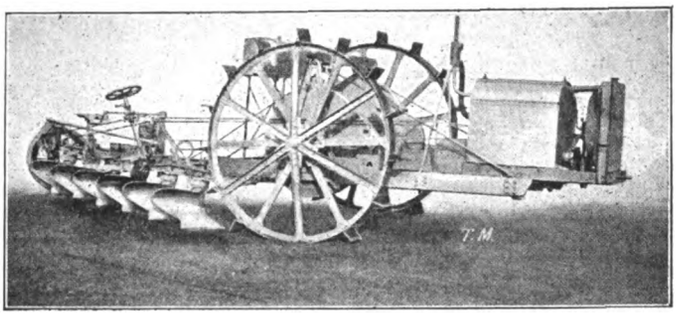


FIG. 1. — Motocharrue système Stock. (Vue d'ensemble.)

Sa conception est originale et la différencie entièrement des appareils de motoculture qui ont figuré dans les concours organisés en France. Au lieu de comporter quatre roues, comme la plupart des autres machines, cette laboureuse (fig. 1) repose sur deux roues seulement, très hautes et relativement étroites, qu'on peut toutefois élargir pour le déplacement dans des terrains peu résistants. Les jantes sont garnies de larges palettes d'adhérence qui s'établissent en plusieurs dimensions suivant la résistance du sol à travailler.

Le châssis est, pour ainsi dire, assis sur l'essieu de ces deux roues qui supportent toute la charge et sont en outre motrices ; il comporte à l'avant le moteur et le radiateur et à l'arrière les 6 corps de charrue avec les réservoirs, le siège et le volant de direction, ainsi que les organes de commande. L'équilibre de l'ensemble est tel que le léger excédent de charge qui se trouve à l'arrière est supporté aisément par une roue de direction de faible dimension (fig. 2). Cette roue se déplace sur le guéret et est pourvue d'un coutre tranchant qui pénètre dans le sol, empêche le glissement latéral et donne de la sûreté à la manœuvre; elle est montée sur une fusée horizontale solidaire d'un arbre vertical sur lequel agit la barre de direction.

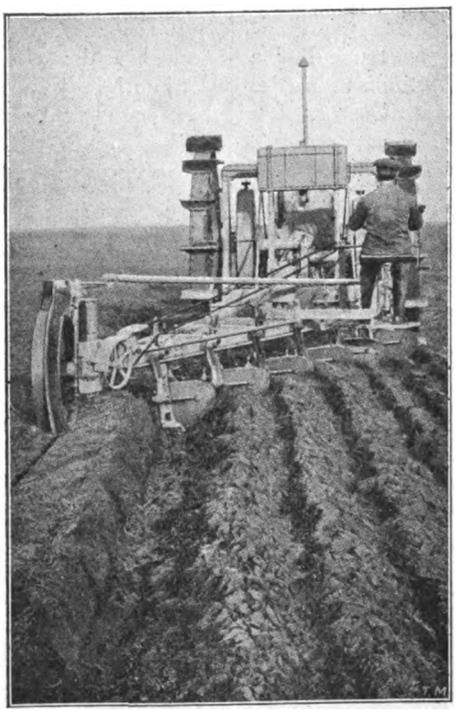


FIG. 2. — Motocharrue système Stock. (Vue d'arrière montrant le dispositif des charrues et de la roue directrice.)

Cette roue sert en outre à régler la profondeur du labour, et à mettre la machine en position de transport pour les virages et le déplacement sur routes. A cet effet, on peut l'abaisser ou la soulever à l'aide d'un petit treuil relié par chaîne à une manivelle placée à la portée du conducteur. Celui-ci peut donc assurer toutes les manœuvres sans quitter son siège, et c'est là une particularité intéressante de cette machine qu'il ne faut qu'une seule personne pour la conduire et effectuer le travail de labourage.

Les corps de charrues, au nombre de 6, sont démontables et peuvent être changés suivant le résultat que l'on veut obtenir. Les ateliers Stock construisent surtout deux types de charrues : l'un avec corps cylindriques ordinaires sans coutre que l'on monte sur châssis court, l'autre avec corps cylindriques et coutres circulaires pour le châssis long ; on peut aussi y adapter des griffes fouilleuses.

Le moteur développe une force de 42 chevaux et peut donner au besoin jusqu'à 50 chevaux ; il est à 4 cylindres, muni d'une magnéto Bosch, à allumage jumelé. Sa vitesse de régime est de 720 tours. Le refroidissement s'effectue par thermosiphon. Ce moteur peut fonctionner avec l'essence, le benzol ou avec l'huile lourde, en le munissant d'un carburateur spécial. Le mouvement est transmis aux roues par un renvoi d'engrenages.

Pour les travaux de labourage, les roues sont toujours munies des griffes dont nous avons parlé ; on les enlève naturellement pour le transport sur routes et on les remplace alors par une couronne à segments, de façon à obtenir une bande de roulement unie et continue.

Au point de vue de la puissance de travail, cette charrue a labouré, au concours de Prague, 50 ares en 41 minutes, à une profondeur de 0 m,20 et la même superficie en 50 minutes à une profondeur de 0 m,32. La largeur de travail est de 2 m et la surface labourée par journée de 10 heures, varie, d'après le constructeur, de 6 Ha 25 à 7 Ha 50 pour une profondeur de 0 m,25.

Pour les labours superficiels, on prétend que cette machine peut travailler 10 Ha.

La charrue Stock peut aussi être utilisée comme tracteur pour remorquer les instruments de culture tels que herses, rouleaux, cultivateurs, semoirs, arracheurs de betteraves, faucheuses, moissonneuses, etc. En l'attelant à 3 cultivateurs, on obtient une largeur d'action de 7 m. Le moteur peut aussi servir à actionner par poulie les différents instruments d'intérieur de ferme.

Quant à la consommation et au prix de revient du labour, nous

Digitized by Google

devons tout d'abord reproduire les chiffres du professeur Luedecke, de Breslau, publiés dans la *Revue de la Chambre agricole de la province de Silésie* (nos 41-42, année 1912). En se basant sur les résultats obtenus en 1911, le professeur Luedecke arrive au prix de 3 fr 125 pour 25 ares labourés. L'amortissement et l'intérêt sont, d'après cet auteur, de 1 fr 575 en supposant un labour annuel de 500 Ha. Les frais totaux pour 25 ares se montent donc à 4 fr 70, soit 18 fr 80 par hectare. Ces chiffres ont naturellement besoin d'être contrôlés par la pratique.

Au concours de motoculture d'Alger, la laboureuse Stock a travaillé le sol à des profondeurs comprises entre $0^m,14$ et $0^m,25$ avec une dépense de benzol de 21 fr 46 par hectare.

Le deuxième jour, cet appareil a franchi, à plusieurs reprises, un fossé de 1 m de largeur et $0^m,75$ de profondeur avec une grande facilité. Cet essai a été particulièrement apprécié.

H. Pillaud.

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

Concours de pare-boue pour omnibus automobiles.

Sous le contrôle des services compétents de la ville de Paris, les essais d'endurance du concours municipal de pare-boue pour omnibus automobiles viennent de se terminer. Ce concours, ouvert à la fin de l'année dernière, eut le plus grand succès près des inventeurs, et c'est ainsi que 469 propositions différentes furent présentées à l'examen de la Commission spécialement créée pour suivre les opérations du concours. Des éliminations successives réduisirent le nombre des projets plus spécialement retenus par la Commission, et, parmi ces projets, dix furent jugés dignes d'être essayés aux frais de la Ville, et 62 bénéficièrent de l'autorisation d'être soumis aux essais pratiques par les inventeurs eux-mêmes.

C'est ainsi qu'une cinquantaine de types de pare-boue subirent des épreuves d'efficacité et, ensuite, des épreuves d'endurance.

Les épreuves d'efficacité eurent lieu au boulevard Victor, dans des conditions expérimentales particulièrement intéressantes.

Une piste avait été aménagée. Cette piste comprenait une double rangée de pavés, sur lesquels devaient passer les autobus munis des appareils pare-boue.

Les deux rangées de pavés étaient assez étroites pour que l'on soit assuré d'un trajet identique pour tous les véhicules.

Une série de repères, placés entre la double rangée de pavés, permettait au conducteur de l'autobus de diriger son véhicule avec toute la précision voulue pour que les roues suivent toutes la même piste.

Les rangées de pavés présentaient tous les inconvénients d'une voie usagée et des flaches importantes n'en étaient pas les moindres. A la sortie des pavés, les autobus prenaient un virage sur macadam.

De chaque côté des rangées de pavés et aussi à l'extérieur du virage étaient disposés, aux endroits que des expériences préalables avaient déterminés, des panneaux de toile vernissée blanche et quadrillés.

Le quadrillage avait pour effet de déterminer l'emplacement des projections de boue que recevaient les panneaux.

Cette boue, soigneusement préparée et renfermant tous les éléments de celle qui recouvre trop souvent les chaussées parisiennes, était répandue en couche d'épaisseur uniforme et constante sur les pistes en pavés et sur le macadam dans le virage.

A chaque passage des véhicules, des cantonniers égalisaient la piste boueuse.

Telles étaient, dans leur ensemble, les précautions minutieuses prises pour la piste.

Mais ces précautions étaient tout aussi sévères pour les véhicules.

Ceux-ci étaient, en effet, des autobus de même construction portant une même charge utile, 1 500 kilogrammes, et tous conduits par le même conducteur.

Près de ce dernier était un commissaire muni d'un chronomètre et qui, grâce à des poteaux jalonnant, tous les 27 mètres, la route qui conduisait à la piste spéciale et la piste elle-même, pouvait pendant les 200 mètres de trajet régler l'allure de la voiture de telle façon que l'intervalle séparant 2 poteaux fut franchi en 5 secondes, ce qui assurait au véhicule une vitesse moyenne d'environ 20 km par heure.

Les appareils se trouvaient ainsi dans des conditions d'expérimentation rigoureusement comparables et les observations faites des projections sur les panneaux, observations conservées par la photographie de ces panneaux après chaque passage, furent particulièrement instructives.

Il ne nous est pas possible, actuellement, de donner des résultats précis, mais seulement d'énumérer comment, le plus généralement, se comportent les divers types d'appareils présentés.

Ceux-ci peuvent être rangés en six classes :

Les appareils tournants ;
Les appareils fixes ;
Les appareils demi-fixes ;
Les appareils oscillants ;
Les appareils chasse-boue ;
Les appareils souffleurs.

Les appareils tournants sont composés d'écrans circulaires voisins du bandage et comportant une couronne soit en piazzava, soit en caoutchouc.

Ces appareils semblent très efficaces contre les projections latérales ; ils sont, de plus, bien établis, pour ne pas être détériorés par des chocs. Encore est-il que l'on peut redouter leur destruction par des rails creux, surtout lorsqu'ils constituent un véritable petit bandage juxtaposé au bandage ordinaire et qui peut entrer dans le rail.

De plus, lorsqu'une roue d'avant attaque une flache remplie de boue, il y a souvent une violente projection oblique vers l'avant, et l'écran opposé à cette projection semble insuffisant.

Les appareils fixes sont très exposés, de par leur principe même, aux chocs des trottoirs.

Si on les dispose sous la jante métallique, ils sont de faible hauteur et peuvent être écrasés par le fait des dénivellations du sol.

Puis, on peut redouter que des matières étrangères s'introduisent entre le support de la bavette et la jante métallique, et qu'ainsi soit constitué un véritable freinage, qui ne peut manquer de se traduire soit par une usure anormale du support, soit par son coincement et sa destruction brusque, lors d'un accroissement exagéré de l'adhérence se transformant en bloquage.

Les appareils demi-fixes sont ceux qu'utilisent actuellement les autobus.

Ils se plient aux circonstances défavorables de l'abordage violent d'un trottoir, et leur déplacement momentané peut les soustraire à une destruction immédiate. Mais ils doivent être souples et, dans ces conditions, sous l'influence d'une projection violente de boue, ils se déforment et laissent passer le jet boueux.

Le centre d'oscillation peut être placé au-dessus du moyeu, de telle façon que le rayon de courbure de la base de l'écran peut être plus considérable, sans risquer le coincement et en assurant ainsi une protection plus efficace.

Les appareils oscillants sont ceux qui furent employés les premiers sur les autobus ; nous avons tous vu ces derniers osciller à un tel point qu'ils suivaient fidèlement la roue dans sa rotation, et cela avec une même vitesse angulaire.

Pour ces derniers appareils, comme pour les demi-fixes, les mêmes inconvénients résultant de la projection violente de la boue peuvent se manifester.

Les perfectionnements apportés à ce système consistent dans la diminution du frottement du support des appareils sur les moyeux.

Digitized by Google

L'un d'eux présente la particularité d'une suspension en forme de parallélogramme, la bavette étant maintenue par deux ressorts à boudins, de telle façon que la partie inférieure de cette bavette, qui est rectiligne, reste horizontale pendant les oscillations.

Dans les appareils chasse-boue, le dispositif adopté se propose d'effectuer le nettoyage de la chaussée immédiatement devant la roue.

Ce système est particulièrement exposé à une déformation, et cela d'autant plus qu'il doit rester constamment en contact avec la chaussée, malgré les oscillations de la partie non suspendue du véhicule, provoquées par les dénivellations du sol et les réactions subséquentes des ressorts.

Dans les appareils souffleurs, on se propose soit de chasser la boue à l'aide d'air comprimé par l'action d'un ventilateur et l'intermédiaire d'une buse à air placée immédiatement en avant de la partie de la roue en contact avec le sol, soit encore par la constitution d'un véritable écran d'air, dont l'effet serait de rabattre les jets de boue et destiné à remplacer les écrans exposés, comme nous l'avons vu, à des déformations. Il y a, du fait de l'emploi de ce système, une assez grande complication mécanique et un accroissement du poids mort. Encore est-il que les expériences faites n'ont pu démontrer l'efficacité du système, peut-être par suite d'une insuffisante mise au point.

En résumé, le concours, au point de vue de l'efficacité, semble démontrer que certains systèmes demi-fixes et les systèmes tournants sont les meilleurs, l'avantage restant à ces derniers pour la suppression des projections latérales résultant de l'écrasement de la boue sur une chaussée légèrement cahoteuse.

Tous les systèmes proposés semblent insuffisants dans le cas de l'attaque par les roues d'avant d'une flache accentuée remplie de boue.

Les écrans les plus résistants aux projections sont les balais, qui ont une souplesse suffisante pour résister aux déformations, ou encore les chaînettes pendantes ; mais encore faut-il, pour ces écrans, redouter une usure rapide.

Enfin, dans les appareils tournants, il semble résulter des essais que plus la partie tournante reste en contact avec le sol, moins les projections sont considérables. Dans ce cas encore, l'usure est à redouter.

Au point de vue efficacité, il paraît donc que les plus grands progrès ont été réalisés, mais que la solution définitive ne s'est pas manifestée dans le concours.

De précieuses indications ont toutefois été retenues, mais l'épreuve d'endurance qui, pour chaque appareil comportait une semaine de fonctionnement surveillé en service normal d'un autobus, n'a pas manqué de donner de nouvelles et non moins précises indications qui, nous l'espérons, contribueront puissamment à la solution du problème si complexe du pare-boue.

G. LUMET,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Course de canots automobiles dans la mer du Nord.

Une course de canots automobiles de Ymuiden à Kuxhaven a été organisée récemment par le Motoryacht-Club d'Allemagne et le Motorboot-Club hollandais.

Elle présenta un intérêt particulier par la formule employée pour la détermination de la *valeur de course* ; cette formule a donné lieu en Allemagne à des controverses assez vives.

Les canots furent divisés en trois catégories. La première comprit les canots d'une longueur de plus de 20 m hors tout, la deuxième des canots d'une longueur entre 15 et 20 m et la troisième ceux d'une longueur de 12 à 15 m.

La valeur de course R de chaque canot fut déterminée d'après la formule suivante :

$$R = 2{,}2\sqrt[3]{\frac{N}{A}\sqrt{\frac{L_1}{B_1}}}$$

Dans cette formule, N est la puissance des moteurs en chevaux ; A est l'aire du maître-couple au milieu de la ligne d'eau *l* (L_1) ou à tout autre endroit désiré par le propriétaire ; L_1 est la longueur mesurée à 0,1 m au-dessus de la ligne de flottaison ; B_1 la largeur au maître-couple à la ligne de flottaison. Les dimensions furent prises sur tous les canots sans combustible et sans équipage à bord, mais toutefois avec le ballast qui doit être indiqué dans le certificat de tonnage d'après la situation et le poids.

La puissance du moteur fut calculée d'après la formule suivante :

$$N = \frac{Z\, d^2\, s\, n}{C}$$

Dans cette formule, *z* est le nombre des chambres d'explosion, *d* l'alésage des cylindres en cm, *s* la course en cm, *n* le nombre moyen de tours par minute, contrôlé pendant la course pour qu'il ne soit dépassé ; C une constante de 240 000 pour les moteurs à pétrole à 4 temps, 220 000 pour les moteurs à benzine à 4 temps et 180 000 pour les moteurs à 2 temps.

Il fut permis de se servir des voiles indiquées dans le certificat de jaugeage. On augmenta la puissance calculée du moteur de 1 HP par 9,3 m² de voiles portées dans le certificat, que les canots se servissent de leurs voiles ou non.

On a fixé, d'après la valeur de course R, une certaine bonification de secondes. Au moyen de cette bonification et de la valeur de course, on a obtenu un « temps calculé » nécessaire pour le parcours. C'est là une espèce de handicap : par exemple on bonifie de 447 secondes pour 1 mille marin à la valeur de course 7, de 414 secondes à la valeur 8, de 385 secondes à la valeur 9, etc. Le vainqueur devait être celui qui gagnerait le plus de temps sur son temps calculé, ou bien en perdrait le moins.

Equipage et avirons étaient illimités. L'équipage devait comprendre au moins 4 personnes, y compris l'arbitre.

Le parcours était le suivant :

Ligne de départ : tête nord du môle d'Ymuiden — Bouée d'atterrissage d'Ymuiden — Ligne qui sert de but — Bateau-feu « Elbe 1 » — Bouée d'atterrissage « Elbe ». On devait laisser à tribord les bateaux-feux « Haaks », « Terschelling-Bank » et « Borkum Riff ». Toutefois, par temps brumeux, il n'était pas nécessaire de prouver qu'on les avait tous trois laissés effectivement à tribord.

G. M.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

La houille blanche, la houille noire, la houille verte au Congrès des Sociétés savantes de Grenoble (Mai 1913).

La ville de Grenoble semblait naturellement désignée pour donner lieu à une étude de la houille blanche, comparée à la houille noire et à la houille verte, devant le Congrès des Sociétés savantes qu'organise annuellement le Ministère de l'Instruction publique. Aussi bien, nul n'était plus qualifié que l'éminent directeur de l'Institut électrotechnique de la capitale du Dauphiné, M. Barbillion, pour présenter un exposé à la fois systématique, analytique et synthétique de la question. Ce triple caractère est, en effet, la trilogie des qualités d'un rapport que seule la maîtrise du sujet permettait de présenter sous une forme à la fois aussi condensée et aussi compréhensive.

I. — LA HOUILLE NOIRE. — Peu riche en houille noire (40 millions de tonnes de production annuelle, contre les 160 millions de l'Allemagne, les 220 millions de l'Angleterre, les 270 millions et plus

Digitized by Google

des Etats-Unis d'Amérique), la France, dont l'industrie consomme 55 millions de tonnes de charbon par an et qui est, par suite, tributaire de l'étranger, possède par bonheur une supériorité en matière de houille blanche : la puissance hydraulique de la France peut donner en une journée de 24 heures 240 000 000 chevaux-heures, alors que les besoins actuels n'atteignent pas 132 000 000 chevaux-heures.

Dès lors, l'industrie française peut trouver dans la puissance hydraulique une satisfaction plus que suffisante de ses besoins, et l'excédent de puissance hydraulique, additionné de la houille noire, doit fournir les éléments d'un nouvel essor économique.

Prix de revient. — La comparaison du prix de revient de l'énergie produite par divers engins thermiques s'évalue, en tenant compte de la nature du moteur (machine à vapeur, turbine à vapeur, moteur à gaz), de la consistance et de l'organisation de l'usine génératrice, enfin du prix du combustible.

Il convient de distinguer les installations d'après leur importance

1° *Petites installations* (de 1 à 50 kw) : éclairage des châteaux, hôtels et petites villes :

	Prix de revient par KWH franc
Moteur à gaz pauvre	0,05
Machine à vapeur	0,12 à 0,15

2° *Moyennes installations* (de 50 à 1 000 kw) :

	Prix de revient par KWH franc
Moteur à gaz pauvre	0,09
— de ville	0,10
Machine à vapeur	0,13
Turbine à vapeur	0,12

3° *Très grandes installations* (plus de 1 000 kw) :

	Prix de revient par KWH franc
Turbine à vapeur	0,05 ou même moins.

L'avantage appartient :

a) Dans le cas des petites et moyennes installations, au moteur à gaz pauvre ;

b) Dans les grandes installations, à la turbine à vapeur.

Néanmoins, dans le cas des petites et moyennes installations, la vapeur peut concurrencer le gaz pauvre.

Quant à l'énergie fournie par la houille blanche, le prix de revient est très bas si la chute est très haute et si l'utilisation a lieu sur place : 0 fr 015, 0 fr 02 ou 0 fr 05 par kwh suivant l'importance des usines, leur facteur de charge et leurs conditions d'exploitation, impôts compris ; tel est le cas des industries qui ont pu être créées avec des matières premières trouvées sur place et amenées à un bas prix grâce à la proximité d'une voie ferrée : l'aluminium, le fer et l'acier, les alliages tels que les ferro-alliages, le carbure de calcium, le verre électrique, en sont des exemples.

Si, par contre, aucune voie de communication ne se trouve à proximité, le prix de revient s'élève à 0 fr 04, 0 fr 06 ou 0 fr 08 par kwh, à raison de la perte en ligne, des frais d'établissement de la ligne, de son entretien et de sa surveillance, des impôts et redevances et de l'aggravation des risques d'arrêt accidentel.

Le rapporteur a signalé, d'autre part, que l'on conçoit qu' « entre un pays de houille blanche, comme le département de l'Isère, et un pays de houille noire, comme la Loire, puisse et même doive exister une ligne de démarcation où les prix de revient de l'énergie provenant soit d'une source soit de l'autre sont équivalents, et qu'en l'état actuel, l'énergie électrique venant des Alpes, du Dauphiné et transportée à Saint-Etienne n'aurait aucune chance de pouvoir concurrencer les kwh provenant de la houille noire ; assurément, une société qui entreprendrait de transporter l'énergie de houille noire de Saint-Etienne en Oisans, en Maurienne ou en Tarentaise, n'aurait aucune chance de succès. »

Il a ajouté que « cette concurrence peut se transformer en une alliance féconde ». En effet, comme les chômages entraînent le renchérissement, l'énergie sera d'autant moins coûteuse que la puissance disponible durant toute l'année sera plus constante. Mais le régime des chutes d'eau est loin d'être invariable, et les réservoirs d'eau, qui peuvent sans doute compenser les irrégularités diurnes de la force utilisable, ne permettent que rarement de mettre de l'eau en réserve durant les périodes de pluie pour l'utiliser durant celles de sécheresse, qui réduisent parfois au quart de la moyenne la puissance disponible. Le concours d'une station centrale à vapeur en pays houiller, qui fonctionne soit à distance soit à proximité d'une centrale hydro-électrique, remédie aux irrégularités de la puissance hydraulique : la station à vapeur intervient tantôt durant les basses eaux, tantôt même au cours d'une journée, soit aux moments de forte charge, soit en cas d'accident survenu à l'usine hydro-électrique ou sur la ligne de transport (Exemples : transport de force de Ventavon au Teil, de la Brillanne à Marseille, tout le réseau de l'énergie électrique du littoral méditerranéen). M. Barbillion a signalé que, durant la marche à la vapeur, le prix de revient du kwh est majoré, mais que l'ensemble de l'exploitation au cours de l'année bénéficie amplement de l'aide prêtée par la houille noire.

Au reste, la houille blanche peut se passer du concours de la houille noire, si des sources hydro-électriques de régimes différents peuvent alimenter un nombre considérable de consommateurs ; ainsi, pour deux usines l'une à haute chute et l'autre à basse chute, la première à régime glaciaire, la seconde à régime pluvial, l'étiage se produit en hiver pour celle-là, en été pour celle-ci.

Néanmoins, M. Barbillion estime que, même en pareil cas, la houille blanche peut faire appel à la houille noire, et il envisage comme prochaine l'alliance des Alpes et du Plateau Central, la première région étant glaciaire et la seconde pluviale, ainsi que l'union des Pyrénées et du bassin de la Garonne. Enfin, il juge certaine la réalisation de cette alliance des deux houilles dans le domaine de la traction, la houille noire fournissant des stations centrales et la houille blanche procurant la vitesse et l'élasticité du service.

II. — LA HOUILLE BLANCHE. — Le rapporteur a été amené, par une transition aussi heureuse que naturelle, à exposer les conditions de création industrielle d'une chute. Après avoir rappelé les conditions d'écoulement des eaux et de formation naturelle des chutes, il a mentionné qu'en général l'aménagement consiste d'abord à offrir aux eaux d'un cours d'eau sur une surface aussi horizontale que possible, un canal de dérivation dont la direction soit plus ou moins parallèle à celle du cours naturel ; puis, au point le plus propice, à forcer les eaux à suivre une conduite ou à entrer dans un réservoir pour abandonner sur le passage leur force naturelle dans des turbines avant de retrouver leur lit sur un point de moindre niveau. Ni les limites ni le caractère de la présente chronique ne comportent l'analyse de cette savante communication, mais il convient de signaler quelques points d'un intérêt pratique incontestable :

1° Le moteur hydraulique est le meilleur appareil d'utilisation des forces naturelles ; en effet, il peut rendre 85 % de l'énergie électrique reçue par lui, tandis que le moteur à vapeur ne rend qu'à peine 11 % de l'énergie renfermée dans la houille noire qui, d'ailleurs, tout au moins par endroits, doit s'épuiser dans une période qui n'est pas de durée illimitée.

2° Quand on utilise l'énergie sur place, on fait d'ordinaire usage de génératrices à basse tension : si l'on vise des opérations d'électrochimie comportant une électrolyse, les génératrices sont des dynamos à courant continu alimentant directement les récepteurs dont les tensions varient, suivant les circonstances, de 5 à 150 volts : ces dynamos sont presque toujours à collecteurs lamellés et débitent de très puissantes intensités, sans offrir les inconvénients fréquemment redoutés à tort.

Digitized by Google

3° Quand on n'utilise point l'énergie sur place, on fait d'ordinaire usage comme génératrices d'alternateurs à moyenne ou haute tension : la moyenne tension, qui varie de 2 000 à 5 000 volts, est adoptée pour les installations comportant des transformateurs élévateurs, tels que de 4 000 à 50 000 volts, ou destinées à des transports à longue distance ; la haute tension, qui varie de 10 000 à 15 000 volts, est donnée directement par les alternateurs et s'applique pour les installations ne comportant qu'une puissance transportée et une distance de transport modérées l'une et l'autre. Le rendement des alternateurs varie de 93 °/₀ à 95 °/₀ selon que la puissance est moyenne (500 kw) ou grande (2 000 kw et plus) ; le rendement des transformateurs est plus élevé ; il est au minimum de 97 % et même de 98,5 % pour les grands appareils.

4° La transmission de l'énergie électrique par ligne aérienne peut être réalisée selon divers modes : mais, quel qu'il soit, l'installation doit être, pour rester économique, à haute tension et cela en raison de la longueur de la distance à franchir. Les modes à prévoir sont au nombre de quatre :

a) Transport par courants alternatifs mono ou polyphasés à potentiel constant ;

b) Transport par courant continu à intensité constante ;

c) Transport par courant continu à potentiel constant ;

d) Transport par courant alternatif à intensité constante.

Sur ces quatre systèmes, les deux derniers ne sont que théoriquement admissibles, car dans la pratique :

α) Le transport par courant continu à potentiel constant exigerait que les dynamos génératrices associées en parallèles soient capables individuellement de fournir le voltage total : d'où des difficultés jugées insurmontables lorsque le voltage doit être élevé en raison de l'étendue du transport et du souci de l'économie ;

β) Le transport par courant alternatif à intensité constante exigerait, pour la stabilité du fonctionnement, l'accouplement rigide de génératrices fonctionnant en série, ce qui pour des courants alternatifs est pratiquement impossible.

5° Les courants les plus usités sont les courants alternatifs et spécialement les courants triphasés, tandis que les courants continus à haute tension ne sont que d'un emploi exceptionnel. Ceux-ci comportent soit la création d'une ou de plusieurs usines génératrices qui alimentent en série un point unique d'utilisation fort éloigné, soit celle d'une seule usine génératrice qui alimente en série plusieurs points considérables d'utilisation. Le rapporteur a présenté des deux systèmes la comparaison suivante :

A. — Les seules formes employées de transport par courant alternatif sont le monophasé et le triphasé ; leurs avantages consistent :

α) Dans les facilités de production et de transformation de tension par transformateurs statiques, dont le rendement est toujours fort élevé, lors même que la charge est faible, qui sont peu volumineux, n'exigent aucune surveillance, peuvent être placés en un lieu quelconque (soit au fond d'une cave, soit à l'étage le plus élevé, soit au haut d'un poteau, soit dans une cabane) et qui, par suite, donnent toutes facilités pour alimenter une abondante clientèle répartie sans homogénéité ;

β) Dans la faculté de réduire à volonté la perte en ligne, grâce à l'emploi de tensions suffisamment élevées : le rendement de la transmission est au minimum égal à 0,90 en pleine charge ; il s'élève en charge réduite.

Des deux types monophasé et triphasé, le premier n'est employé que pour les distributions d'éclairage et de force réduite, de traction, d'électrothermie et d'électrométallurgie ; le triphasé, au contraire, est applicable dans tous les cas.

B. — Le transport par courant continu, désigné sous le nom de l'ingénieur Thury, son propagateur, se recommande par la simplicité de la ligne de transport et de l'appareillage, notamment : *a)* par la possibilité d'employer, à tension efficace égale, des isolateurs moins forts que dans le système alternatif, la tension maximum du courant alternatif pouvant atteindre 2 fois la tension efficace ; *b)* par la modicité du prix d'établissement des fils de ligne à pleine charge et à égalité de voltage ; *c)* par l'absence de chute de tension inductive. Mais il présente :

α) L'inconvénient de la constance de la perte de ligne, indépendante de la puissance transportée, et celui d'une décroissance du rendement avec celle de la puissance, d'où impossibilité économique d'emploi de ce système si la charge est variable ;

β) Le risque d'arrêt de toute la distribution par une seule rupture en un point unique : cette éventualité, rançon de la simplicité du système continu, n'est pas à redouter dans le système alternatif, où l'arrêt peut être restreint à la section atteinte et cela grâce à des sectionnements.

En pratique, le système continu ne s'est pas propagé : on ne l'a adopté que dans des cas isolés, tandis que le système alternatif s'est partout généralisé et a permis d'atteindre d'énormes tensions (plus de 100 000 volts) à de très grandes distances (plus de 400 kilomètres).

Résumé. — Le rapporteur a résumé les considérations relatives à la houille blanche en signalant que la meilleure utilisation d'une chute d'eau dépend de l'objet de chaque espèce : électrochimie, électrométallurgie, électrosidérurgie, éclairage ou force motrice pour une ville ou une région voisine ; il a ajouté que ces emplois peuvent être associés : par exemple, l'éclairage et la force motrice laissent un excédent de puissance durant les six ou huit mois de moyennes eaux, excédent qui peut être affecté à des fours électriques, pour la fabrication de tel ou tel produit dont la détermination résulte de la situation relative de la chute et des lieux d'extraction.

III. — La houille verte. — Le rapporteur a terminé son exposé par de brefs développements sur la houille verte : celle-ci consiste dans la puissance fournie par les nombreux petits cours d'eau qui arrosent le sol de la France et qui actionnent des moulins, des roues hydrauliques, de petites turbines, de modestes ateliers, des appareils agricoles, des installations d'élévation d'eau pour irrigations ; on évalue, pour la France, le nombre de ces installations à 46 000 d'une puissance moyenne de 11 HP, soit une puissance totale d'environ 500 000 HP. Cette énergie hydraulique est d'autant plus intéressante qu'elle est répandue sur des terrains d'une grande fertilité où elle apporte à l'agriculture le plus précieux concours. Elle est loin d'avoir été intégralement utilisée soit au point de vue géographique, soit au point de vue économique : d'une part, une grande partie des cours d'eau disponibles n'ont pas été mis à contribution ; d'autre part, ceux qui l'ont été ne sont dotés que de vieilles roues qui seraient avantageusement remplacées par des turbines ou roues hydrauliques de rendement notablement plus élevé : l'exemple de petits propriétaires qui ont pu tripler de la sorte la puissance mise à leur disposition est aussi instructif qu'encourageant.

La houille verte diffère de la houille blanche à divers autres points de vue :

1° Les hautes eaux, qui augmentent la puissance de la houille blanche, réduisent ou annulent celle de certaines installations de houille verte, par suite de l'élévation du niveau d'aval qui noie l'installation ;

2° La houille verte profite à un nombre d'individus bien supérieur à celui des bénéficiaires de la houille blanche, dont les chutes sont possédées par quelques capitalistes, et les premiers ne sont pas, comme parfois les seconds, étrangers au pays même.

Tel est, trop sommairement présenté, le résumé du magistral rapport de M. Barbillion. Nous espérons du moins qu'il donnera à ceux qui l'auront parcouru le désir d'étudier l'œuvre elle-même dans le compte rendu détaillé du Congrès, qui toutefois leur imposera une inévitable attente de quelque durée.

Maurice Bellom,
Ingénieur en chef au Corps des Mines.

Digitized by Google

HYDRAULIQUE

Pompe à boulets à piston tubulaire.

La fig. 1 représente, en coupe schématique pendant l'aspiration et le refoulement, une nouvelle pompe que la maison Marmonnier vient d'étudier tout spécialement pour le soutirage du vin. Elle se compose, en principe, d'un cylindre dans lequel se déplacent deux pistons animés d'un mouvement inverse de montée et de descente.

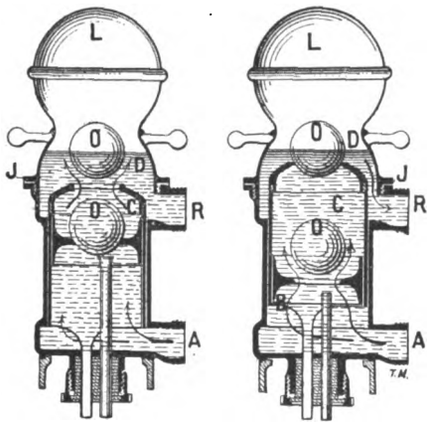


FIG. 1. — Coupe de la pompe tubale. (Aspiration et refoulement.)

Si nous supposons la pompe en fonctionnement, le liquide arrive par l'orifice A et, sous l'effet de la montée du piston inférieur, remplit tout l'espace B. Quand ce piston descend, celui du haut monte et la capacité de la partie C s'accroît, produisant ainsi un phénomène d'aspiration, qui fait passer une partie du liquide de B en C en soulevant le boulet inférieur. Lorsque la cavité atteint son volume maximum ; elle est donc pleine de liquide dont une partie passe en D en soulevant le boulet supérieur quand les deux pistons se rapprochent.

C'est ce phénomène qui produit le refoulement et oblige le vin à s'écouler par l'orifice R. Il en résulte qu'il traverse cette pompe comme un tube, d'où le nom de « tubale » que lui a donné le constructeur.

Les sections de passage à l'intérieur ont une surface double de celle des tuyaux d'aspiration et de refoulement, de telle sorte que le liquide ne rencontre pas de résistances pendant son passage dans la pompe. Le vin n'est donc pas battu et il ne peut pas se produire d'engorgement, même s'il est chargé de matières épaisses.

Le démontage s'effectue rapidement en enlevant le chapeau L, qui joue le rôle de réservoir d'air. Le boulet supérieur est alors apparent.

Pour visiter celui du bas, on enlève le dôme fermant le piston supérieur, ce qui se fait presque instantanément. C'est, en somme, une pompe très simple qui a l'avantage de ne présenter qu'un seul joint J, ce qui réduit au minimum les risques de fuite. H. P.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Brûleurs pour gaz industriels.

L'utilisation des gaz de hauts fourneaux, gazogènes ou fours à coke, pour les chauffages industriels, se répand de plus en plus. Le point délicat dans les applications de ce genre est le brûleur.

Un brûleur, en effet, doit répondre à des desiderata particuliers dont les plus importants sont :

1° Assurer un mélange très intime du gaz combustible avec l'air comburant.

2° Assurer pour des régimes de combustion variable un réglage *constant* de la proportion d'air par rapport au gaz.

On s'est d'abord peu soucié de cette dernière condition, qui est pourtant essentielle au point de vue économique ; les premiers brûleurs étaient même des orifices en maçonnerie ou en tubes, simples ou multiples, sans aucun souci de réglage.

L'étude d'une meilleure utilisation a conduit aux brûleurs « automatiques » qui commencent à se répandre aujourd'hui.

Nous signalerons les appareils de Dolynski et de Terbeck.

Le brûleur de Dolynski (fig. 1) admet le gaz par une tubulure annulaire ; l'air est admis en deux points : d'abord par une seconde tubulure annulaire qui admet de l'air réchauffé par des chaleurs perdues du four ou de la chaudière à chauffer ; ensuite par une rentrée d'air secondaire centrale, réglable à la main pour parfaire la combustion.

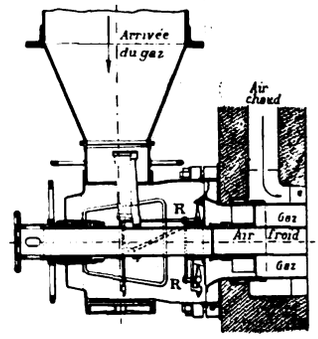


FIG. 1. — Dispositif du brûleur système Dolynski.

L'admission du gaz est réglée automatiquement d'après la pression de ce gaz dans la conduite par un dispositif de cloche équilibrée.

Ce système est assez complexe et ne peut évidemment donner entière satisfaction qu'avec du gaz bien épuré, à cause de la délicatesse des organes mobiles qui sont précisément placés dans le gaz.

Le brûleur Terbeck (fig. 2) est plus simple, mais d'une automaticité moins complète.

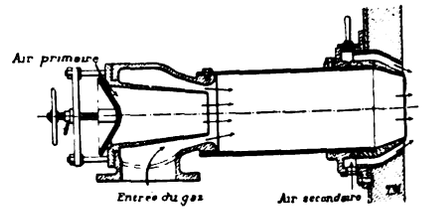


FIG. 2. — Dispositif du brûleur système Terbeck.

L'air primaire est réglé à la main ; l'air secondaire est aspiré par un dispositif à éjecteur qui, dans une certaine mesure, proportionne l'admission d'air secondaire à la quantité du mélange de gaz et d'air primaire qui a été introduite au foyer.

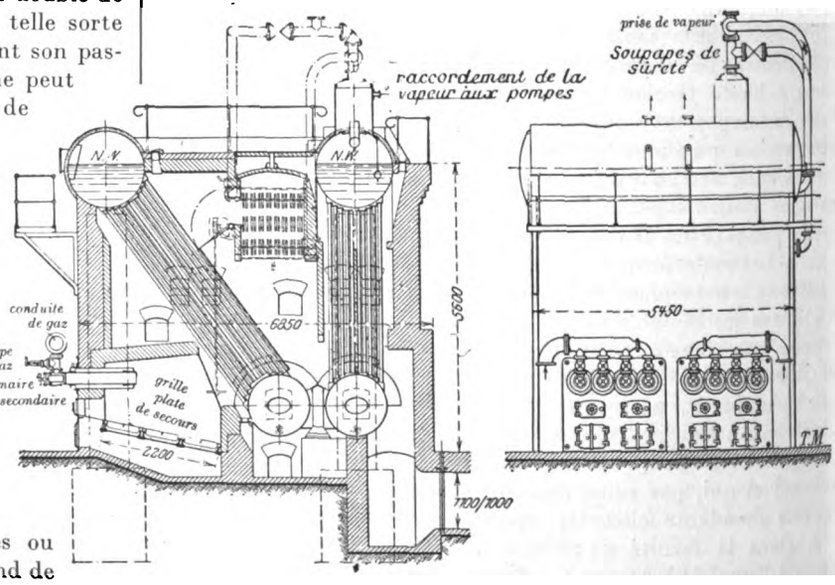


FIG. 3. — Chauffage d'une chaudière au gaz système Garbe.

Cet appareil semble devoir donner des résultats satisfaisants, si on a soin de le combiner avec une voûte réfractaire ; cette voûte réalise une « régulation » de température dans l'enceinte, et assure l'allumage et la combustion à haute température. Une application de ce principe au chauffage d'une chaudière Garbe, dont on a conservé la grille ordinaire à titre de secours, est représentée à la figure 3.

J. IZART.

Digitized by Google

Sur la mesure des températures élevées.

Le système le plus ancien pour évaluer la température est fondé sur la couleur du corps en ignition. D'après Nedding, en classant ainsi les couleurs des corps en ignition, on obtient l'échelle ci-dessous :

Le début de l'ardeur	525°
Le rouge foncé	700°
Le rouge cerise naissant	800°
Le rouge cerise	900°
Le rouge cerise clair	1000°
Le jaune foncé orange	1100°
Le jaune	1200°
Le jaune clair	1300°
Le blanc soudant	1400°

On conçoit facilement que cette classification n'ait pu être établie qu'après de longues expériences et que, par suite, il soit douteux qu'elle présente une rigoureuse précision.

Depuis plus d'un siècle, à cette méthode empirique, les savants se sont occupés de substituer des règles scientifiques, c'est-à-dire à fixer le rapport qui existe entre l'intensité des rayons lumineux et la température du corps qui les émet. Les causes des phénomènes exposés ici furent mis en lumière par Kirchhoff, en 1860, dans un travail sur la proportionnalité entre le pouvoir d'absorption et d'émission d'un corps.

Après Kirchhoff, ce sont : Stéphan, Bolzmann, Weber et beaucoup d'autres qui s'occupèrent de cette question sans cependant obtenir de résultats bien précis.

C'est seulement en 1896 que Paschen et Wien arrivèrent à poser une formule admise comme exacte :

$$(1) \qquad I = c_1 \lambda - \alpha \left(e - \frac{c_2}{\lambda T} \right)$$

dans laquelle :

I = intensité de la radiation,

λ = la longueur d'onde,

T = la température absolue du corps en question,

e = la base des logarithmes népériens,

c_1, c_2 et α sont des constantes.

Si l'on compare les intensités de deux corps rayonnants, on obtient d'après (1), la formule

$$(2) \qquad \frac{I_1}{I_0} = e \left[\frac{c_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) \right]$$

Comme on le voit, l'intensité d'un spectre étroit varie avec la longueur d'onde λ indépendante de la température à partir seulement de la constante c_2. C'est sur cette conception que Wanner se basa pour fixer sa méthode photométrique bien connue. Il trouva la valeur 14 500, pour c_2 ; c'est la même que trouva Paschen par mesures bolométriques. Ainsi, la constante c_2 peut être regardée comme connue.

Si l'on suppose donc connue une radiation provenant d'un corps à la température T_0 qui a l'intensité I_0, on peut alors, d'après la formule (2) fixer la température inconnue T_1 en fonction de I_1 donnée par l'expérience.

La loi de Wien n'a de valeur que pour les corps dits absolument noirs, c'est-à-dire des corps qui ne réfléchissent, ni ne laissent passer les rayons. Comme il faut regarder le rayonnement d'un corps noir comme l'état d'équilibre de chaleur, le rayonnement à l'intérieur d'un espace entouré de corps d'égale température, mais du reste absolument quelconques, est comparable à celui d'un corps noir.

Il en résulte que tous les fourneaux fermés sont des espaces qui suffisent à la théorie, car, comme leurs parois sont pratiquement athermanes, celles-ci ont la même température que l'intérieur; par ailleurs, pour tous les corps en ignition (peu importe s'ils sont solides ou liquides), la différence à l'égard du corps noir peut être également négligée.

Le pyromètre optique de Wanner, basé sur ces principes, est bien connu ; nous signalerons le pyromètre optique du professeur Verhey qui peut être considéré comme le perfectionnement de cet instrument.

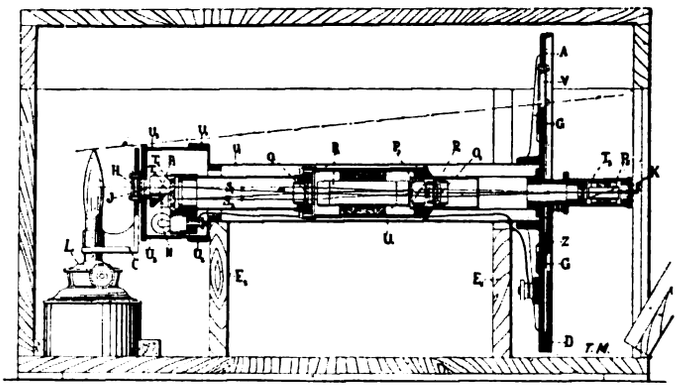


FIG. 1. — Pyromètre optique système Verhey.

Le pyromètre de Verhey est donné en coupe sur le dessin ci-joint (fig. 1).

N est une petite lampe à incandescence à la lumière de laquelle on compare l'intensité à déterminer. Elle envoie les rayons S_2 à l'aide du prisme à réflexion totale P_1, à travers la fente T_2, pendant que ceux S_1 du corps radiant passent directement à travers la fente T_1.

O_1 est une lentille éloignée de T_1 T_2 d'une distance focale : les rayons S_1 S_2 sont alors réfractés par le prisme P_2, qui forme les spectres dont on ne prend qu'une très petite portion en raison de la formule de Wien sur la longueur d'onde. Le polarisateur P_3 décompose les deux faisceaux lumineux qui le traversent en rayons ordinaires et extraordinaires; ces rayons sont ensuite déviés et réunis de telle sorte, que l'on perçoive, dans la fente oculaire T_3, les images ordinaires de T_1 et T_2. L'oculaire tournant K contient un prisme Nicole P_3 ; l'observateur voit deux champs demi-circulaires formant une seule circonférence éclairée par S_1 ou S_2.

On obtient l'égal éclairement des deux moitiés de l'image en tournant l'oculaire : l'index Z fixé à l'oculaire R montre alors sur un tambour gradué, fixé au disque protecteur A, la température du corps en degrés centigrades.

Le point de comparaison de l'intensité lumineuse étant une lampe à incandescence, il faut tenir compte de ce qu'une telle lampe perd avec le temps, de son intensité qui dépend de la source d'énergie qui l'alimente ; il est absolument nécessaire de la régler de temps en temps, surtout quand on la reprend après un repos de quelques mois. Pour la mettre au point, on la compare à la lampe à amylacétat L, qui est placée de manière à projeter la lumière à travers un verre dépoli fixé au support C dans la fente T. Après avoir fixé l'indicateur Z sur le nombre normal ainsi déterminé, on fait alors varier le courant de la lampe à incandescence jusqu'à ce que la même clarté soit obtenue dans les deux parties de l'image. L'intensité de la lampe à acétate d'amyle est par conséquent la normale dont on parle plus haut. La température qui lui répond dans la position normale de l'aiguille est établie au moyen d'un corps noir, lors de l'étalonnage du pyromètre.

L'emploi pratique de cet instrument est particulièrement commode ; il est gradué de 900 à 7 000 degrés C. Par l'emploi de verres fumés de teinte plus ou moins foncée, arrêtant plus ou moins de rayons, on peut utiliser la totalité de l'échelle indicatrice pour les écarts de température suivants :

de	900	à	1600 degrés C
—	1200	—	2000 —
—	1800	—	2400 —
—	1500	—	2700 —
—	2100	—	7000 —

Cet appareil se trouve ainsi muni de plusieurs sensibilités.

J. I.

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

De l'emploi des hydrofuges dans les mortiers.

L'addition des produits chimiques, dits « hydrofuges », aux mortiers, ayant pour but de suppléer à leur perméabilité à l'eau en supprimant leur porosité, on a étudié le mécanisme de la perméabilité des mortiers et l'action imperméabilisante des hydrofuges.

En assimilant les particules du liant à de petites sphères moléculaires, on se rend compte qu'entre cette multitude de petites sphères, juxtaposées les unes à côté des autres, se trouve aussi une multitude de vides infiniment petits, de vides moléculaires. La réunion de ces vides moléculaires n'est autre qu'un faisceau de tubes capillaires qui constituent la porosité des mortiers et les rendent perméables.

Par contre, le serrage et la compression, exercés à leur surface par le lissage, ont pour effet de déformer la face antérieure de ces sphères moléculaires qui se soudent les unes aux autres par leurs côtés. Il se forme ainsi une pellicule infiniment mince, il est vrai, mais sans solution de continuité, une pellicule imperméable.

Cette pellicule imperméable, subissant le contact de l'eau sur sa face antérieure, trouve dans les mortiers un solide support et résiste d'autant plus à la pression que celle-ci est moins forte et le support plus résistant. Dans le cas contraire, n'ayant aucune résistance propre, elle est vaincue par la pression de l'eau se transmettant à travers les faisceaux capillaires de la masse et parvenant directement à elle, en quelque sorte, par des entonnoirs moléculaires constitués par la face postérieure non comprimée des sphères. C'est ainsi que, dans le cas de sous-pression, se produit le perlage superficiel des enduits, donnant lieu à des suintements.

De même, la pellicule du lissage peut à son tour n'être plus une cause d'imperméabilité, mais de perméabilité. Composée de ciment pur et pompé de la masse des mortiers par le lissage, elle subit sous l'action des alternatives de chaleur et de froid, des dilatations et des contractions telles qu'elle se disloque de son homogénéité primitive pour se transformer en un réseau complexe de petites fissures, elle se « faïence » et abandonne le mortier à sa porosité propre.

Le remède tout indiqué de supprimer la porosité de la masse semble donc être d'augmenter le liant et d'employer des dosages très riches en chaux ou ciment, mais l'observation a montré que ces mortiers, sous l'action des variations de température, se fendillent à leur tour beaucoup plus que les mortiers à dosage moins riche, et le raisonnement indique que la cause n'en est autre que l'élévation de leurs coefficients de retrait et de dilatation par l'augmentation du dosage en liant.

Le principe de la solution de l'imperméabilisation des mortiers revient donc à la suppression de leur porosité et à l'emploi de dosages maigres en liant pour leur préparation et c'est là le double but des hydrofuges.

La nature chimique des hydrofuges est très variable. On s'adressa tout d'abord aux produits purement hydrofuges qui, n'ayant d'autres propriétés que de ralentir l'adhérence de l'eau, se laissent facilement pénétrer par la pression, puis aux corps les plus répandus dans la nature; la chaux, la silice, l'alun, la résine, dont la plupart ne font qu'augmenter la perméabilité, puis aux produits bitumeux, qui, sans liaisonnement avec les particules du liant, sont nuisibles à l'adhérence des mortiers. On préconisa même le pétrole et le savon, qui ne donnent qu'une imperméabilisation momentanée et une diminution de résistance déplorable. Enfin, on en vint à des mélanges dont les effets dépendent de leur action chimique.

Beaucoup d'hydrofuges jouent simplement le rôle de corps inertes, soit qu'ils soient incorporés aux mortiers à l'état de corps définis, réduits généralement en poudre impalpable, soit qu'ils résultent d'une double décomposition donnant lieu à un précipité pur et simple. Dans les deux cas, ces corps inertes par eux-mêmes, ne se fixant pas sur la particule du liant, ne jouent qu'un rôle de colmatage, qui n'est durable qu'autant que l'eau n'a pas eu la pression et le temps nécessaires pour les entraîner. C'est ce qui explique que divers hydrofuges n'ont donné qu'une imperméabilité momentanée.

Pour d'autres, par contre, les fabricants ont utilisé les propriétés d'une série relativement nouvelle de corps organiques : les colloïdes.

Certains de ces corps prennent naissance dans les mortiers par réactions catalytiques, c'est-à-dire qu'ils puisent bien leurs éléments chimiques dans les constituants de l'hydrofuge, mais qu'ils ne se précipitent à l'état insoluble que par suite de la présence nécessaire des éléments du liant, sans que ceux-ci d'ailleurs en soient aucunement modifiés.

Les colloïdes sont d'une insolubilité absolue à l'eau et se présentent à un état de division extrême, pour ainsi dire moléculaire, qui leur permet de pénétrer dans les vides les plus ténus. Ils sont donc d'excellents imperméabilisants.

En raison de leur masse infiniment petite, ils se fixent par attraction moléculaire et par absorption sur les particules du liant et en deviennent ainsi partie intégrante, sans pouvoir en être distraits par la pression de l'eau.

C'est en raison de ces propriétés que seul l'emploi des colloïdes dans la fabrication des hydrofuges peut rendre l'occlusion des pores des mortiers complète et durable.

L'activité d'ailleurs de ces produits a l'avantage de permettre de les introduire dans les mortiers en proportions assez faibles pour ne pas nuire aux propriétés propres de ces derniers.

Dans la pratique, on est parvenu, par l'emploi des hydrofuges à base de colloïdes, à réaliser l'imperméabilité des mortiers à des pressions très supérieures aux plus fortes pressions usuelles et cette propriété est susceptible de rendre de très grands services aux constructeurs dans les travaux de sous-pression ou de forte pression directe.

L'imperméabilité dans la masse, obtenue par la suppression de la porosité, entraîne la suppression du lissage et évite le faïençage, qui en est la conséquence naturelle. Elle procure également la possibilité de l'emploi des mortiers à dosages maigres, qui, comme nous l'avons dit, ne sont pas sujets à la fissuration de leur superficie ou de leur masse, parce qu'ils ont des coefficients de retrait et de dilatation très faibles.

Enfin l'imperméabilité rigoureuse des mortiers sur des épaisseurs extrêmement minces étant assurée, il est incontestablement plus économique, dans les travaux, d'employer les enduits, laissant à la maçonnerie ou au béton, armé ou non, gâché à dosage maigre, le seul soin d'opposer leur résistance physique à l'eau.

Il ne faut pas perdre de vue que le rôle des hydrofuges est avant tout un rôle d'imperméabilisants et pas autre chose. Pour obtenir l'étanchéité générale d'un ouvrage, il est indispensable que le constructeur ait pris les précautions nécessaires à la constitution de la forme sur laquelle seront appliqués les mortiers hydrofugés.

Par exemple, dans un étanchement de sous-sol, il sera naturel qu'un radier se fissure, si la forme n'a pas été calculée en raison de la sous-pression maximum des eaux. La chape d'une terrasse, elle aussi, se fissurera si elle est appliquée directement sur un plancher en fer qui aura une dilatation plus grande que la sienne propre.

L'imperméabilisation par les mortiers hydrofuges doit, pour subsister, dans tous les cas, être concomitante à la stricte application des règles imposées au constructeur par les lois de la nature et de la matière.

M. DE CHEVROZ.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Sur quelques perfectionnements à l'aéroplane. — Parmi les perfectionnements désirés, on demande surtout la possibilité de variation de vitesse, ce qui faciliterait l'atterrissage. M. Constantin montre comment l'on peut utiliser le second régime de vol déjà signalé par divers auteurs, notamment M. Soreau. Le système des commandes inversées permet aux pilotes de s'abandonner à leurs réflexes pour utiliser ce second régime, au lieu de les faire agir dans un sens ou dans un autre pour arriver au même résultat. M. Constantin montre plusieurs dispositifs mécaniques simples permettant aux pilotes de gouverner aux deux régimes en s'abandonnant aux mêmes réflexes. Il examine diverses objections :

1° Faible marge de ralentissement ainsi obtenue. En réalité, elle est déjà suffisante et permet dans une descente, moteur allumé, de réduire la vitesse horizontale, de rendre aussi petite que l'on veut la vitesse verticale, de monter rapidement en cas d'obstacle imprévu, de freiner vigoureusement la partie supérieure de l'appareil au moment de la prise de contact avec le sol ou la mer.

2° Moindre efficacité des gouvernails aux faibles vitesses : cela aura lieu quel que soit le dispositif de ralentissement. On peut y pallier de diverses façons.

Puis il étudie les ailes. La pression a une limite théorique et nous en sommes déjà près. Mais nous sommes loin de la limite théorique de dépression, qui est de 10 333 mm d'eau correspondant à une poussée de 10 000 kg par mètre carré. Il faut produire une déviation énergique des filets d'air vers le haut, avec le moins de perte possible.

C'est ce qui a amené M. Constantin à la conception de surfaces déviantes à très haut rendement. Des expériences avec M. Rateau sur une automobile ont donné une économie de puissance de 20 % à 42 km heure.

Dans l'application aux ailes d'aéroplanes, on fit le bord d'attaque supérieur concave, à surfaces déviantes plus complètes, comprenant plusieurs lamelles superposées. D'après les travaux de M. Lacoin, l'auteur montre l'analogie entre ce qui se passe sur l'extrados des ailes et le cyclone.

La poussée et la traînée s'accroissent en même temps que l'épaisseur de l'aile. Avec l'emploi des bords d'attaque concaves et l'existence des résistances parasites, le rapport d'accroissement de la traînée n'est pas plus grand que celui de la poussée.

L'aile d'épaisseur variable permet donc l'aéroplane à vitesse variable. Toutes les solutions proposées actuellement sont compliquées et même dangereuses, car toute asymétrie dans les ailes équivaut à un gauchissement. Le bord d'attaque mobile correspond à une variation d'épaisseur. Grâce à la bienveillance de MM. Eiffel, Drzewiecki et du Ct Dorand, l'auteur peut présenter une série d'essais. Des essais sur une aile d'hélice ont donné des résultats remarquables. Le bord d'attaque supérieur concave a diminué les traînées et augmenté les poussées, et le rendement caractéristique par l'inverse du rapport de la traînée à la poussée a cru de près de 60 % aux grands angles d'attaque et de 40 % à l'angle de vol de 3°. Le problème du monoplan sans haubans et à ailes magasins peut être considéré comme résolu. Les hélices peuvent être plus puissantes à diamètre égal.

Le Ct Dorand avec une aile mince a gagné 15 % pour l'angle de vol de 3° et 26 et 55 % pour 0° et 15° respectivement. Il est déjà intéresant de pouvoir ajouter 150 kg à un aéroplane de 1000 kg. Sur une hélice, il a gagné 20 %.

Sur 10 modèles essayés au laboratoire Eiffel, le n° 2, comparé avec une aile du Blériot n° XI bis (type circuit de l'Est), montre un meilleur rendement. La sustentation est la suivante : 140 % à 0°, 54 % à 3°, 40 % à 6°.

Comme application, M. Constantin donne quelques exemples : Les appareils solides volent mal parce qu'ils sont tangents. Ici la tangence se produit vers 12° où la sustentation atteint 70 kg par mètre carré pour la vitesse de 108 km à l'heure. Un monoplan de 30 m² de surface porterait 1 500 kg à 108 km/heure à 6°.

M. Arnoux présente ensuite quelques observations sur l'aéroplane à vitesse variable : on ne peut passer du plus petit angle d'attaque au plus grand sans passer par la valeur où l'appareil se cabre, et par conséquent provoquer un accident par perte de vitesse.

Il faut réduire la puissance propulsive et agir en même temps sur les gaz. Il est alors plus simple d'employer la méthode de M. Arnoux sur la conduite des aéroplanes par variation de leur puissance motrice.

(Communication de M. *L. Constantin*, Société des Ingénieurs civils, 2 mai 1913.)

CHIMIE

La combinaison de l'azote avec l'hydrogène et l'oxygène. — Les statistiques indiquent un besoin annuel de 750 000 tonnes d'azote combiné, avec une augmentation de 1/20 par an, besoin couvert par le salpêtre et le sulfate d'ammoniaque. Le prix de l'azote, dans l'un et l'autre composé, est sensiblement le même, et la valeur de tout l'azote consommé annuellement dans le monde représente 1 250 millions. La plus grande partie de cet azote est employée par l'agriculture.

La plus grande source d'azote combiné est le salpêtre du Chili, qui détermine les prix de l'azote sur le marché. Mais la quantité de nitrate gisant au Chili est limitée, et les frais d'exploitation et de transport sont élevés : le stock existant est plus important qu'on ne le croyait il y a 10 ans, et peut suffire encore un demi-siècle, en comptant un accroissement annuel de la production de 50 000 tonnes ; mais on exploite déjà des gisements plus pauvres, et le prix du nitrate n'a cessé d'augmenter, malgré les perfectionnements du traitement du nitrate brut, très primitif au début.

Une autre source très importante d'azote combiné est le charbon de terre. La teneur de la houille en azote est d'environ 1 % et on peut recueillir, par la distillation, sous forme d'ammoniaque, 2 % du poids du charbon ; comme la production mondiale de la houille est de plus de 1 milliard de tonnes par an, on pourrait en tirer une quantité d'azote bien plus grande que celle dont on a besoin. Mais toute la houille extraite n'est pas distillée, et la quantité de houille distillée dépend des besoins en coke, et non pas en sous-produits. Aussi la production totale de sulfate d'ammoniaque — 250 000 tonnes — n'est que la moitié environ de la quantité de nitrate exportée du Chili. Toutefois, ce chiffre est encore susceptible d'augmentation, sans accroissement de la fabrication du coke, car en Angleterre, la moitié, en Amérique les 4/5 du coke sont obtenus sans récupération des sous-produits ; la transformation des anciens fours à coke en fours à récupération de ces sous-produits, presque entièrement terminée en Allemagne, se poursuit dans les autres pays. Mais les besoins en azote croissent si rapidement que l'augmentation de production de l'ammoniaque n'y satisfait pas. Par le procédé *Mond*, on peut recueillir 70 % de l'azote combiné au charbon, mais ce procédé n'est avantageux que si l'on peut employer le gaz à l'eau qui en résulte, ce qui en limite l'extension.

Reste l'emploi de l'énergie électrique pour produire la combinaison de l'azote de l'air avec l'oxygène ou l'hydrogène.

Pour la fabrication des oxydes d'azote, les procédés les plus importants sont ceux de *Schönherr*, de *Birkeland et Eyde* et de *Pauling* : la production se monte actuellement à 1 617 000 tonnes de nitrate de chaux par an. La formation d'oxyde d'azote est une réaction endothermique exigeant 21 600 grandes calories par molécule. Si l'on pouvait employer intégralement l'énergie électrique à la transformation chimique, 1 kilowatt-heure fournirait 650 grammes d'azote combiné ; mais cette transformation est toujours accompagnée d'un dégagement de chaleur : en comptant 3 500° pour la température de l'arc, le rendement théorique tombe à 113 gr par kilowatt-heure. De plus, la combinaison de l'azote et de l'oxygène est une réaction réversible, limitée par la réaction inverse, et cet équilibre dépend de la température : le calcul indique alors, pour 3 500°, une teneur d'oxyde d'azote de 6 % dans l'air soumis à l'action de l'arc, au lieu de 42 % que donnerait la réaction complète : le rendement théorique s'abaisse à 20 gr par kilowatt-heure. En pratique, on obtient une teneur en gaz de 2 1/2 %, et un rendement de 11 à 16 grammes. Pour que ces procédés soient avantageux, il faut donc disposer de sources d'énergie électrique abondantes et à bon marché : cette industrie se trouve ainsi localisée dans les pays qui possèdent de grandes chutes d'eau.

Le rendement de l'arc est d'autant meilleur que la température est plus élevée ; aussi M. *Haber* a-t-il songé à employer d'autres sources de chaleur plus économiques que l'électricité, en particulier la flamme produite par la combustion dans l'oxygène de certains gaz (acétylène, gaz d'éclairage, oxyde de carbone, hydrogène), en présence de l'azote de l'air ; pour élever la température de combustion, on a recours au chauffage et à la compression préalables des gaz ; avec l'oxyde de carbone,

Digitized by Google

qui se prête bien à cette réaction, on peut, à l'aide d'un kilogr. de carbone, provoquer la combinaison de 60 grammes d'azote ; par la voie électrique, avec l'énergie électrique correspondante à 1 kg de carbone (6,6 kwh), on en obtiendrait 107 grammes.

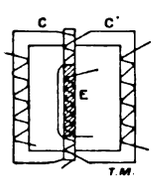
Un inconvénient de ce procédé, qui en limiterait l'extension, est l'obligation d'enrichir en oxygène l'air comburant.

La combinaison de l'azote et de l'hydrogène, enfin, peut s'effectuer de bien des façons. Le dernier de ces procédés, celui de M. *Haber*, indiqué récemment par la Badische Anilin und Soda Fabrik (1), et qui consiste à amener la production d'ammoniaque par synthèse directe des deux constituants, à une haute température (600°) et sous une grande pression (100-150 atmosphères), en présence d'un catalyseur, ne nécessite pas l'emploi de l'énergie électrique, et paraît appelé à se développer dans les pays industriels qui ne possèdent pas de chutes d'eau.

(Communication de M. *Haber*, Deutsche Chemische Gesellschaff, Berlin, 26 avril 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Nouveau perméamètre universel, système Iliovici. — La mesure d'un échantillon au perméamètre Picou nécessite deux opérations afin d'obtenir une mesure différentielle éliminant l'erreur due à la réluctance des joints entre la culasse et l'échantillon.



M. Iliovici a établi un appareil à compensation suivant le schéma ci-contre, dans lequel l'échantillon E fait partie d'un circuit magnétique fermé par une culasse C. Sur l'échantillon se trouve un enroulement à gros fil destiné à créer le champ, et un enroulement à fil fin relié à un fluxmètre ou à un balistique qui mesure l'induction. La culasse C est munie d'une bobine de compensation à gros fil. Une seconde culasse C', couverte d'un enroulement à fil fin, sert à indiquer que la différence de potentiel magnétique entre deux points de l'échantillon est nulle. Le mode opératoire consiste en un réglage pour que l'inversion ne donne rien au balistique, et en une mesure de flux.

Par cette méthode, les joints magnétiques n'interviennent pas, et il n'y a pas besoin de serrer beaucoup l'échantillon. Cet appareil peut fonctionner sous 12 et 24 volts, ou même 110 volts avec un réducteur. Il a un champ plus vaste que les perméamètres actuels, puisqu'il peut aller jusqu'à 400 gauss.

(Communication de M. *A. Iliovici*, Société Internationale des Electriciens, 4 juin 1913.)

Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus. — En cherchant à réaliser, à l'aide de composés homogènes, des détecteurs d'oscillations électriques susceptibles de se comporter comme les détecteurs rectifiants dits *à cristaux*, l'auteur a été conduit à faire agir les oscillations sur différents sels métalliques préalablement fondus. Il a ainsi fait les observations suivantes :

Tout d'abord, on observe que certains sels fondus se comportent d'une manière singulière quand on leur applique une différence de potentiel continue de valeur convenable. Pour faire l'expérience, on fait fondre le sel dans une petite nacelle de porcelaine, dans laquelle sont maintenues parallèlement, et à une distance de 1 mm à 2 mm l'une de l'autre, deux lames de platine, d'or ou d'argent de 4 mm à 5 mm de largeur. On peut aussi, plus simplement, coller les extrémités des lames métalliques l'une sur l'autre, à l'aide d'une goutte de sel fondu qu'on écrase entre les lames qu'on a chauffées au préalable, afin d'obtenir une adhérence convenable.

Après solidification et refroidissement du sel, on intercale les lames comme électrodes dans un circuit qui comprend quelques éléments d'accumulateurs, un réducteur de potentiel, et un galvanomètre muni de shunts convenables.

Pour tous les sels essayés, l'allure générale du phénomène est le même.

Dans les conditions indiquées, et à la température ordinaire, ces différents sels présentent une résistance de l'ordre du mégohm. Cette résistance ne change pas, tant que la différence de potentiel appliquée demeure au-dessous d'une certaine valeur (de l'ordre du volt environ). Mais si l'on donne à cette différence du potentiel une valeur légèrement supérieure, le système devient progressivement de plus en plus conducteur, l'accroissement de la conductivité étant d'autant plus rapide que la différence de potentiel appliquée est plus grande. La résistance passe ainsi d'une valeur de l'ordre du mégohm à une valeur de l'ordre de quelques milliers d'ohms, par exemple. Dans l'un des cas étudiés (chlorure de plomb), cette conductibilité s'établit au bout de 12 minutes sous l'application d'une force électro-motrice de 1 volt 4 au bout de 2 minutes sous l'application d'une force électromotrice de 6 volts, et au bout de 10 à 15 secondes sous l'application d'une force électromotrice de 10 volts.

Au lieu de laisser le système soumis à une différence de potentiel constante, on peut faire croître progressivement la différence du potentiel appliquée : on atteint ainsi très vite une valeur pour laquelle la conductibilité paraît s'établir brusquement.

Lorsque la conductibilité est établie, d'une manière ou de l'autre, par application d'une certaine différence de potentiel, on peut réduire cette différence de potentiel sans la faire disparaître. En opérant progressivement cette réduction, on peut ainsi la réduire à une fraction de quelques dixièmes de volt.

Dans tous les cas, et quelle que soit la valeur de la différence de potentiel appliquée au système lorsqu'il est devenu conducteur, *si l'on fait alors agir sur lui des oscillations électriques d'intensité suffisante, la conductibilité disparaît immédiatement.*

On peut disposer l'expérience de la même façon que les expériences classiques sur les cohéreurs, en excitant le système à distance par l'étincelle d'une petite bobine d'induction ou simplement par l'étincelle de rupture d'un trembleur. A chaque étincelle, il se produit alors, pour employer le langage consacré par la technique de la T. S. F., une *décohération du système.*

Cette décohération se produit d'ailleurs pour une intensité d'autant plus faible des oscillations que la différence de potentiel appliquée au système est elle-même plus petite.

Quand la décohération s'est produite sous l'action d'oscillations, et qu'on laisse appliquée la différence de potentiel continue, le système redevient conducteur. Cette chute de résistance ou *recohération* se produit en général progressivement comme le phénomène initial, mais d'une manière beaucoup plus rapide. Elle met également à se produire un temps d'autant plus court que la différence de potentiel appliquée est plus grande. En réglant convenablement, pour des oscillations d'intensité donnée, la valeur de cette différence de potentiel, on peut faire en sorte que, la décohération ayant lieu sous l'effet des oscillations, la cohération se produise spontanément aussitôt qu'elles cessent, d'une manière à peu près instantanée.

L'existence de la durée de recohération, si courte soit-elle, semble constituer un certain obstacle à l'utilisation de ce nouveau détecteur d'oscillations électriques à la réception des signaux au son. En revanche, il paraît devoir se prêter à l'enregistrement direct des signaux, car il fonctionne aisément avec un courant local de l'ordre du milliampère : c'est ce qu'on a pu constater en utilisant effectivement ce détecteur à la réception de signaux de T. S. F.

Ce phénomène a été reproduit jusqu'ici avec les sels suivants : chlorure de plomb, chlorure de thallium, bromure de cadmium, sels haloïdes d'argent, azotate d'argent.

Ce choix de sels peut paraître assez arbitraire. On observera qu'il se trouvait imposé, dans le mode opératoire adopté, par la nécessité de faire usage de sels suffisamment inaltérables et capables d'être fondus à l'air sans décomposition.

(Note de M. *C. Tissot*, présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 29 mai 1913.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Approvisionnement des grandes collectivités en gaz d'éclairage. Récupération des sous-produits. — Les cokeries sont actuellement en état de produire un gaz de grande valeur, régulier et parfaitement purifié, et, d'autre part, depuis l'emploi de l'éclairage à l'incandescence par le gaz avec manchon Auer, un gaz ne contenant que peu de particules éclairantes est très utilisable. On peut donc, sans hésiter, quand il s'agit de grands débits de gaz, remplacer l'ancien système des cornues par celui des fours à coke, non pas des premiers fours à coke où tout le gaz distillé était amené sous le foyer pour servir au chauffage, mais des nouveaux fours chauffés avec des gaz de moindre valeur. Pendant une certaine partie de la durée de gazéification, le gaz de meilleure qualité est extrait des fours, et, après avoir été débarrassé du goudron, de l'ammoniaque et du soufre, est envoyé à l'aide de compresseurs sur les lieux de consommation. Pour les grandes installations, il importe d'utiliser des fours horizontaux, qu'on doit pou-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V n° 9 (1er novembre 1912), p. 323.

Digitized by Google

voir chauffer à volonté avec leur propre gaz ou avec un gaz extérieur, de moindre pouvoir calorifique et meilleur marché ; dans ce dernier cas, le chauffage préalable du gaz et de l'air comburant est nécessaire ; on peut aussi mélanger du gaz étranger avec une partie du gaz produit par la distillation, ce qui évite l'emploi des fours à récupérateurs.

La purification du gaz, dans les usines à gaz, consiste généralement en la séparation du goudron et de l'ammoniaque par refroidissement et lavages du gaz. Le procédé employé dans les cokeries (production directe du sulfate d'ammoniaque, et séparation du goudron à froid ou à chaud) finira par être appliqué dans les usines à gaz, car il ne soulève aucune objection au point de vue pratique et est bien plus économique, à cause de la diminution de la consommation de vapeur et de force, de l'économie de personnel, de la simplification de l'appareillage. Dans le procédé *Otto*, les goudrons sont séparés à chaud (à la température de 100° environ) par la projection dans le gaz de gouttelettes d'eau qui les condensent, puis le gaz ammoniaque est absorbé par de l'acide sulfurique étendu dans un appareil clos ; le gaz est ensuite débarrassé de la vapeur d'eau qu'il contient, par refroidissement; ce qui se condense encore de goudrons légers est recueilli dans ce réfrigérant, et joint à la portion principale ; la circulation du gaz est réglée par un souffleur à turbine, qui conduit le gaz des fours au radiateur à eau, au saturateur à acide sulfurique, au réfrigérant, puis à l'épurateur à naphtaline et à soufre si le gaz est destiné à l'éclairage, ou au laveur à benzol, s'il est destiné à d'autres usages, et enfin au gazomètre. Toute la machinerie peut être actionnée à l'électricité, produite au moyen de l'excès de chaleur des fours, soit par des machines à gaz, soit par des turbines à vapeur. Le procédé *Otto* a été modifié ces dernières années, en substituant la séparation des goudrons à froid (25°-30°) à la séparation à chaud ; la chaleur contenue dans le gaz est récupérée par les procédés classiques.

(Communication de M. *Buck*, Versammlung des Markischen Vereins von Gas, Elektricitæt und Wasserfachmænnern, Berlin, 6 avril 1913.)

MÉTALLURGIE

Fonte et fonte malléable. — L'auteur commence par rappeler la *loi des phases* et le *diagramme d'équilibre* de l'alliage fer-carbure de fer ($Fe\text{-}Fe^3C$). Ce diagramme, dit-il, doit constituer la base de toute étude des phénomènes qui se rapportent aux alliages de fer et de carbone. Il rappelle que l'addition de carbone au fer pur abaisse graduellement son point de fusion de 1 505 à 1 130° C, et que l'utilité et le succès de la fonte et de la fonte malléable dépendent en grande partie de cet abaissement du point de fusion. Parlant de l'influence des impuretés, — silicium, soufre, phosphore et manganèse, — l'auteur cite les travaux de Wüst et de Petersen sur la réduction de la solubilité du carbone dans le fer par l'action du silicium.

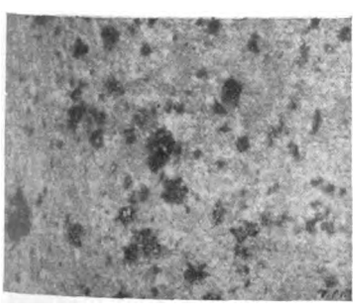


Fig. 1. — Fonte malléable européenne (ou fonte Réaumur).

Sur des micrographies, M. Hatfield montre combien la structure d'une fonte de moulage est modifiée lorsque les pièces ont une faible section, d'où la nécessité de faire varier la composition de la fonte suivant la section des moulages.

Dans la fonte blanche, le carbone combiné peut être transformé en carbone de recuit par un chauffage convenable. Cela amène l'auteur à parler de la malléabilisation. On distingue la *fonte malléable Réaumur* ou *européenne*, à cassure aciéreuse, et *la fonte malléable américaine* ou *à cœur noir* entouré d'une enveloppe décarburée. Tandis que le système Réaumur dépend en grande partie de la décarburation, le système américain dépend principalement de la décomposition du carbure en carbone de recuit suivant l'équation :

$$2\,Fe^3C = 2\,Fe^6 + C^2.$$

La différence tient surtout à ce que la fonte européenne employée pour produire la fonte malléable contient une quantité considérable de soufre, tandis que les fontes américaines à l'origine du procédé étaient peu sulfureuses. Le soufre joue un rôle important dans les phénomènes qui se produisent pendant le refroidissement au point de recalescence, au voisinage de 700° C ; il empêche le carbure de la perlite formée de se décomposer en carbone libre et fer. C'est cette perlite qui donne à la fonte malléable Réaumur ses excellentes qualités de résistance à l'usure et son apparence aciéreuse. La micrographie (fig. 1) montre la structure de la fonte malléable Réaumur : perlite dans laquelle sont dispersés des nodules de carbone de recuit.

La fonte malléable Réaumur bien faite a généralement une résistance à la rupture supérieure à 31,250 kg par mm^2 avec un allongement rarement supérieur à 5 ou 6 % sur 75 mm.

Le point essentiel du procédé américain est de maintenir le métal à une température convenable pour sa composition particulière, jusqu'à ce que la totalité du carbure libre de la cémentite soit décomposée : on peut alors laisser refroidir. Au refroidissement, lorsque le point de recalescence est atteint, on a une solution solide équivalente en composition à de la perlite (appelée *hardenite* par M. Hatfield), dans laquelle le carbone de recuit est réparti. Par la résolution de cette solution solide, le carbure de la perlite ne fait son apparition que pour être immédiatement décomposé en carbone libre et fer. Le produit final est de la ferrite contenant tout le carbone à l'état libre (fig. 2). Ce produit, extrêmement ductile, a été obtenu aux usines de Sheffield, que dirige l'auteur, avec une résistance à la rupture de 31 à 39 $kg^{mm},2$ et un allongement allant jusqu'à 15 et 20 %.

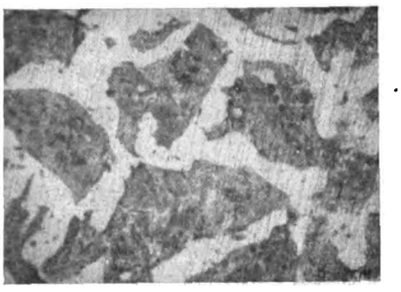


Fig. 2. — Fonte malléable américaine.

(Communication de M. *W.-H. Hatfield*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

Etude résumée sur les sables de fonderie et leur traitement. — La question des matériaux de moulage embrasse un certain nombre de sujets très importants : géologie et pétrographie, chimie, métallurgie et minéralogie, céramique, hautes températures et pyrométrie, micrographie physique et pratique de la fonderie.

Les sables peuvent se classer en trois groupes :

1° Sables provenant du triage des dépôts d'origine glaciaire aquatique ou aérienne ;

2° Sables de désagrégation des grés et autres roches ;

3° Formation gréseuses de sables rocheux agglomérés par des oxydes de fer, de la silice, etc.

Pour étudier la composition minérale des matériaux de moulage, il faut employer le microscope, mais, avant tout, il faut étudier une série complète des éléments minéraux qui s'y rencontrent et dont l'auteur donne la nomenclature et les caractéristiques essentielles. Il faut ensuite une méthode pratique d'analyse chimique rapide d'un échantillon quelconque de sable ; M. Curtis en décrit une. Il entre ensuite dans le détail des autres essais : détermination du degré moyen de finesse du sable, des qualités réfractaires, de la plasticité d'une argile réfractaire.

Il démontre enfin la nécessité d'une installation de préparation du sable de fonderie :

1° Pour économiser la main-d'œuvre ;

2° Pour épargner le sable neuf, le poussier de charbon, les compositions humides et sèches, les frais d'enlèvement du vieux sable ;

3° Pour s'assurer un mélange homogène et uniforme pouvant être reproduit à volonté.

L'installation doit être étudiée d'après la situation locale de la fonderie et la nature des matériaux dont elle dispose.

(Communication de M. *Algernon Lewis Curtis*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

Sur la séparation du graphite dans les alliages de fer et de silicium. — On sait que le carbone combiné au fer tend à se séparer sous forme de graphite quand on soumet le métal à un recuit à température convenable et que cette séparation est grandement facilitée par la présence, dans l'alliage, d'une certaine quantité de silicium qui semble jouer le rôle de catalyseur. Les observations relatives à ce phénomène ont surtout porté jusqu'ici sur les alliages fortement carburés ou fontes au silicium. Les auteurs ont fait de nombreuses déterminations sur des alliages faiblement carburés ou aciers au silicium. Ils sont arrivés aux résultats suivants :

L'intervalle de température dans lequel on peut observer, pour un

Digitized by Google

alliage donné, la formation de graphite, présente, comme limite inférieure, la température T à laquelle s'amorce la transformation de la cémentite en graphite et comme limite supérieure, la température T', pour laquelle la solubilité du graphite dans l'alliage correspond à la teneur de cet alliage en carbone total. La température T s'abaisse quand la teneur en silicium augmente, tandis que T' s'élève quand la teneur en silicium croît et aussi quand la teneur en carbone augmente. Si T' est plus petit que T, ce qui arrivera pour les alliages peu carburés à faible teneur en silicium, on ne peut observer la formation du graphite. Si, au contraire, T' est supérieur à T, on observe la séparation du graphite dans un intervalle d'autant plus étendu que les teneurs en carbone et en silicium sont plus fortes.

(Note de MM. *Georges Charpy* et *André Cornu*, présentée par M. Le Chatelier, Académie des Sciences, 26 mai 1913.)

Le travail et l'installation des fonderies, ainsi que des usines, en Amérique. — L'auteur résume les notes qu'il a recueillies au cours d'une enquête personnelle aux Etats-Unis.

La production du mouleur américain est supérieure d'environ 25 % à celle du mouleur européen : 10 % de cette différence doivent être attribués au plus grand effort fourni par l'ouvrier et 15 % au meilleur outillage et aux plus grandes facilités de travail. Le désir ardent de gagner beaucoup d'argent et le prix élevé de la main-d'œuvre, peu abondante en Amérique, pousse les industriels à réduire le plus possible cette main-d'œuvre par l'emploi de procédés mécaniques, dans des cas où les industriels européens reculeraient devant la dépense à faire.

Aux Etats-Unis, l'usage des transports aériens par monorails est très répandu, notamment pour la manutention du sable. Les installations de transport et de levage sont très nombreuses. L'électricité en est le principal agent de force motrice.

La fusion de la fonte se fait généralement au cubilot, mais beaucoup de fonderies emploient, à côté des cubilots, des fours à réverbère pour les grosses pièces ou les fontes spéciales. Ces fours sont chauffés au gaz naturel, qui est très peu coûteux : le coke est également bon marché et vaut de 1 dollar à 1 dollar 5 (5 fr à 7 fr 50, à Pittsburg) et ailleurs 4 dollars (20 fr). En raison de ce bas prix, on ne vise pas à l'économie de coke dans la conduite des cubilots et une consommation moyenne de 15 % de coke par rapport à la production de fonte est très normale.

Les essais de fusion de l'acier au cubilot n'ont pas donné de meilleurs résultats en Amérique qu'en Europe. Le métal se recarbure au contact du coke. Toutefois, dans une aciérie, en utilisant des déchets de fer doux, on produit au cubilot un acier à 1 % de carbone, qui sert à faire des caisses pour le recuit de la fonte malléable.

Dans d'autres aciéries, on fond un mélange de fonte et de 40 à 50 % de riblons d'acier avec un peu de ferro-manganèse et en dosant convenablement le silicium ; le métal obtenu ainsi est appelé *semi-steel* (semi-acier) et remplace les fontes spéciales à faible teneur en carbone. Les fonderies employant des briquettes de tournures de fer et de fonte sont encore assez rares, mais on utilise les tournures en les chargeant dans des tuyaux de fonte qu'on introduit dans l'axe du cubilot.

Les modèles sont établis avec le plus grand soin et combinés avec leurs pièces mobiles, de façon à faciliter le moulage. Plus coûteux qu'en Europe, ils sont cependant plus économiques par les salaires qu'on regagne grâce à eux sur le moulage. Dès qu'on a beaucoup de pièces à faire, on emploie des modèles en métal. Les boîtes pour noyaux d'un usage fréquent sont également en métal.

La préparation mécanique du sable n'est pas aussi perfectionnée qu'en Europe ; par contre, on recherche des mélanges de sable spéciaux à chaque genre de pièces. On emploie couramment une partie de sable nouveau pour 6 ou 7 parties de vieux sable, mélangées à des agglomérants tels que la mélasse, l'huile de lin, etc. Cela donne beaucoup de consistance et permet d'utiliser des sables maigres tout en réduisant l'emploi des pointes de mouleur.

Beaucoup de moules sont séchés au moyen d'un brûleur à huile ou à pétrole, maintenu à environ 50 centimètres du moule. Un autre procédé consiste à arroser le moule d'essence minérale qu'on enflamme ensuite.

Si l'ouvrier mouleur américain produit plus que l'européen en fabrication de pièces courantes, les bons mouleurs de pièces compliquées sont rares, payés cher et ne fournissent pas autant de travail que ceux de nos pays. L'auteur signale un procédé de moulage dans un châssis ouvrant, en bois, la motte étant maintenue par un cadre en fer plat.

L'emploi des machines à mouler, surtout des machines simples, se développe de plus en plus, même pour des séries relativement petites. Les plus usitées sont les machines à secousses, encore peu connues en Europe. La construction des machines à main est fort simple, mais, celles-ci conviennent surtout pour pièces plates et peu compliquées.

Pour les pièces difficiles, les machines européennes et notamment françaises, ont montré leur grande perfection de travail, mais plusieurs fonderies ont dû abandonner ces machines qui demandent un travail trop soigné pour l'ouvrier américain.

L'ébarbage des pièces est assez sommaire. Le procédé de nettoyage au jet de sable est peu répandu. Le coupage des masselottes se fait au chalumeau oxhydrique et à l'acétylène. Les bavures, jets de coulée ou petites masselottes sont enlevés au burin pneumatique. Les masselottes sont également coupées en les perçant à la base au moyen d'une foreuse pneumatique, puis en les détachant d'un coup de marteau ; on égalise ensuite au burin. Les petites pièces passent toutes dans des tambours de nettoyage.

La fabrication, en général, est conduite par des praticiens qui ne se soucient pas assez de la théorie et de la chimie métallurgique. Ce qu'on recherche surtout, c'est une fonte douce se travaillant facilement et vite.

Quant à l'acier moulé, la statistique suivante, qui s'applique aux 6 premiers mois de l'année 1912, indique comment sa production se répartit entre les divers types d'appareils :

Four Martin	456 027 tonnes
Convertisseur	30 014 tonnes
Creuset	8 326 tonnes
Four électrique	531 tonnes
Divers	3 168 tonnes
	498 066 tonnes

Le four Martin est, comme on le voit, le gros producteur. Les fours chauffés à l'huile lourde de pétrole sont très répandus.

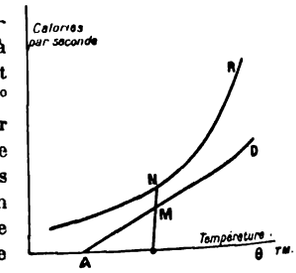
La consommation est d'environ 40 gallons d'huile par tonne d'acier produit, soit une dépense d'environ 9 francs par tonne.

Les petits convertisseurs à soufflage latéral sont assez répandus. Quant aux fours électriques, sur 11 usines qui en avaient installé, 3 à peine ont pu se créer une certaine renommée, parce que ces fours demandent des soins auxquels la fonderie américaine n'est pas encore habituée.

(Communication de M. *Brasseur*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26-mai-1er juin 1913.)

PHYSIQUE

Sur la combustion des mélanges gazeux et les retards à l'inflammation. — Les expériences permettent de conclure que le retard à l'inflammation est dû à ce fait que la vitesse de réaction des mélanges gazeux qui manifestent cette propriété croît moins brusquement, en fonction de la température, que celle des mélanges gazeux à retard non discernable ; cette vitesse de réaction, pour le grisou, ne dépend pas sensiblement de la proportion qu'atteignent, en cours de réaction, les produits de la combustion ; elle est déjà notable vers 700° ; mais ce n'est cependant que vers 900° ou 1000° qu'elle devient assez grande pour produire la combustion vive. Le nombre de calories dégagées dans l'unité de temps est représenté, en fonction de la température, par une courbe telle que R ; le nombre de calories transmises par le mélange en combustion lente aux parois du matras est proportionnel à la différence de température, et est représenté par une droite D qui coupe l'axe des abscisses au point A correspondant à la température du vase. Le segment MN mesure le nombre de calories restant dans le mélange gazeux ; le temps d'échauffement de θ à $\theta + \Delta\theta$ est inversement proportionnel à la longueur MN ; le fait qu'on observe de longs retards prouve que la courbe R reste assez longtemps voisine de la droite D. Les différentes durées de retard que manifestent, dans un même récipient, divers mélanges gazeux, sont simplement la conséquence de différences dans la position et la forme de la courbe R.



(Note de MM. *Taffanel* et *Le Floch*, présentée par M. H. Le Chatelier Académie des Sciences, 19 mai 1913.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DE BREVETS D'INVENTION

AUTOMOBILES

Changements de vitesse pour voitures automobiles. — Cette invention est relative à l'établissement de changements de vitesse par l'arrangement dans un, deux ou trois plans horizontaux, des trois arbres constituant à l'intérieur du carter, l'arbre primaire, l'arbre intermédiaire et l'arbre transmetteur, dans le cas où aucun de ces trois arbres ne peut être placé dans le prolongement de l'un des deux autres. Dans ces transmissions, le dispositif de prise directe est supprimé ; de plus, une des vitesses au moins, est transmise par l'intermédiaire d'une chaîne, directement, de l'arbre primaire à l'arbre récepteur ; il en résulte la suppression, pour cette marche, du bruit des engrenages, ce qui rend la voiture plus confortable. La chaîne peut aussi être employée pour transmettre toutes les vitesses de l'arbre intermédiaire à l'arbre récepteur.

Les fig. 1, 2 et 3 représentent une transmission à quatre vitesses, dont trois avec engrenages et la quatrième par l'intermédiaire d'une chaîne. Cette dernière transmission est réservée pour la vitesse la plus généralement employée ; si c'était la troisième au lieu de la quatrième, celle-ci serait transmise par engrenage.

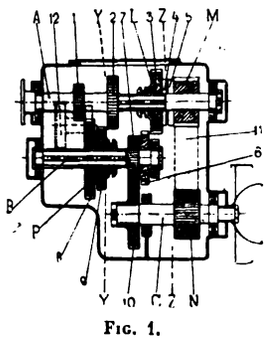


FIG. 1.

Cette solution est particulièrement intéressante pour voiture de ville ou de montagne; la chaîne peut être d'un modèle quelconque pourvu qu'elle soit silencieuse.

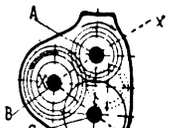


FIG. 2.

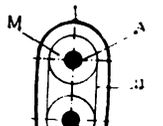


FIG. 3.

La fig. 1 est une coupe suivant XXX de la fig. 2, cette coupe étant développée par rotation autour de l'arbre B.

La fig. 2 est une coupe suivant YY de la fig. 1, fermée sur l'angle XXX, par rotation autour de l'arbre B.

La fig. 3 est une coupe suivant ZZ, de la fig. 1, fermée sur l'angle XXX, par rotation autour de l'arbre B.

L'arbre primaire A reçoit son mouvement de l'arbre moteur ; sur cet arbre A sont clavetés les pignons 1 et 2, et il porte le baladeur L monté à glissement sur un carré ou sur une clavette. Ce baladeur, qui est manœuvré par une fourchette, porte une roue 3, et il est muni des griffes 4 qui peuvent venir en prise avec les griffes 5 du pignon M, monté fou sur l'arbre A ; ce pignon M reçoit la chaîne de commande de la quatrième vitesse.

L'arbre intermédiaire B porte, clavetées, les deux roues 6 et 7, ainsi que le baladeur P qui comporte les roues 8 et 9.

Sur l'arbre transmetteur G sont clavetés la roue d'engrenage 10 et le pignon N de la chaîne 11 qui sert pour la quatrième vitesse.

La roue 7 de l'arbre intermédiaire et la roue 10 de l'arbre récepteur sont toujours en prise et transmettent les trois premières vitesses.

La première vitesse est obtenue lorsque la roue 8 du baladeur P est en prise avec le pignon 1 de l'arbre primaire.

La deuxième vitesse est obtenue lorsque la roue 9 du baladeur P est en prise avec la roue 2 de l'arbre primaire.

La troisième vitesse est réalisée lorsque la roue 3 du baladeur L est en prise avec la roue 6 de l'arbre récepteur.

La quatrième vitesse est obtenue en débrayant les engrenages des deux baladeurs et en mettant en prise les griffes 4 du baladeur L avec les griffes 5 de la roue à chaîne M. Il n'y a, dans ces conditions, aucun engrenage en prise, et c'est la chaîne 11 qui transmet directement la puissance de l'arbre primaire A à l'arbre récepteur C.

Enfin, un train d'engrenage 12 est interposé entre les roues 1 et 8 lorsque l'on pousse le baladeur P vers la gauche de l'arbre B, pour obtenir la marche en arrière, le baladeur étant débrayé.

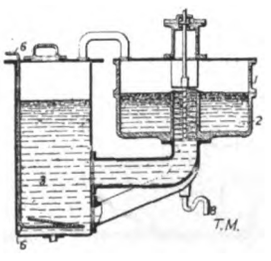
(*Société Anonyme des Établissements Delaunay-Belleville*, Seine. Brev. fr., cl. 10, n° 448 181 12.IX.12.)

CHIMIE

Ammoniac (Production catalytique). — Le tungstène employé dans la production catalytique de l'ammoniac est obtenu par la réduction d'un alliage pur de tungstène au moyen de l'ammoniac à la pression atmosphérique, ou au moyen de tout autre gaz réducteur employé à une haute pression. Quand on se sert de l'hydrogène, la température ne doit pas dépasser 600° C ; quand on se sert de l'ammoniac, il est préférable d'opérer à 800° C. Quand un nitrure de tungstène est obtenu par réduction, on peut le dissocier dans le vide. L'ammoniac peut être produit en faisant passer le mélange d'azote et d'hydrogène à une pression de 150 atmosphères sur du tungstène métallique à la température de 550-600° C.

(*J. Y. Johnston*, London [Badische Anilin und Soda Fabrik] Ludwigshafen. Br. angl., classes 1 et 82, n° 1611, 15.I.12.)

Cyanamide (Fabrication). — Un alliage de plomb et d'un métal alcalin 2 est traité par un amide alcalin fondu qui peut circuler de la cloche 1 au réservoir 3. L'ammoniac est admis par le conduit 6; il transforme le métal alcalin extrait en cyanamide, qui monte à la partie supérieure d'un conduit auquel est adapté un siphon 8.



(*E.-A. Ashcroft*, London. Br. angl., classes 1 et 41, n° 1 002, 12.I.12.)

Epuration de l'eau au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. — L'eau, après avoir été traitée par ces composés chlorés, est mise en contact avec de l'étain métallique ou des composés de l'étain en fine poudre.

(*Th. Goldschmidt A. G.*, Essen, Ruhr. Brev. all., cl. 85 b, n° 256 387, 16.I.12.)

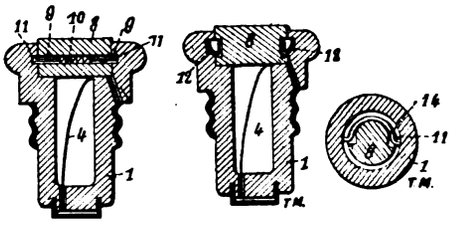
ÉLECTRICITÉ

Courant instantané de court-circuit dans les alternateurs (Dispositif pour atténuer le). — On applique une self additionnelle dans le circuit du rotor. Cette self est constituée par un circuit magnétique dérivé, traversé par le courant d'excitation du rotor.

(*Ateliers de Construction du Nord et de l'Est*, Jeumont. Brev. fr., cl. 12, n° 447 851, 8.XI.11.)

Fusible pour installation électrique, 1) caractérisé par un corps isolant creux contenant le fusible 4 et composé de deux ou plusieurs parties 1 et 8 maintenues ensemble par un ou plusieurs verrouillages 9, 12 ou 14 à ressort 12. Ces derniers se ferment quand on amène les pièces 1 et 8 dans la position correcte l'une par rapport à l'autre et ne peuvent plus être ouverts qu'en brisant le corps isolant.

2) Forme du fusible d'après 1, caractérisée par le fait qu'une partie 8 de l'isolant est unie aux surfaces de connexion avec la partie 1 par des



goupilles 9 à ressort en saillie qui, lorsque la première partie 8 est amenée à sa place, s'introduisent sous l'action du ressort dans une rainure 11 ou une cavité de l'autre partie 1.

3) Forme du fusible d'après 2, caractérisée par deux goupilles 9, logées dans un canal transversal et séparées par un ressort 10 qui les fait sortir du canal.

4) Forme du fusible d'après 1, caractérisée par un ou plusieurs ressorts 12 ou 14, logés dans une partie 8 de l'isolant, ressorts tendant à prendre une forme telle qu'ils sautent en partie dans une rainure 11 ou une cavité de l'autre partie 1.

(*Otto Nordentoft*, Frederiksberg, Danemark. Brev. all., cl. 21 *c*, n° 260 143, 22.VIII.12.)

Joints électriques (Procédé pour augmenter et assurer la conductibilité des). — On projette sur les parties du joint dont il y a lieu d'assurer la conductibilité, des particules métalliques fondues, du cuivre par exemple, à l'aide des appareils Schoop et d'une façon générale à l'aide de tout appareil permettant la projection des poudres métalliques préalablement chauffées à une température convenable.

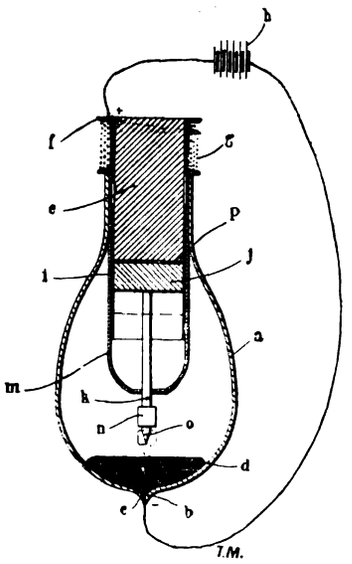
(*Société de Métallisation*, Seine. Br. fr., cl. 12, n° 448 377, 24.XI.11.)

Lampe électrique à incandescence anodique. — Cette invention a pour objet une lampe électrique à incandescence anodique, dans laquelle une anode métallique réfractaire est portée à l'incandescence et bombardée par des particules émanant d'une cathode métallique facilement désagrégeable.

Un tube *a* en verre, dans lequel on fait le vide, est étiré à sa partie inférieure suivant une pointe *b* dans laquelle est soudé un fil de pla-

Digitized by Google

tine *c* de faible diamètre, par exemple 3/10 de mm; ce fil est relié au pôle négatif d'une source électrique convenable *h*; ce fil de platine est noyé à l'intérieur du tube *a* dans une certaine quantité de mercure *d*.



A la partie supérieure du tube *a* est mastiquée une tige de fer doux *e* de forme cylindrique entourée, à son extrémité supérieure libre, par une bobine *f*, sur laquelle vient s'enrouler un fil *g*, isolé électriquement, relié au pôle positif de la source *h* et venant en contact avec la tige *e*. Pour fixer les idées, le fil *g* présente par exemple, un diamètre de 1mm,2 et forme trois couches sur la bobine *f*.

La tige *e*, à la partie inférieure de laquelle est soudée une rondelle isolante *p* par exemple en mica formant isolant calorifuge, est entourée d'une chemise *i*, de préférence en cuivre mince, dans laquelle peut coulisser un cylindre en fer doux *j*, portant à sa partie inférieure une tige *k* constituant l'anode.

La chemise *i* est entourée par un tube de verre *m* étranglé à sa partie inférieure, mais laissant libre passage à la tige *k*.

Cette tige *k* ou anode est constituée par un métal réfractaire, tel que tungstène, molybdène, alliage de chrome et d'uranium ou autre, et elle est garnie, au tiers inférieur de sa hauteur, d'un anneau de pâte thermo-luminescente *n*. Cette pâte est formée, par exemple, de silicate de soude et d'un mélange de 98 % d'oxyde de thorium, 1 % d'oxyde de cerium, et 1 % de magnésie. La tige *k* est terminée en forme de pointe *o* sans aucun recouvrement.

Le fonctionnement est le suivant :

Au repos, le cylindre *j* et les organes qui lui sont reliés occupent la position en traits mixtes, la pointe *o* trempant dans le mercure *d*. Lorsqu'on fait passer le courant, la tige *e* s'aimante, attire le cylindre *j* qui vient occuper la position en traits pleins et la pointe *o* de l'anode sort du mercure *d*. Un arc dans le vide s'établit aussitôt sous l'influence de l'étincelle de self induction, la tige réfractaire *k* devient d'un blanc éblouissant par le bombardement des particules émanant de la cathode, tandis que l'anneau *n* brille d'un vif éclat par suite de ses propriétés de thermo-luminescence.

(*A. Caubel* et *C. Beck*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 448 107, 16.XI.11.)

Moteur triphasé à excitation en série avec transformateur en série entre l'enroulement du rotor et l'enroulement du stator. — Ce moteur est caractérisé par ce fait que l'enroulement du transformateur raccordé au stator est couplé en étoile tandis que l'enroulement raccordé au rotor, est couplé en triangle.

(*Siemens-Schuckert Werke*, G. m. b. H. Allemagne. Brev. fr., cl. 12, n° 448 502, 19.IX.12).

Transformateur à bain d'huile. — Cette invention se rapporte aux transformateurs à bain d'huile, avec cuve entièrement remplie et hermétiquement close; elle est caractérisée ainsi qu'il suit :

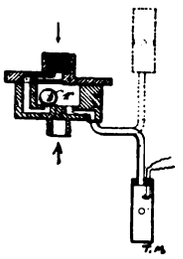
L'huile se dilatant par suite d'un excès de température, le trop plein de la cuve est amené dans un vase d'expansion, au moyen d'un conduit s'ouvrant à la partie inférieure de la cuve.

Le conduit d'écoulement au vase d'expansion peut être exécuté en forme de serpentin refroidisseur.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 448 102, 7.IX.12.)

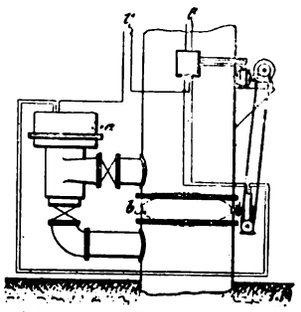
GAZ (INDUSTRIE DU)

Allumeur de gaz à distance avec fermeture de soupape à billes commandée électriquement, caractérisée par une soupape à billes *r* qui, parmi trois ouvertures dans le fond d'une lanterne de soupape, ferme l'ouverture conduisant à la tuyauterie d'allumage et alternativement une des deux autres, laissant par contre la troisième constamment ouverte.



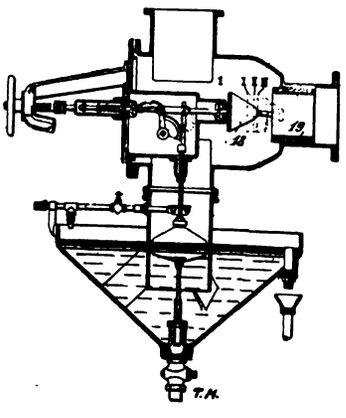
(*Firma Andreas Hassenger*, Halle a. Saale. Brev. all., cl. 4 d, n° 259 359, 18.II.12.)

Réglage de l'écoulement de gaz dans les collecteurs au moyen d'un papillon commandé électriquement et d'un organe de pression relié à un dispositif à contact, caractérisé par le fait que le dispositif de contact électrique commandant le papillon *b* est appliqué à un régulateur de pression du gaz *a* situé dans la tuyauterie de circulation du papillon.



(*Apparate Vertriebs Gesellschaft m. b. H.*, Berlin Wilmarsdorf. Brev all., cl. 4 c., n° 259 292 2.IV.12.)

Réglage de l'écoulement de gaz avec pression variable et consommation variable, caractérisé par le fait qu'un dispositif de réglage automatique de la pression (régulateur à flotteur) et un dispositif réglable à la main pour régler la consommation sont réunis l'un à l'autre, de telle manière que leurs corps de soupape 18 et 19 modifient la même ouverture d'écoulement.



(*Wilhelm Hoeller*, Köln-Ehrenfeld. Brev. all., cl. 4 c, n° 259 229, 16.VI.12.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Chargement de fours (Procédé et appareil pour le). — On interpose, entre l'appareil chargeur et l'ouverture de chargement du four, un silo roulant divisé en compartiments de capacité égale à celle d'une charge, chaque compartiment étant facile à vider, quelle que soit la matière, dans le four par l'ouverture de chargement de ce dernier.

On charge alors successivement chaque compartiment du silo roulant au fur et à mesure du débit de l'appareil chargeur sans s'occuper de la marche du four. Le four n'est chargé que d'après ses besoins et à partir du silo roulant.

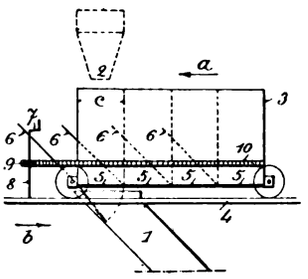


Fig. 1.

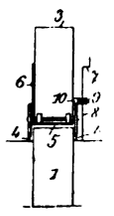


Fig. 2.

La fig. 1 est une élévation de côté de ce système de chargement, la fig. 2 une élévation par bout et la fig. 3 un plan.

Dans ce dessin, on a supposé que pour chaque ouverture de chargement 1 l'appareil chargeur, de nature quelconque, abandonne en 2 les matières à charger; au-dessus de chaque ouverture 1, un silo roulant 3 se déplace sur des rails 4; il est divisé en plusieurs compartiments de capacité égale à celle d'une charge; chacun de ces compartiments est fermé par un clapet équilibré 5 commandé par un levier 6.

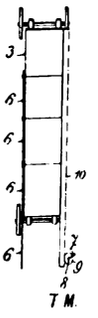


Fig. 3.

Dans chaque silo, on charge le compartiment qui se trouve au-dessus de l'ouverture 1, puis on déplace chaque silo dans le sens de la flèche *a* d'une quantité égale à la largeur *c* d'un compartiment, ce déplacement ayant pour effet d'amener, à la place d'un compartiment plein, un compartiment vide que l'on charge à son tour.

Au moment où il convient de charger le four, on agit sur le levier 6 du clapet de compartiment qui se trouve au-dessus de l'ouverture 1, si ce compartiment est plein; si au contraire, il est vide, on déplace le silo roulant dans le sens de la flèche *b* d'une quantité *c*; le compartiment qui vient au-dessus de l'ouverture 1 est forcément plein et c'est lui que l'on vide dans le four en agissant sur le levier 6: l'action sur ce dernier ayant pour effet d'ouvrir le clapet 5, les matières sont forcées de descendre dans le four sous l'action de leur poids.

Le déplacement des silos peut être commandé à poste fixe : par exemple, à l'aide d'une manivelle 7 montée sur l'arbre 8 d'un pignon 9 en prise avec une crémaillère 10 portée par le silo roulant. Quant au mouvement des leviers, il peut être commandé du même point, puisque tous les leviers 6 viennent prendre la même position après chaque déplacement du silo.

(*Société Française de Fours à coke et de Matériel de Mines*, Seine. Brev. fr., cl. 15, n° 448 261, 20.XI.11.)

Digitized by Google

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Boulons. — Un boulon entaillé, à utiliser dans le cas où une seule surface des pièces à assembler puisse être atteinte, comprend deux parties égales : chacune d'elles est coupée obliquement près de la tête du boulon, de façon que la projection faite perpendiculairement à cette coupe soit légèrement inférieure au diamètre du boulon et puisse passer par le trou ménagé dans les pièces à assembler.

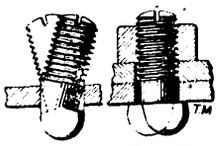


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Les figures 1 et 2 montrent un modèle de ce boulon avec les deux moitiés disposées d'une part pour l'insertion dans le trou et d'autre part pour le vissage. La figure 3 montre un écrou pour plaque de forte épaisseur et la figure 4 un écrou à tête carrée. Les figures 5 et 6 montrent des écrous coupés perpendiculairement à la direction prise par les deux moitiés de la tête.

(*C. K. Mills*, London. Brev. angl., cl. 89, n° 2937, 5..XII.12.)

Courroies de transmission (Produit pour empêcher le glissement des). — Ce produit est particulièrement avantageux pour les manchons frotteurs de cardes fileuses. Il est composé comme suit :

Suif	170 grammes
Poix blanche	330 —
Pétrole	330 —
Carbonate de soude	170 —

La fabrication se fait dans une chaudière où les divers produits de la composition sont fondus ensemble.

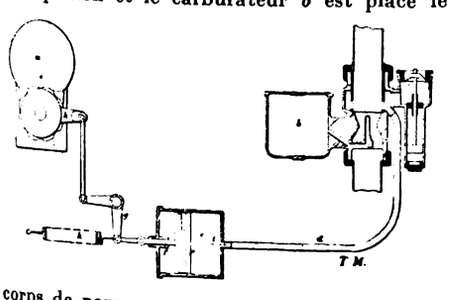
Ce produit est appliqué sur les courroies de transmission ou les manchons frotteurs à l'aide d'un pinceau.

(*C. J. Lepart*, Seine-Inférieure. Brev. fr., cl. 5, n° 448 054, 7.IX.12.)

MACHINES THERMIQUES

Avance automatique de l'allumage dans les moteurs à explosion. — Le principe de ce dispositif est basé sur l'utilisation des variations de dépression qui se font sentir dans le carburateur suivant l'allure du moteur. Ce dispositif consiste en un corps de pompe interposé entre la magnéto et le carburateur, et dont le piston, qui est déplacé sous l'action des variations de dépression, agit par l'intermédiaire d'un renvoi de mouvement articulé sur l'organe de la magnéto qui produit l'avance de l'allumage.

Entre la magnéto d'allumage *a* du moteur à explosion et le carburateur *b* est placé le



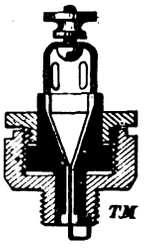
corps de pompe *c*, raccordé par le tuyau *d* à un point convenablement choisi de la chambre de dépression du carburateur. Le piston *e*, qui se déplace dans le cylindre *c*, actionne, au moyen de sa tige *f*, un système de bielles et leviers articulés *g*, qui fait tourner la manette *h* d'avance à l'allumage de la magnéto *a*. Le ressort de rappel *k* qui agit sur la tige de piston *f* tend à ramener le piston dans sa position normale contre le fond du cylindre.

Le fonctionnement de ce dispositif automatique est le suivant :

Lorsque le moteur accélère, la dépression augmente dans le carburateur et le piston *e* est attiré dans le sens de la flèche *l*. Dans son mouvement, il agit sur le système articulé *g* et par l'intermédiaire de la manette *h* produit automatiquement l'avance de l'allumage. Lorsque la vitesse du moteur diminue, la dépression décroît et le piston *e* revient progressivement à sa position première grâce à la traction du ressort *a*.

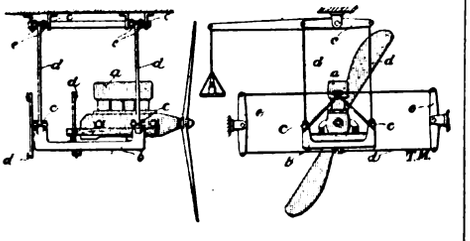
(*Société Anonyme des Automobiles Unic*, Seine. Brev. fr. cl. 5, n° 448 299, 13.IX.12.)

Bougie d'allumage dans laquelle un courant d'air est insufflé entre les électrodes pour le nettoyage et le refroidissement. Elle est caractérisée par un alésage conique toujours ouvert, ayant une forme telle qu'il offre au passage de l'air une résistance différente suivant la direction du courant, de telle manière que, pendant la période d'aspiration, l'air frais de l'extérieur peut entrer librement, tandis que, pendant la compression, il ne peut sortir que faiblement ou pas du tout.



(*Dr. Friedrich Keutel*, Hannover, *Otto Hahmann*, Berlin. Brev. all., cl. 46 c, n° 259 174, 22.VIII.12.)

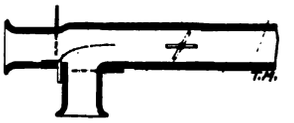
Cadre suspendu pour essayer les moteurs, caractérisé par un cadre recevant le moteur et relié avec deux ou plusieurs leviers oscillants *d* perpendiculaires à l'arbre du moteur *a*, de manière que le cadre forme un parallélogramme articulé avec chaque levier et les connexions afférentes.



Les joints *c* du parallélogramme articulé peuvent être des joints à la cardan.

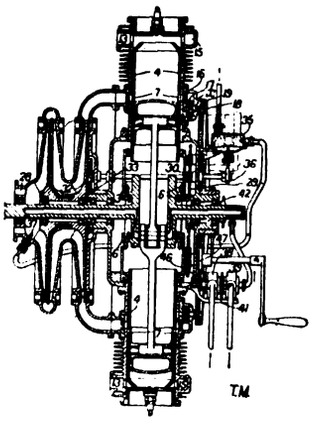
(*Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt* E. V., Berlin, Brev. all. cl. 42 *k*, n° 259 924, 14, IX.12.)

Carburateur à injection pour combustibles liquides, caractérisé par une buse à combustible qui se trouve au point de rencontre de courants d'air horizontal et vertical, de manière que le jet de combustible en éventail formé par ce courant n'arrive pas en contact avec les parois du carburateur, en particulier, avec les parois inférieures.



(*Motorenbau Gesellschaft m. b. H.*, Friedrichshafen. Brev. all., cl. 46 c, n° 259 170, 8.XI.11.)

Moteur à combustion interne. — Un moteur à cylindres radiaux ayant des ouvertures d'admission 7 et des ouvertures d'échappement 13 est alimenté en combustible par un compresseur simple ou à plusieurs étages de compression, actionné par l'arbre manivelle par l'intermédiaire des roues dentées 20, 30, 32, 33. Le liquide est injecté dans le moyeu du compresseur par une tuyère 37 au moyen d'une pompe 35. Des valves 4, placées dans le manchon du cylindre, règlent la distribution, ces valves étant commandées par des eames annulaires qui actionnent les roues 6, placées dans des plans verticaux différents sur les deux faces des cames.



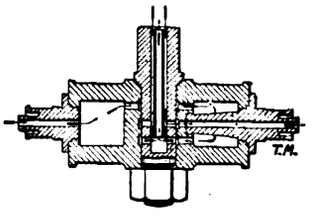
La surface des ouvertures d'admission peuvent varier par le réglage d'un anneau 16, porté par un rebord denté sur lequel s'engage un pignon 17.

Le pignon est mû par une roue dentée annulaire 4, par l'intermédiaire d'un second pignon 18 porté par un arbre *x*. Au départ, le disque peut être mis en marche par une roue dentée 46 qui engrène avec la roue 29. Les deux roues 29 et 26 sont libres, une autre roue libre 47 pouvant être embrayée par la poignée de mise en marche. L'huile est conduite par l'arbre de manivelle creux alimenté par une pompe 39. L'huile qui se rassemble dans le carter de l'arbre manivelle est reprise par une pompe 38.

Les pompes sont commandées par une chaîne qui engrène avec les roues 41, 42.

(*R. Esnault-Pelterie*, Boulogne-sur-Seine. Br. angl., classes 7, 12, 102, 110. N° 2 444, 30.1.12.)

Refroidissement du piston pour machine à combustion. Dans ce piston, l'arrivée et l'évacuation de l'eau de refroidissement ont lieu par la crosse et la tige du piston; les canaux



d'eau de refroidissement sont tels que l'eau, avant son entrée dans la tige du piston, baigne les cloisons intérieures des deux tourillons de crosse qui sont creux.

(*Friedrich Krupp A. G, Germaniawerft*, Kiel Garden. Brev. all., cl. 46 c, n° 259 173, 1.VI.12.)

MÉTALLURGIE

Minerais de fer arsénieux (Procédé pour rendre utilisable pour la fusion les). — On mélange les minerais avec des résidus de pyrites de fer, des pyrites de fer, ou autres composés de fer sulfureux; après quoi on chauffe le mélange.

(*Coln-Müsener Bergwerks-Actien-Verein*, Allemagne. Brev. fr., cl. 8, n° 448 075, 9.IX.12.)

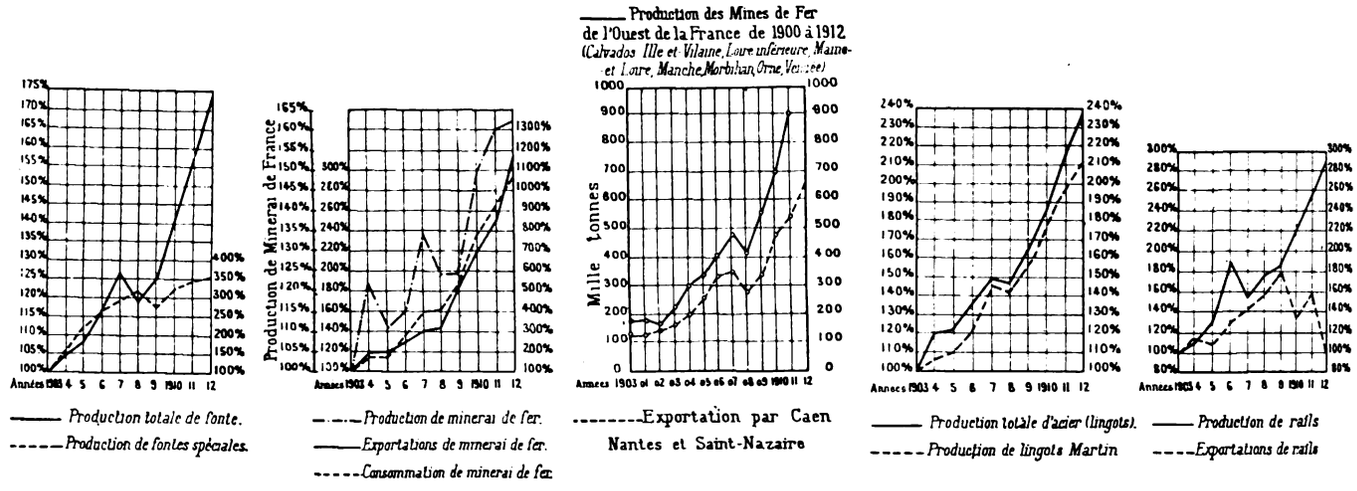
L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

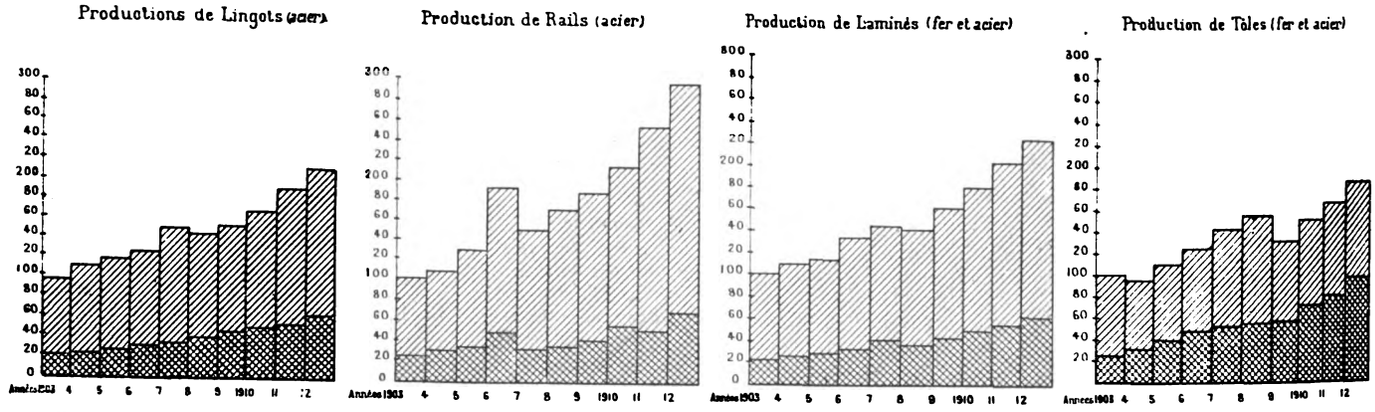
DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

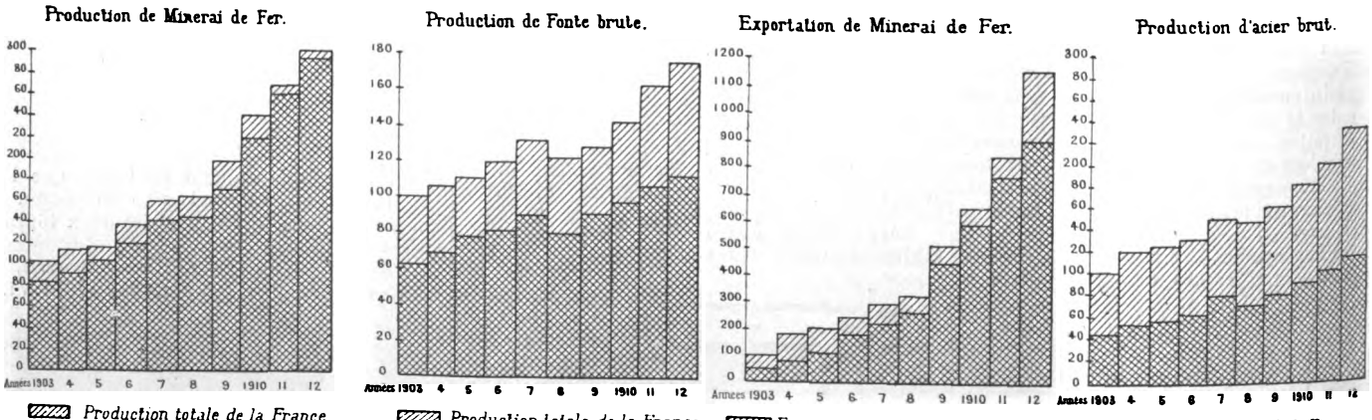
Statistiques générales de la production sidérurgique française pendant la période décennale 1903-1913 (1)



PRODUCTION DES FORGES ET ACIÉRIES DE L'OUEST DE LA FRANCE



PRODUCTION DES FORGES ET ACIÉRIES DU NORD DE LA FRANCE



PRODUCTION DES FORGES ET ACIÉRIES DES BASSINS DE MEURTHE-ET-MOSELLE

T.M

NOTA. — *Les productions portées en ordonnées sont indiquées en milliers de tonnes.*

(1) D'après le Comité des Forges de France (Exposition de Gand 1913. — Section Française.)

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Le Gérant : E. PINAT.

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e Semestre). — Tome VII. — No 4. 15 AOÛT 1913

La Technique Moderne

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL HUMAIN

Dans un précédent article (1), dû à la plume si autorisée de M. Henry Le Chatelier, une étude d'ensemble claire et méthodique du Système de Taylor a été faite. Il ne s'agissait pas de mettre seulement en évidence le rôle de ce système dans l'emploi économique de la force humaine ; c'était l'exposé de toute l'organisation scientifique des usines et des ateliers, du développement sans à coups, sans gaspillage, de la vie industrielle.

C'est au moteur humain exclusivement, à l'étude mécanique et physiologique de son activité, que nous consacrons les pages suivantes.

Les sources de l'énergie humaine. — Et tout d'abord, d'où provient la chaleur qui assure à l'organisme une température constante, voisine de 37°, propre à l'entretien normal des mouvements musculaires et nerveux ? Quelle est l'origine du travail que produisent nos muscles, et qui ajoute à l'énergie calorifique de notre corps une énergie nouvelle, immédiatement utilisable ?

Il n'y a pas bien longtemps que la Thermodynamique animale a répondu à ces deux questions. Tentée d'abord par Hirn, la démonstration que toutes ces énergies ont leur source dans l'*alimentation* s'est précisée avec Chauveau, en 1901, et enfin dans les belles recherches d'Atwater et de ses élèves, aux Institutions Carnegie (2). Le flux des aliments traverse les cellules vivantes, et devient un flux d'énergie, jaillie de la combustion profonde que l'*oxygène respiré* leur fait subir. Une loi de proportionnalité régit l'apport alimentaire et l'apport d'oxygène. Que l'on mesure l'un ou que l'on évalue l'autre, on obtient la même valeur, exacte, certaine de la *quantité d'énergie dépensée*. L'expérience a dissipé les derniers doutes qui pouvaient exister sur ce point et chassé définitivement les nuées du « Vitalisme ». La Vie, au sens dynamique de ce mot, est un mouvement de l'énergie que libèrent nos aliments oxydés ; mouvement qui anime nos cellules au repos, visible et parfois violent chez l'homme de peine, plus discipliné chez l'artisan et l'artiste, dissimulé dans le labeur mystérieux de la pensée. Ce n'est pas sans vérité que de tout temps la poésie a symbolisé la Vie dans l'incessante combustion de la *flamme*, ou dans la continuité mouvante du *fleuve*. Comme eux, elle ne souffre pas d'arrêt, ni d'accident qui puisse en entraver le cours.

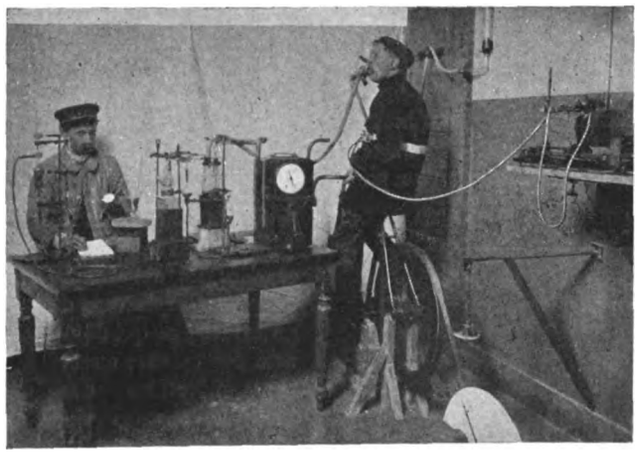


Fig. 1. — Bicycle à frein et appareil de mesure des gaz respiratoires.

Évaluation de l'énergie humaine. — Essayons, maintenant, de mesurer le travail de l'homme et la *dépense d'énergie* qui lui correspond. Pour raisonner sur un exemple (1), supposons que l'on pédale sur une bicyclette fixe, dont la roue d'arrière constitue un véritable volant de 40 kg, et frotte contre un ruban d'acier tendu en avant par un poids, fixé par son autre extrémité à un dynamomètre (fig. 1). Ce dernier indique le frottement en marche, valeur que l'on multiplie par le parcours fictif réalisé en un temps donné, pour calculer le travail des muscles des jambes.

Mais, d'autre part, on recueille les gaz expirés à travers un compteur, grâce à un jeu de valves qui s'adapte à la bouche du sujet. Ce dispositif, à la fois simple et très précis, ne présente aucun inconvénient; il est accepté, il l'a toujours été, par des personnes de tout âge ; il convient même aux femmes. Normalement employé, il permet de recueillir les gaz, de les mesurer, de les analyser, d'y déterminer le taux d'oxygène, et, par comparaison avec l'air pur qui a été inspiré, d'évaluer rigoureusement la *consommation d'oxygène* en litres, c'est-à-dire la quantité d'énergie dépensée. En pratique, l'équivalence est de 4,90 calories par litre, mesuré à zéro degré et à la pression de 760 millimètres.

Soit un homme pesant 70 kg. On trouve qu'à l'*état de repos*, il absorbe, il fixe dans ses tissus une masse d'oxygène équivalant à 100 calories par heure. S'il produit un travail de 50 calories sur bicycle, on trouvera une dépense totale de 300 calories. Par conséquent, 200 calories représentent le prix de 50 calories de travail ; ce qui fait un rendement de :

$$\frac{50}{200} = 25\ \%.$$

Rares sont les moteurs de l'industrie qui approchent de cette perfection. La meilleure machine à vapeur donne de 13 à 14 %

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI n° 12 (15 juin 1913), p. 449.

(2) A. Hirn : *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur* 1858, Colmar. — Chauveau : *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1905. — Atwater, etc. : *Bulletin du Départ. de l'Agric. de Washington*, nos 136 et 175 ; 1903 et 1907.

(1) Jules Amar : *Le Rendement de la machine humaine*, 1910, Paris. — *Journal de physiologie*, mars 1911.

Digitized by Google

et les moteurs à explosion ne dépassent ces chiffres que moyennant une hausse importante de la température.

Mais, revenons aux mesures et considérons plus particulièrement les *travaux professionnels*.

S'agit-il de transporter des fardeaux sur un terrain plat ou

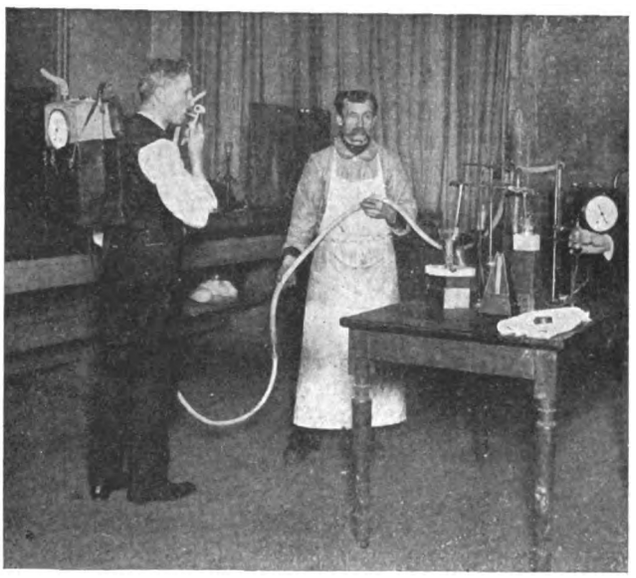


Fig. 2. — Appareil d'échantillonnage et de mesure des gaz respiratoires.

en s'élevant sur une pente ? Le dispositif précédemment décrit pour l'étude de la marche convient encore (1), pourvu qu'on l'installe sur une table roulant, sans secousses, à côté de l'homme expérimenté (fig. 2 et 3). On peut régler la cadence de la marche sur les battements d'un métronome, en relevant, d'autre part, la durée et la longueur du parcours.

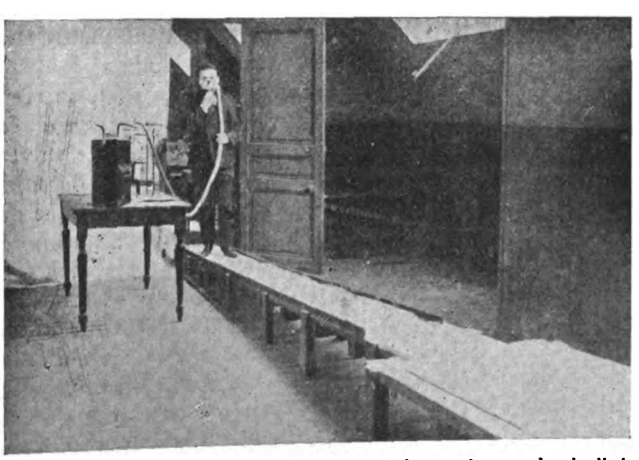


Fig. 3. — Dispositif employé dans le cas de la marche sur plan incliné.

S'agit-il d'effectuer l'ascension de plusieurs étages, d'échelles, d'une montagne ? Le travail est, dans tous ces cas, le produit du poids de l'homme (et de son fardeau, s'il en porte) par la hauteur de l'ascension.

Le travail professionnel. — Mais voici des circonstances plus compliquées. Ce sont toutes celles où l'ouvrier actionne des outils, développe des efforts variables, modifie sa vitesse et nuance, à l'infini, les facteurs de son travail. Un exemple nous fera mieux comprendre.

L'ouvrier qui *lime* les métaux, doit exercer une pression pour faire mordre l'outil sur le métal ; cette pression est un effort mesurable en kilogrammes et fourni par les bras ; chez les apprentis, le poids du corps intervient pour accroître cette pression. Il faut, en second lieu, un effort dans la direction de la lime pour la faire glisser, et enfin il faut imprimer une certaine vitesse à l'outil.

Analysant ces efforts, nous trouvons en général :

Une composante verticale et une composante horizontale de l'effort musculaire F du bras droit, comme de celui F′ du bras gauche (fig. 4) : les composantes verticales V et V′ s'ajoutent pour enfoncer la lime dans le métal ; les composantes horizontales H et H′ déterminent le mouvement et effectuent le travail utile. Soit l la longueur développée par la lime, le travail *par coup de lime* sera : $(H + H')\,l$.

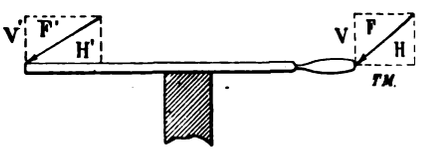


Fig. 4. — Schéma de la décomposition des efforts musculaires dans la manœuvre de la lime.

On peut régler sur la cadence d'un métronome le *rythme* des mouvements. Mais il est possible d'étudier le *travail volontaire* en laissant l'ouvrier libre de graduer son effort et sa vitesse. Dans ce but, nous ferons usage de la *méthode graphique* pour enregistrer tous les éléments du travail, tous les facteurs mécaniques et physiologiques.

Voici comment : des *mécanismes dynamographiques* sont appliqués au manche et à l'extrémité de la lime, aux points mêmes où s'exercent les efforts des bras. Le principe de ces dispositifs est dû à Marey : on fait agir les muscles sur des ressorts de force convenable, se déformant très peu dans les conditions de l'expérience, et chacun de ces ressorts R vient comprimer, par un disque D qui le termine, une petite poire en caoutchouc (fig. 5). On réunit cette poire, par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc, à un tambour de Marey, petite cuvette métallique fermée par une membrane élastique. Une compression sur l'ampoule P produira une chasse d'air dans le tambour T et soulèvera l'aiguille inscrivante. On aura donc un tracé, amplifié à volonté, et *dont les amplitudes seront proportionnelles aux efforts*. Rien de plus simple que d'étalonner un tracé pour l'évaluer en kilogrammes ; ce qui donnera les valeurs exactes, objectives, des forces que nous venons d'analyser : V, V′ et H, H′ ; on en déduira les efforts F et F′ des bras. Sur le même graphique, on pourra enregistrer les courbes de la respiration au moyen du pneumographe, et le temps en secondes ou en cinquièmes de secondes. Toute cette technique n'est pas loin de la perfection, à condition d'y apporter au même degré l'esprit géométrique et l'esprit de finesse. Un simple coup d'œil sur la figure 6 permet de se rendre compte des transformations que la lime doit subir pour devenir dynamométrique ; la figure 7 montre le bloc de métal à limer placé dans un support également dynamométrique, que l'on fixera sur l'étau pour accuser la pression V + V′ exercée par l'ouvrier.

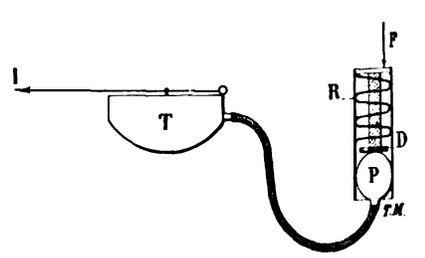


Fig. 5. — Dispositif du mécanisme dynamographique actionnant un tambour de Marey.

Ce n'est pas tout, évidemment, que de mesurer les efforts musculaires et de calculer le travail. A fatigue égale, la production d'un homme peut être supérieure à celle d'un autre, car il y a l'*adresse* et l'appropriation des mouvements ; il y a aussi le *maintien* devant l'ouvrage qui rend telle attitude plus économique que telle autre ; il y a enfin les influences multiples du poids, de la longueur, de la trempe de la lime, de la vitesse du travail, de la succession et de la durée des repos.

(1) Jules Amar : *Journal de Physiologie*, mars 1911.

Digitized by Google

L'étude de ces différents facteurs relève de la même méthode. En particulier, on évaluera l'énergie dépensée pendant le travail en mesurant les échanges gazeux respiratoires, avec le dispositif déjà indiqué et que représente, dans son ensemble, la figure 9. On y voit un apprenti manœuvrant une lime demi-douce de 35 centimètres ; la soupape buccale est maintenue grâce à un arc métallique adapté au sommet de la tête : le pneumographe est appuyé sur le dos où le retient un ruban inextensible faisant le tour de la poitrine. Et ainsi viennent s'enregistrer, sur une feuille de papier recouvrant un cylindre animé d'un mouvement de rotation, les efforts des muscles et les courbes de la respiration, tandis que les spiromètres ou compteurs recueillent tous les gaz expirés (fig. 8 p. 116).

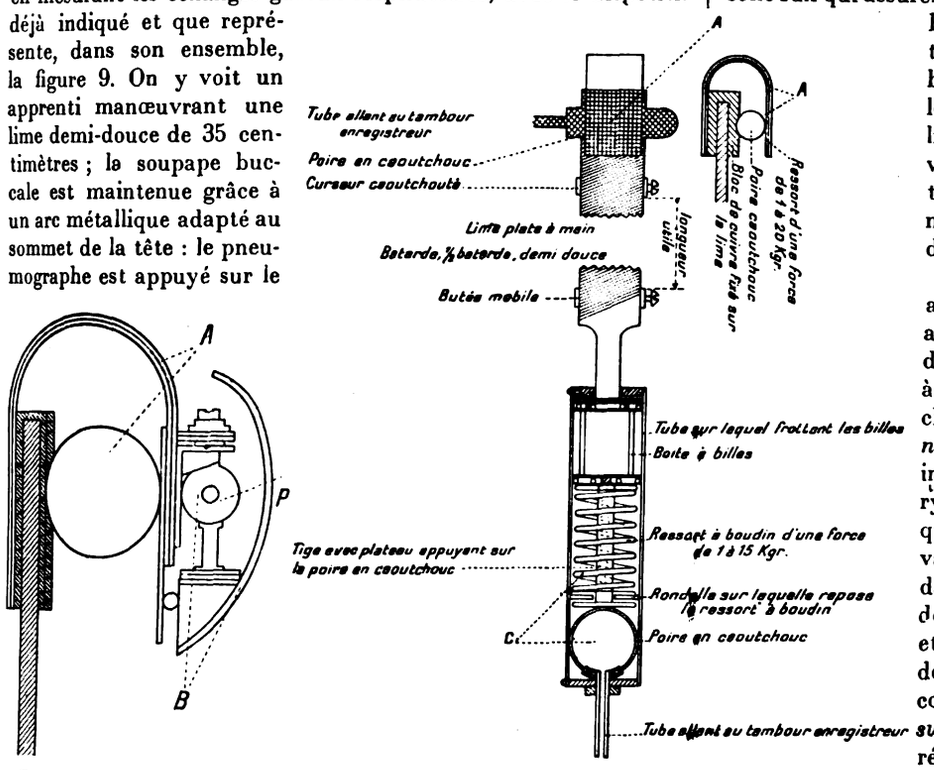


Fig. 6. — Dispositif de la lime dynamométrique de J. Amar. — La partie A est détaillée sur la coupe.

Aucune trace de gêne pour l'ouvrier, pas de surcroît de fatigue du fait de son équipement, pas la moindre cause d'erreurs. Essayée d'abord et plusieurs fois sur nous-même, cette méthode a fait ses preuves pendant six années de suite, et sur quelques centaines de personnes, notamment sur des ouvriers syndiqués parisiens. Elle est donc applicable universellement sauf modalités, car les actes professionnels sont divers et les formes du mouvement innombrables ; elle est, on peut le dire, éminemment scientifique, la vraie science ne s'occupant que de questions d'ordre général.

Les principes du travail professionnel. — Le moteur vivant se laisse donc apprécier, dans l'ordre dynamique, avec le même degré de certitude — sinon plus — que les moteurs inanimés de l'industrie. Mais il a des lois plus complexes, plus difficiles à établir, et dont quelques-unes constituent, dès maintenant, le meilleur chapitre du Code du travail humain et de l'organisation ouvrière.

Il existe deux espèces de facteurs pouvant modifier ce travail ; les uns dépendent de l'homme lui-même, et sont en quelque sorte *internes* ; les autres se rattachent à son milieu, et sont, par conséquent, *externes*. Examinons-les brièvement.

1° *Facteurs internes.* — Le plus important est l'*aliment*. En quantité, il faut que la ration journalière représente une valeur énergétique suffisante pour couvrir toute la dépense des 24 heures ; les rations faibles, ou, ce qui est plus grave, l'état de jeûne entraînent une diminution des forces. En qualité, l'alimentation doit fournir environ un gramme de substances albuminoïdes par kilogramme de poids du corps, afin de réparer l'usure organique ; le reste comprendra, en majeure partie, les hydrates de carbone (féculents, sucres), parce que, de tous les aliments, ce sont eux qui assurent *le rendement le plus économique en travail* (1).

Par contre, il faut éviter toute substance contenant un élément toxique, notamment les boissons alcooliques ; mais nous distinguerons les boissons fermentées (vins, bières, cidres) des liqueurs et spiritueux ; ces derniers seuls doivent être absolument interdits ; les autres sont tolérées par l'organisme à la condition qu'elles ne lui apportent pas plus de 50 à 60 grammes d'alcool pur par jour.

Le *repos* est une nécessité pour les moteurs animés : il coupe le travail, afin de permettre aux muscles de se rétablir de leur fatigue ; la durée du repos est subordonnée à la durée et à l'intensité des contractions musculaires ; à chaque mode d'activité correspond un *rythme normal* des mouvements propres à éloigner indéfiniment la fatigue ; le cœur possède un rythme, environ 70 battements par minute, qui en fait un muscle infatigable. Aux intervalles de repos, le sang pénètre en abondance dans les tissus et les lave intérieurement des déchets toxiques que le travail y a accumulés, et l'oxygène contribue à raviver la puissance des fibres musculaires. Une action forte et continue de la part des muscles conduit au *surmenage* ; une vitesse trop grande a le même résultat, et c'est en définitive une diminution dans la production journalière de l'homme, un acheminement à sa déchéance. Le surmenage révèle une grave erreur de méthode ; il constitue un intolérable abus contre la société.

Considéré sous le rapport de sa taille et de son poids, l'homme est plus ou moins robuste. Grand et fort, il convient aux professions qui demandent une certaine amplitude des mouvements (forgerons, charpentiers) ; petit, il s'adaptera de préférence aux métiers de vitesse. Encore cette distinction n'est-elle pas absolue, car il est certain que l'entraînement, l'adresse, l'intelligence, suppléent souvent le désavantage purement physique de l'architecture du corps.

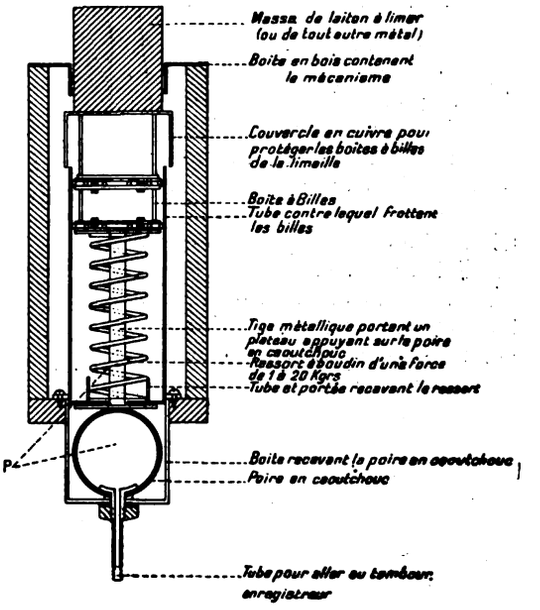


Fig. 7. — Dispositif du support dynamométrique de J. Amar.

A un autre point de vue, les mouvements obéissent à l'excitation nerveuse et en suivent les lois. Or, il est des personnes qui ont une réaction nerveuse trop lente et ne répondent qu'après

(1) A. Chauveau : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, janvier 1907. — Jules Amar : *Journal de physiologie*, 1912.

Digitized by Google

un temps perdu considérable à l'excitation du dehors, à un son, à un signe lumineux, à une impression tactile. Leur *équation personnelle* serait donc un empêchement à leur emploi dans divers métiers où la vitesse, la vivacité, le « coup d'œil » sont une absolue nécessité sous peine de gaspillage. Les personnes qui ont, au contraire, une faible équation personnelle, conviennent admirablement à ces métiers.

Le rôle de la « volonté » dans laquelle — jusqu'à plus ample informé — il faut voir la seule puissance nerveuse, est d'accélérer le travail. Il en est ainsi quand l'ouvrier trouve plaisir à la profession qui l'occupe, soit cette satisfaction que procure la bonne façon, le « fini » d'un ouvrage — facteur moral qui n'est pas négligeable en France — soit la réalisation d'un désir, d'une ambition telle que la vocation, soit enfin le profit matériel.

Tout autre est l'effet d'une contrariété. On a remarqué que les soucis de famille, la misère, les brimades, le mauvais état de santé, physique et morale, abaissent le rendement humain dans de grandes proportions : l'ennui diminue le degré de sensibilité nerveuse (Lombard). De l'ensemble des observations, il se dégage ce résultat que la puissance musculaire fléchit de 15 à 20 % de sa valeur normale sous l'empire de facteurs déprimants, tandis qu'elle s'accroît d'autant par suite d'un exercice régulier, constant, intelligent. L'habitude crée, d'ailleurs, des dispositions spéciales, elle éduque le système neuro-musculaire ; c'est *l'automatisme* et *l'entraînement*; elle forme les bons ouvriers, ceux dont l'activité procède *économiquement* (1), et elle constitue l'un des éléments de l'apprentissage.

Ainsi, les influences physiologiques et morales, auxquelles s'ajoute l'action sociale, retentissent profondément sur cette merveilleuse machine humaine qui d'elle-même harmonise et rectifie ses opérations avec une précision extrême. Quelle machine de l'industrie réalise cette souplesse et cette perfection mobile ?

2° *Facteurs externes.* — Parmi les facteurs externes, il n'en est point de plus utiles à connaître que ceux du *travail* lui-même et qui sont les conditions de la contraction musculaire. Les muscles, en se contractant, peuvent produire un *effort statique* sans effectuer le moindre mouvement. Tel serait le cas d'un homme qui soutiendrait un poids sur les épaules en demeurant immobile ; tel est celui du soldat sur les rangs, avec le sac au dos. On a constaté, par exemple, qu'il est impossible de tenir les bras tendus pendant plus de 17 minutes. Dans toutes les circonstances où des efforts statiques sont exercés, on éprouve une fatigue qui augmente avec leur durée et leur intensité. On doit à M. Chauveau les lois définitives sur l'énergie dépensée dans la contraction des muscles, qu'il y ait ou non production de mouvement. La *loi du repos*, établie par nous quelque temps après, les complète. En voici l'expression simplifiée.

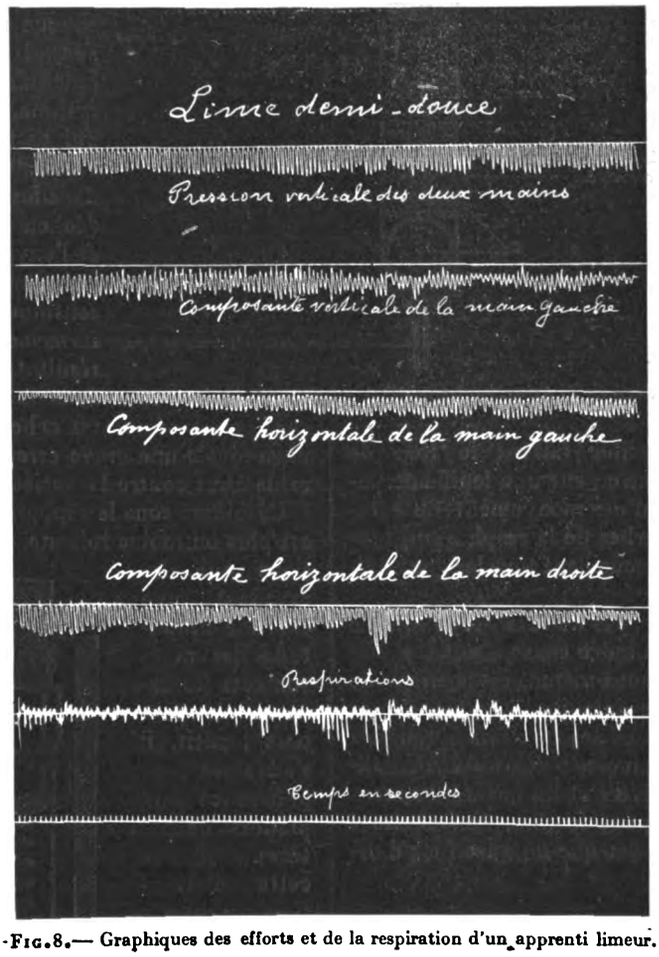


FIG. 8. — Graphiques des efforts et de la respiration d'un apprenti limeur.

LOIS DE CHAUVEAU. — 1° *La dépense d'énergie est proportionnelle à l'effort de contraction du muscle, à sa durée, au degré de raccourcissement.* Le sens de cette loi est évident ; l'énergie dépensée ou la fatigue augmentent si les efforts sont plus intenses et durent plus longtemps ; mais il faut y ajouter que cette fatigue est, toutes choses égales, double si les muscles se raccourcissent deux fois plus. L'observation de bons ouvriers confirme cette partie de la loi : en agissant sur les brancards d'une brouette, ils laissent leurs bras étendus au lieu de les fléchir, et ils développent ainsi le même effort de soutien avec un minimum de fatigue.

2° *La dépense d'énergie pour produire un travail déterminé diminue à mesure que la vitesse des contractions augmente.*

3° *Il existe un effort et une vitesse optima pour réaliser le maximum de travail avec la moindre fatigue.*

4° *Lois du repos de J. Amar. — Le muscle revient d'autant plus vite à son état de repos que son travail aura été plus rapide* (1).

Cette dernière loi est absolument analogue à celle de Newton sur le refroidissement des corps chauds : la température s'abaisse d'autant plus vite qu'on l'aura portée plus haut.

Toute la science du travail humain est condensée dans ces quatre lois souveraines. Et tout l'art de travailler réside dans leur application. Proportionner l'effort et la vitesse, régler les intervalles de repos pour éviter, à coup sûr, les excès de fatigue, imposer une durée de travail journalier compatible avec les réserves d'énergie de l'ouvrier, c'est le secret d'un *travail normal*, exempt de surmenage, et, ce qui est mieux, favorable au développement de la puissance musculaire qu'il protège efficacement au profit de la société et de la prospérité générale. Une activité bien conditionnée est l'origine d'une vigueur nouvelle qui entretient la santé du corps et de l'esprit. Le véritable problème de l'industrie consiste précisément à combiner les éléments de cette activité pour que, à fatigue égale, elle fournisse un rendement maximum.

Mais il est un facteur externe qui modifie ce rendement dans de larges limites : c'est la température du milieu dans lequel vivent les travailleurs. En été, ou sous les climats chauds, l'organisme est, pour ainsi dire, en état de fatigue, et il semble bien que ce phénomène ait son origine dans les centres nerveux. En hiver, ou sous les climats froids, l'organisme doit lutter pour maintenir sa température intérieure constante, et cette lutte se traduit par un important gaspillage de l'énergie disponible. Les conditions favorables à l'activité humaine sont comprises entre 15 et 20 degrés.

L'atmosphère enveloppe notre corps et nous soumet aux influences météoriques : pression barométrique, état hygrométrique, courants aériens, poussières. Les inconvénients qui en résultent sont de natures différentes ; aux troubles de fonction-

(1) JULES AMAR : *Le Rendement de la machine humaine*, 1910.

(1) A. CHAUVEAU : *Journal de physiologie*, 1899-1901. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1904. — JULES AMAR : *Ibid.*, 1910.

Digitized by Google

nement du moteur vivant s'ajoutent souvent des accidents ; mais il n'y a pas lieu d'y insister dans cet article. Reconnaissons toutefois, que l'aviation appelle une étude complète des effets de l'altitude, de la vitesse d'ascension ou de descente, et de la température à ces niveaux élevés. La fatigue due aux mouvements de l'aviateur, la tension d'esprit qui lui est demandée,

Fig. 9. — Travail d'un apprenti limeur. — Agencement des appareils pour enregistrer les efforts et mesurer les échanges gazeux.

aggravent les autres inconvénients. Ces mêmes circonstances se rencontrent dans l'exploitation des mines en haute montagne. A 5 000 mètres, disait un habile observateur, une mine de louis d'or tout battus n'est guère exploitable.

On a également constaté sur l'homme les effets du *son* et des *couleurs*. Pour le son, qu'il s'agisse de musique, de chansons, de déclamation, ou même du glissement cadencé des outils, c'est le *rythme* qui est en cause. Il n'est presque pas d'ouvriers qui travaillent sans qu'un refrain rythmé préside au jeu de leurs muscles. Et le rythme, suivant qu'il est rapide ou lent, précipite ou retarde leur travail, anime ou déprime leur activité nerveuse : une marche triste et lente paralyse tous les mouvements dans un atelier ; une marche joyeuse et entraînante les rend vifs. Le chant est donc un facteur appréciable du travail dans différents métiers. Bücher en a suivi les manifestations dans tous les temps et chez tous les peuples connus (1).

Les distractions de la vue, les spectacles, mettent un peu de gaieté dans l'existence laborieuse de l'ouvrier, et constituent, aux heures de repos, de véritables reconstituants nerveux.

Le choix du *vêtement* doit être tel qu'il protège des atteintes du froid et laisse aux membres toute leur liberté.

Enfin, parmi les facteurs externes, il y aurait à parler du chauffage et de l'éclairage, des empoisonnements industriels, de l'atmosphère morale qui enveloppe le travailleur ; mais nous devons les passer sous silence, afin d'abréger et de traiter sans tarder de la question de l'outillage. Dans des conditions déterminées de vitesse et d'effort, la puissance utile dépend, évidemment, de la perfection des outils ; il faut entendre par là, les qualités de résistance, de trempe, la forme même de l'instrument (marteau, scie, ciseaux, lime, truelle) ; ce qui, pendant longtemps, fit la supériorité de l'ouvrier anglais, c'était l'état parfait de son outillage. En outre, pour pouvoir effectuer des mouvements rapides, il ne faut pas que les outils soient trop lourds ; en un mot, il y a lieu d'approprier ces derniers au meilleur effet à produire, sans toutefois aboutir à l'extrême fatigue.

Il est clair que le problème de l'outillage est essentiellement du domaine de l'ingénieur, comme le problème du travail musculaire est du ressort du physiologiste. Mais ni l'un, ni l'autre, ne peuvent et ne doivent chercher d'enseignements que dans l'expérience ; en poursuivant dans cette voie sûre l'étude des facteurs internes et externes du travail humain, ils récolteront la plus belle moisson de documents, ils auront les plus solides témoignages pour l'éternel procès qui met aux prises les employeurs et les employés. C'est dans les faits que réside la vérité, c'est grâce à eux que s'organise la justice sociale.

Les applications industrielles de la science du travail. — Les lois formulées au sujet de la contraction musculaire ont déjà trouvé quelques applications professionnelles, peu nombreuses malheureusement, étant donné la rareté des savants qui les étudient et le manque d'enthousiasme qu'elles provoquent. Chez nous, le laboratoire est une « tour d'ivoire » où les échos du monde extérieur ne viennent presque jamais retentir ; et les usines, les ateliers, les chantiers conservent jalousement leurs méthodes routinières : les chefs d'industrie redoutent le contrôle de la science derrière laquelle ils soupçonnent le législateur ; confiants dans le présent, ils ajournent indéfiniment les solutions jusqu'à l'heure des difficultés et des crises... quand il est trop tard.

Reprenons un des exemples du travail ouvrier, la *manœuvre de la lime*. Etudiée conformément aux principes que nous venons de définir, cette manœuvre très fatigante, confiée généralement à de jeunes apprentis, s'est révélée comme une des plus intéressantes à considérer. Le débutant y peine défavorablement ; ses efforts sont mal dirigés, inégaux, trop brusques et le portent en deux minutes à l'essoufflement ; un arrêt s'impose qui n'est pas le repos normal et réparateur ; le gaspillage d'énergie atteint 66 % sur la dépense qu'eût effectuée un ouvrier adroit, entraîné. Avec celui-ci les efforts sont égaux, réguliers, mais l'action est lente ; le gaspillage est de 18 % sur le *travail normal*. Et voici les conditions du travail normal qu'après huit mois de recherches nous avons réussi à dégager (voir fig. 9) :

« Le corps de l'ouvrier doit être vertical, sans raideur, distant de 0m,20 de l'étau, et ce dernier au niveau de l'ombilic : la position des pieds telle que leur angle d'ouverture soit de 68° et la distance entre les talons de 0m,25 (fig. 10) : le bras gauche en complète extension et appuyant sur l'outil un peu plus que le bras droit : 8 k 500 et 7 k 500 pour leurs efforts respectifs. Les retours de la lime doivent consister en un simple glissement sans appui des bras. Enfin, le rythme des mouvements est de 70 par minute.

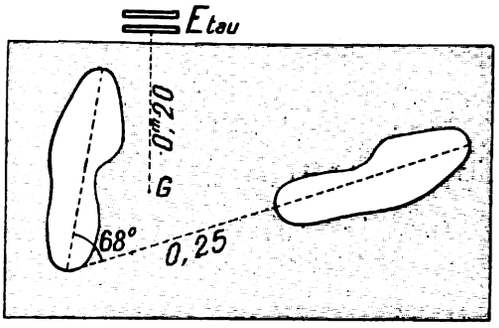


Fig. 10. — Station la plus favorable au travail du limeur.

« Toutes ces conditions étant remplies, on fera suivre un travail de 5 minutes de 1 minute de repos complet, les bras tombant le long du corps. Respirations et pulsations ne subissent, alors, qu'un accroissement moyen de 25 et de 20 % par période, comparativement à l'état de repos. La fatigue locale de l'avant-bras droit est supportable, et la fatigue générale se laisse voir

(1) Karl Bücher : *Arbeit und Rythmus*, Leipzig, 1909.

Digitized by Google

à peine. Le travail maximum est au moins *double* du travail habituel de la grande majorité des ouvriers (1). »

L'enregistrement graphique (fig. 8) a permis de corriger certains défauts des débutants, car il leur mettait sous les yeux l'irrégularité de leur action et toutes les traces de leur maladresse. Il aurait pu servir aussi à leur montrer l'influence de la bonne qualité des outils sur le rendement journalier. La consommation d'oxygène trahit, d'autre part, le rôle économique des mouvements appropriés, de la vitesse et du rythme optima.

La loi du repos ajoute à tous ces éléments une donnée précieuse : c'est que le rythme normal une fois appliqué, on détermine le temps nécessaire au rétablissement du repos initial des muscles, en se guidant sur la décroissance de la dépense d'oxygène, et en remarquant dans cette progression une régularité que rien ne vient troubler. Le tracé des débits respiratoires et la mesure des échanges gazeux pulmonaires comportent donc un très haut enseignement.

Il n'est d'ailleurs pas indispensable d'effectuer ces déterminations sur une longue période; on pourra se contenter, au début du travail, d'une courte période (une demi-heure) choisie au milieu de la journée, en pleine activité de régime. Si nous insistons sur le critérium de la respiration, et si nous faisons de la régularité de sa marche la condition d'un travail normal, c'est parce que l'*excès* de vitesse dans les mouvements musculaires, la prédominance des actes de réflexion, d'attention, créent des irrégularités, ou de la gêne, ou parfois de l'essoufflement dans le jeu pulmonaire ; ils menacent la vie et l'énergie dans leurs sources premières. Cela est net, et l'on ne saurait s'y tromper.

Conclusions. — La méthode dont nous venons de donner l'économie s'applique à tous les modes d'activité de l'homme, au travail professionnel en général.

Elle est purement objective et démonstrative, complétée par d'autres renseignements, déduits de l'analyse chimique des urines — et qui sont du ressort des laboratoires —; elle comporte un degré de précision relativement élevé.

Mais elle a surtout ce caractère pratique très propre à convaincre, notamment les apprentis, en leur présentant une véritable leçon de choses qui hâte leur éducation et leur formation. Visant à la recherche des facteurs mécaniques et physiologiques du travail humain, elle assure le rendement maximum pour l'industrie sans cesser d'offrir les garanties requises pour le fonctionnement normal de l'organisme. En ce sens, elle amende le système de Taylor, qui, lui, n'envisage pas uniquement — on l'a déjà dit — et n'approfondit pas le problème physiologique. Elle est, en un mot, la science de l'énergie ouvrière disciplinée, efficace et par faitement saine.

Jules Amar,
docteur ès-Sciences.

(1) Jules Amar : *Journal de physiologie*, janvier 1913.

HYDRAULIQUE

ÉTUDE SUR LES POMPES CENTRIFUGES

Introduction. — Depuis une quinzaine d'années, l'emploi des pompes centrifuges s'est accru dans des proportions considérables et il faut, croyons-nous, en chercher la cause uniquement dans le développement parallèle de l'utilisation de l'électricité.

Les moteurs électriques ont en effet leur vitesse normale, précisément du même ordre de grandeur que celle des pompes centrifuges, ce qui permet la constitution de groupes moto-pompes simples, peu encombrants, peu coûteux et de bon rendement.

Toute fabrique de pompes centrifuges se rend compte dans sa statistique des ventes que les pompes livrées avec moteur électrique, ou devant être attaquées par moteur électrique, représentent le chiffre d'affaires de beaucoup le plus important.

Une si grande augmentation de la demande a provoqué, dans cette branche de l'hydraulique, par une loi naturelle, une augmentation correspondante du nombre des maisons fabricantes, et la concurrence qui en est aussitôt résulté a provoqué le perfectionnement de l'appareil fabriqué, la vulgarisation de ses propriétés, et enfin, après quelques années, l'uniformisation de sa construction.

On est actuellement entré déjà dans cette dernière période, et les différences entre pompes de série courante de maisons d'égale importance se réduisent le plus souvent, comme d'ailleurs pour les moteurs électriques, à de simples variations des formes extérieures. Il n'est pas jusqu'au choix même des vitesses et dimensions qui ne se soit, par la divulgation nécessaire des catalogues, uniformisé dans tous pays.

Il restera néanmoins entre ces machines et les machines électriques une très grosse différence, qui provient de ce que les phénomènes hydrauliques échapperont probablement toujours à une résolution mathématique complète, de sorte que l'expérience, les précédents, et un certain empirisme, joueront toujours un rôle prépondérant dans leur calcul et leur dimensionnement. De là, des échecs quelquefois retentissants lors de la réalisation de problèmes nouveaux, d'autre part une tendance à la routine par peur des surprises de l'inconnu, enfin une valeur commerciale considérable des essais et précédents, l'acheteur étant obligé de faire résoudre ses problèmes particuliers par une maison ayant fait ses preuves.

Or il est certain que, outre cette part « d'inconnaissable », le domaine des pompes centrifuges est resté en France, assez peu exploré par la littérature technique, de sorte que, malgré la généralisation de l'emploi de ces pompes, elles apparaissent encore à beaucoup comme un instrument mystérieux, dont les propriétés sont presque complètement ignorées.

Par contre, à l'étranger, de nombreux travaux ont bien paru sur ce sujet, mais leur étude en est très laborieuse ; la plupart sont diffus. De plus, chacun d'eux visant l'établissement d'une théorie particulière, il est difficile d'en discerner la part de vérités générales qu'il peut contenir et d'en tirer des idées claires sur le fonctionnement et les propriétés des pompes centrifuges.

Ce sont ces propriétés que nous nous proposons d'exposer dans ce qui suit, en les déterminant d'abord théoriquement d'une manière aussi générale et aussi concise que possible, puis en montrant comment elles sont utilisables dans les exploitations industrielles.

Equation du travail absorbé. — Dans toute pompe centrifuge, l'énergie est communiquée à l'eau pendant son passage à travers une roue à ailette R (fig. 1, 2, 3) qui est animée d'une vitesse angulaire uniforme Ω autour de son axe de figure.

Cette roue peut être purement radiale (fig.) 1, purement axiale (fig. 2), ou conique (hélico-centrifuge, fig. 3).

Digitized by Google

Dans ces trois cas qui les contiennent tous, la vitesse absolue W_1, d'entrée de l'eau dans la roue, peut toujours être supposée contenue dans un plan méridien ; autrement dit la composante de cette vitesse perpendiculaire à l'axe de rotation peut être supposée nulle. On conçoit en effet que cette condition soit naturellement réalisée, puisqu'elle correspond à la conservation du mouvement axial dont l'eau est animée à travers la section d'aspiration BC. Toute autre hypothèse correspondrait à un mouvement hélicoïdal de l'eau avant son entrée dans la roue. Or, s'il n'est pas impossible que ce mouvement existe, la chose est en tout cas accidentelle et à tout le moins inutile, sinon nuisible, comme de nombreux essais nous l'ont assez prouvé.

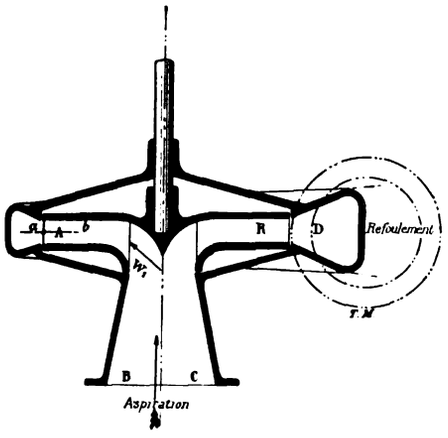


Fig. 1. — Schéma de pompe centrifuge.

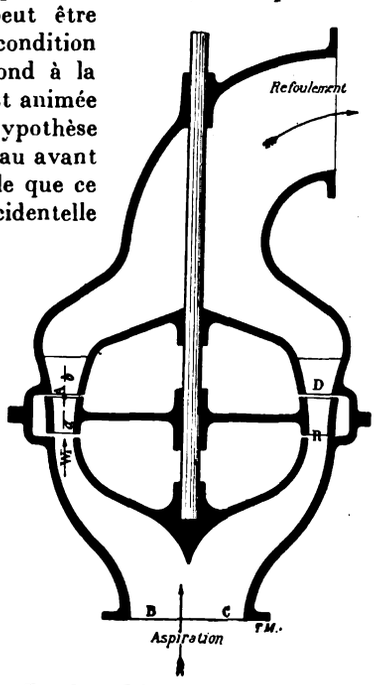


Fig. 2. — Schéma de pompe axiale.

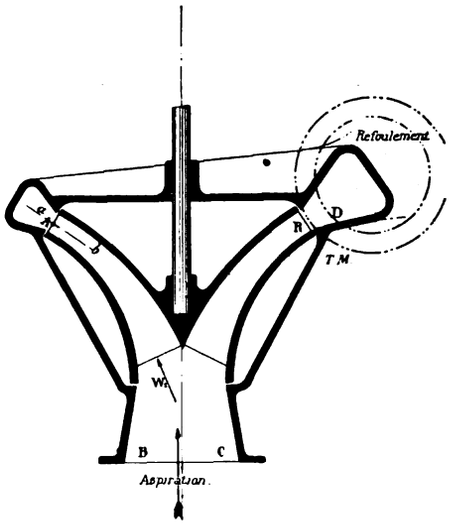


Fig. 3. — Schéma de pompe hélico-centrifuge.

Cette hypothèse, qu'on peut considérer comme suffisamment conforme à la réalité, a le très grand avantage de simplifier considérablement l'équation de l'énergie fournie à l'eau par la roue, et cette simplification rend aussitôt apparentes des analogies et des conclusions que l'équation complète a souvent voilé à ceux qui ont étudié ces questions.

L'absence de toute composante tangentielle de W_1 a en effet pour conséquence, que la quantité de mouvement de l'eau perpendiculairement à l'axe de rotation est nulle à son entrée dans la roue, et par suite que l'énergie due à une rotation ne commencera à être communiquée à l'eau *qu'après son entrée dans la roue.*

Quel que soit le genre de construction de la pompe, les phénomènes à l'entrée étant inexistants disparaîtront des formules.

Or, cette eau va sortir de la roue en A, dans un plan dont la trace est *ab* dans les figures 1, 2 et 3 avec une vitesse absolue W_2 inclinée d'un angle α sur la vitesse tangentielle, U_2 (fig. 4).

Ces valeurs peuvent d'ailleurs être très bien supposées les mêmes dans les trois cas. Il suffit pour cela, quelle que soit la trajectoire absolue suivie par l'eau entre son entrée et sa sortie, que la grandeur et la direction de la vitesse relative, dans les différentes roues, soient les mêmes au point A seulement, pour une même vitesse tangentielle en ce point.

On voit que l'eau a maintenant acquis une vitesse absolue W_2, dont la composante perpendiculaire à l'axe de rotation n'est plus nulle, mais égale à $W_2 \cos \alpha$.

La quantité de mouvement correspondante, si le débit est Q (en kilogs), et g l'accélération de la gravité, sera :

$$\frac{Q}{g} W_2 \cos \alpha$$

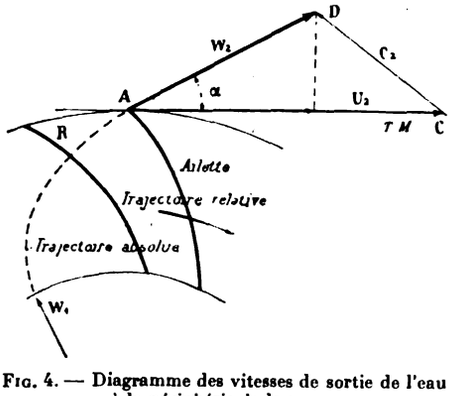


Fig. 4. — Diagramme des vitesses de sortie de l'eau à la périphérie de la roue.

Cette valeur de la quantité de mouvement acquise, étant homologue à une force appliquée en A perpendiculairement au rayon, correspond à une puissance résistante de l'eau sur la roue égale à cette force multipliée par la vitesse U_2 du point d'application A, soit :

$$P = \frac{Q}{g} W_2 \cos \alpha \times U_2 \qquad (1)$$

Cette forme de l'équation de la puissance a été déjà donnée depuis de nombreuses années par M. Rateau (1).

Bien que simple, elle ne permet cependant qu'un petit nombre de remarques, pour cette raison, que le produit $W_2 U_2$ de deux vitesses, compliqué encore de la présence de α, n'est susceptible, ni d'une traduction, ni d'une mesure, hydrauliquement parlant.

Aussi transformerons-nous cette équation en remarquant que la ligne CD, qui ferme le triangle, est la vitesse relative de l'eau à sa sortie de la roue, et que le triangle ACD fournit la relation :

$$C_2^2 = U_2^2 + W_2^2 - 2 W_2 U_2 \cos \alpha$$

d'où $$W_2 U_2 \cos \alpha = \frac{U_2^2}{2} + \frac{W_2^2}{2} - \frac{C_2^2}{2}$$

Portons dans (1), on trouve enfin pour la puissance :

$$P = Q \left[\frac{W_2^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} \right] \qquad (2)$$

Sous cette forme, l'équation de la puissance se prêtera à une interprétation physique extrêmement intéressante, car chaque terme, comme on le verra, est susceptible d'être mesuré. En tous cas, on voit déjà de suite que cette puissance *est la même pour toutes les formes de pompes considérées, pourvu que le triangle de sortie soit le même.*

Il n'y a donc pas, à proprement parler, de *pompe centrifuge*, puisque, *dans la pompe purement radiale* (fig. 1), *comme dans la pompe purement axiale* (fig. 2), *le travail communiqué à l'eau aura la même valeur se présentant sous la même forme donnée par l'équation* (2), pourvu que cette eau quitte sous le même angle et avec la même vitesse absolue, la périphérie de roues ayant la même vitesse tangentielle.

C'est là déjà une conclusion bien intéressante, puisqu'elle montre l'identité complète existant, quant au résultat final entre des pom-

(1) Les turbo-machines. *Revue de Mécanique*, juillet 1897.

Digitized by Google

pes que beaucoup croient, ou tentent même de faire croire être différentes, pour des raisons plus ou moins commerciales (1).

Equation de la hauteur. — Reprenons l'équation (2), dont les deux membres expriment des *kilogrammes-mètres à la seconde*. Le terme Q étant un nombre de *kilogrammes à la seconde*, il s'ensuit que la parenthèse tout entière représente des *mètres*, qui donneront la *hauteur* à laquelle les Q kg seraient élevés si tout le travail communiqué à l'eau était recueilli sous cette forme (c'est-à-dire si la pompe avait 100 % de rendement).

Appelons H cette hauteur, on aura :

$$H = \frac{W_2^2}{2g} + \left[\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}\right] \qquad (3)$$

Au point A de la roue les Q kg d'eau possèdent donc une énergie totale représentée par la somme des trois hauteurs contenues dans H.

Or, comme au point, A, l'eau est encore animée de la vitesse absolue W_2, il s'ensuit que la valeur $\frac{W_2^2}{2g}$ contenue dans H correspond à l'énergie cinétique due à cette vitesse absolue, mais qu'*elle n'existera vraiment sous la forme de hauteur qu'après le ralentissement de* W_2. La vitesse, et la hauteur due à cette vitesse, ne peuvent en effet coexister au même point, ce qui violerait le principe de la conservation de l'énergie. Ce ralentissement ou *diffusion* s'effectuera dans la partie fixe D, qui enveloppe la roue et qui a, pour cette raison, reçu le nom de *diffuseur*. Le diffuseur est donc un véritable *transformateur d'énergie* ; du fait même que la roue tourne et que le débit existe, la vitesse W_2 existe aussi, dont on n'a que faire, et c'est le rôle du diffuseur de la ralentir et d'en obtenir la pression, ou hauteur, $\frac{W_2^2}{2g}$.

Comme cette transformation s'effectuera forcément avec une perte h_d, on ne recueillera donc à la sortie du diffuseur que : $\frac{W_2^2}{2g} - h_d$, *valeur qui sera mesurée sur un manomètre différentiel, dont une extrémité sera placée à la sortie de la roue, et l'autre à l'endroit du diffuseur où* W_2 *est descendue à une valeur négligeable.*

(1) L'importance de la généralité de l'équation (1) est telle, qu'il n'est pas superflu d'en donner une démonstration complète.

Soit (fig. 5), la trajectoire absolue MA décrite par une molécule d'eau sur une surface de révolution quelconque avec une vitesse variable égale en A au vecteur W. Les molécules se suivant sans interruption le long de cette trajectoire, celle-ci constitue un filet liquide dont la section varie inversement proportionnellement à la vitesse absolue W, et dont le débit Q à la seconde en chaque point est constant.

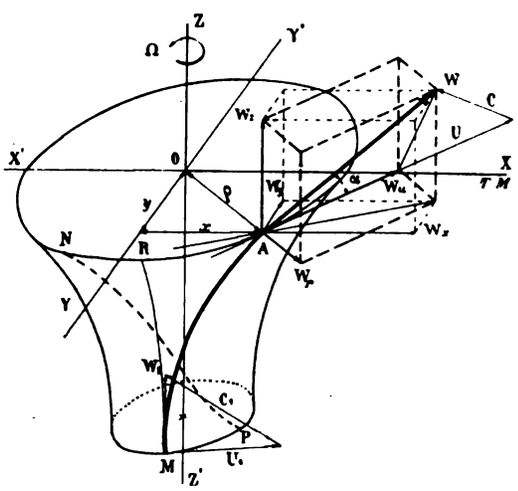


Fig. 5. — Cas le plus général d'une trajectoire absolue de l'eau tracée sur une surface de révolution quelconque.

Choisissons 3 axes de coordonnées, fixes, XX' YY' ZZ' dont l'un ZZ' est l'axe de la surface de révolution) et soient w_x, w_y, w_z, les projections de la vitesse W. On sait que l'accélération totale en A est la résultante de $\frac{dw_x}{dt}, \frac{dw_y}{dt}, \frac{dw_z}{dt}$ en ce point ; par suite, la force d'inertie totale en A, due à la masse dm en ce point, sera la résultante des trois forces $\frac{dw_x}{dt}dm, \frac{dw_y}{dt}dm, \frac{dw_z}{dt}dm$, et son moment dM sera égal à la somme des moments de ses trois composantes, soit (le moment de $\frac{dw_z}{dt}dm$ étant nul) :

$$dM = dm\left[\frac{dw_x}{dt}y - \frac{dw_y}{dt}x\right] \qquad (I)$$

Les règles du calcul différentiel donnent :

$$\frac{d.w_y x}{dt} = \frac{dw_y}{dt}x + \frac{dx}{dt}w_y$$

d'où $$\frac{dw_y}{dt}x = \frac{d.w_y x}{dt} - w_x w_y$$

de même $$\frac{dw_x}{dt}y = \frac{d.w_x y}{dt} - w_y w_x$$

Remplaçons dans (I) on trouve :

$$dM = dm.\left(\frac{d.w_x y}{dt} - \frac{d.w_y x}{dt}\right) \qquad (II)$$

Or, le long de MA, on a le droit de choisir, pour la valeur arbitraire de la variable dm, celle qui correspond à la différentielle de temps soit $dm = \frac{Q}{g}dt$, ce qui donne finalement :

$$dM = \frac{Q}{g}\left(d.w_x y - d.w_y x\right) = \frac{Q}{g}d\left[w_x y - w_y x\right]$$

Le moment total du filet MA en sera l'intégrale :

$$M = \frac{Q}{g}\int_{x_1 y_1}^{x_2 y_2} d\left[w_x y - w_y x\right] = \frac{Q}{g}\left[w_x y - w_y x\right]_{x_1 y_1}^{x_2 y_2} \qquad (III)$$

Remarquons que $w_x y$ est le moment du vecteur w_x autour de O et $w_y x$ est le moment du vecteur w_y autour du même point.

Or, la somme des moments de deux vecteurs est égale au moment de leur résultante, et par suite, à la somme des moments des vecteurs quelconques qui, pris deux à deux, ont la même résultante. Comme on voit sur la figure 5, cette résultante peut se décomposer aussi en w_u tangent au cercle O de rayon ρ et w_r en prolongement de ρ, on aura (w_r ayant un moment nul) :

$$w_x y - w_y x = w_u \rho$$

ou en remarquant que $w_u = w \cos \alpha$ et remplacant dans (III) ;

$$M = \frac{Q}{g}\left(w \cos \alpha\right)_{x_1 y_1}^{x_2 y_2}$$

Si les valeurs de w, α et ρ sont w_1 et α_1, ρ_1, au commencement du filet de coordonnées, x_1 y_1 et w_2, α_2, ρ_2, à la fin du filet de coordonnées x_2 y_2, on aura définitivement :

$$M = \frac{Q}{g}\left[\rho_2 \ w_2 \cos \alpha_2 - \rho_1 \ w_1 \cos \alpha_1\right] \qquad (IV)$$

Lorsque la surface de révolution est animée d'une vitesse angulaire uniforme Ω, et que ce sont ses aubes PN qui ont obligé l'eau à suivre la trajectoire absolue MA, le moment M sera appliqué par l'intermédiaire des aubes au solide tournant et fournira par suite une puissance :

$$P = M \times \Omega = \frac{Q}{g}\left[\Omega\rho_2 \ w_2 \cos \alpha_2 - \Omega\rho_1 \ w_1 \cos \alpha_1\right]$$

Si l'on remarque encore que $\Omega \rho_2$ est égal à la vitesse tangentielle U_2 à la sortie, et $\Omega\rho_1$ égal à la vitesse tangentielle U_1 à l'entrée du filet, on trouve finalement la formule générale complète :

$$P = \frac{Q}{g}\left[W_2 \cos \alpha_2 \times U_2 - W_1 \cos \alpha_1 \times U_1\right] \qquad (V)$$

Cette formule, a comme cas particulier, lorsque W_1 est tangent à une méridienne MR, c'est-à-dire lorsque $\cos \alpha_1 = 0$:

$$P = \frac{Q}{g} W_2 \cos \alpha_2 \times U_2 \qquad (VI)$$

qui est bien notre formule (1).

Digitized by Google

Par contre, au même point A, la hauteur ou pression

$$\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$$

est déjà acquise et existe par conséquent sous cette forme. Mais, comme une partie h_r de cette pression a été perdue en remous et frottements dans la roue, on n'a donc recueilli que

$$\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r$$

qui sera mesurée sur un manomètre différentiel dont une extrémité sera placée à l'entrée de la roue et l'autre à la sortie en A (1).

La hauteur totale recueillie et utilisable sera donc donnée par la formule :

$$h = \left(\frac{W_2^2}{2g} - h_d\right) + \left(\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r\right) \qquad (4)$$

et le rendement total de l'opération sera évidemment égal à la hauteur recueillie divisée par la hauteur engendrée, soit :

$$\eta = \frac{h}{H} \qquad (5)$$

Le rendement du diffuseur sera :

$$\eta_d = \frac{\frac{W_2^2}{2g} - h_d}{\frac{W_2^2}{2g}} \qquad (6)$$

et le rendement de la roue sera :

$$\eta_r = \frac{\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r}{\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}} \qquad (7)$$

Ces rendements partiels seront même mesurables, puisque leurs numérateurs le sont de la manière indiquée plus haut, et que les dénominateurs peuvent être calculés avec les constantes de la pompe et la connaissance du débit (2).

Remarques sur l'équation de la hauteur. — Ces équations (3) et (4) qui ont été établies, abstraction faite de la forme de la roue et de ses aubes, et qui sont les mêmes, quelles que soient ces formes, contiennent visiblement toute la théorie des pompes centrifuges.

Rôle du diffuseur. — Nous y avons déjà trouvé le rôle et l'importance du diffuseur. Cette importance sera encore mieux comprise en remarquant que l'absence du diffuseur conduirait à avoir un ralentissement de W_2 sans formation de hauteur, c'est-à-dire entraînerait une perte par remous et frottement h_d précisément égale à $\frac{W_2^2}{2g}$, de sorte que la hauteur serait

$$h = \frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r$$

bien que H, et avec elle la puissance P eussent conservé la même valeur (3). Il s'ensuit donc une diminution du rendement total d'autant plus considérable que le terme $\frac{W_2^2}{2g}$ est plus important devant $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$. On comprend de suite combien peuvent être néfastes, pour le rendement, l'absence de canaux ralentisseurs à la sortie ou la présence d'un colimaçon mal proportionné (1).

Pompe à action. — Il est facilement concevable, et physiquement possible, qu'on puisse avoir le triangle ACD de sortie tel que :

$$\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} = 0, \text{ c'est-à-dire } U_2 = C_2.$$

Ce cas pourra d'ailleurs être réalisé, comme on le voit (fig. 6), avec une direction quelconque de la vitesse relative G_2, c'est-à-dire avec une direction quelconque des aubes à la sortie de la roue. On aura alors engendré une différence de pression nulle entre l'entrée et la sortie de la roue, et la hauteur utile sera uniquement $\frac{W_2^2}{2g} - h_d - h_r$, recueillie par le ralentissement de W_2.

La dénomination de *pompe à action* conviendra très bien à cette pompe, car elle apparaît en effet comme réciproque de la *turbine à action*, dans laquelle la pression est constante dans la roue.

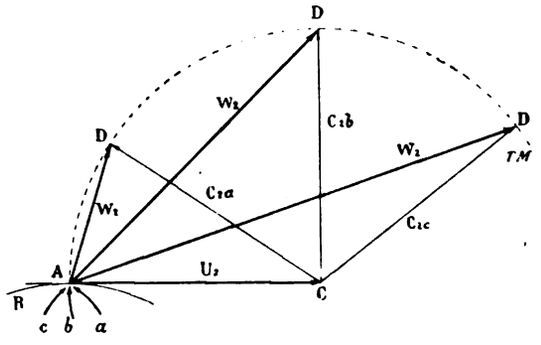


Fig. 6. — Diagramme relatif aux pompes à action.

Les pompes de ce genre se réduiraient en somme, au point de vue élévation de liquide, à leur diffuseur, qui aurait pour tâche la transformation de l'énergie totale de l'eau. Or, comme le diffuseur est un appareil d'assez faible rendement, et de grand encombrement, ces pompes seraient, déjà de ce fait, onéreuses comme prix et comme puissance. Les grandes vitesses relatives nécessaires dans la roue viennent encore augmenter les pertes, et par suite confirmer la conclusion que ces pompes ne sont pas recommandables.

Un cas particulier a cependant été réalisé avec beaucoup de succès par M. Maurice Leblanc dans sa pompe à air de condenseur ; celle-ci est bien une pompe à action à injection partielle (fig. 7), mais cette pompe, qui résout remarquablement bien le problème de l'enlèvement de l'air des condenseurs, pour lequel le rendement est secondaire, ne pourrait plus soutenir la comparaison avec d'autres pompes centrifuges, si le problème posé était uniquement l'élévation de l'eau.

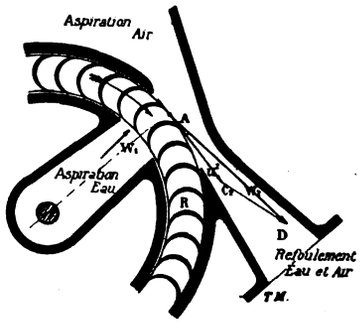


Fig. 7. — Schéma de pompe à action à injection partielle des condenseurs (système Westinghouse-Leblanc).

Pompe à réaction. — S'il était possible d'annuler les termes

(1) En réalité, à l'entrée de la roue, celle-ci n'a vraiment créé que la hauteur correspondant à la dénivellation à l'aspiration, augmentée des pertes de charge dans la conduite d'aspiration, soit h_a. Or, un indicateur de vide placé en ce point enregistrera $h_a + \frac{W_1^2}{2g}$. Il s'ensuit que le manomètre différentiel placé entre l'entrée et la sortie de la roue donnera une lecture trop grande de $\frac{W_1^2}{2g}$ et que l'on devra retrancher cette quantité pour connaître la valeur de $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r$. On devra, par contre, ajouter à la lecture du manomètre la dénivellation entre les points où la pression est mesurée.

(2) Il est à signaler de suite que les vitesses résultant des formes et sections de la pompe doivent subir une correction avant d'entrer dans le calcul des formules (4), (6) et (7), cela pour des raisons indiquées plus loin.

(1) L'étude de l'écoulement, le long d'une spirale, de l'eau à sa sortie de la roue, est susceptible d'une résolution mathématique suffisamment exacte pour permettre le calcul de colimaçons dont le rendement est au moins égal, sinon supérieur, à celui obtenu avec de nombreuses aubes directrices. Nous avons donné ce calcul complet dans un travail sur les pompes centrifuges paru dans *La Revue Mécanique* d'octobre 1910.

Digitized by Google

$\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$ dans la formule (3), ce qui donnait la pompe à action, il est impossible d'annuler dans la même équation le terme $\frac{W^2_2}{2g}$: ce serait annuler le débit même. On peut cependant imaginer que la valeur absolue de la vitesse de sortie W_2 soit assez faible pour que sa récupération puisse être considérée comme inutile. Le triangle de sortie pourra encore être néanmoins variable, mais on voit de suite (fig. 8) que dans ce cas, la vitesse relative, et par suite la direction des aubes à la sortie, sera forcément toujours en arrière du mouvement de rotation.

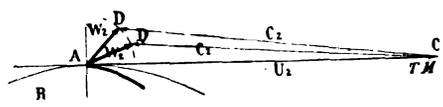


FIG. 8. — Diagramme aux pompes à réaction.

La hauteur utile sera alors égale à :

$$h = \frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} - h_r - h_d$$

et la pompe sera complètement *à réaction*, la pression totale étant créée par la roue, puisque le diffuseur n'existera pas. On se rend compte immédiatement que, pour une même valeur de h, il faudra alors augmenter considérablement U_2 et C_2 pour compenser la disparition de $\frac{W_2^2}{2g}$. On aura donc de nouveau des pertes élevées dans la roue du fait de l'élévation de C_2, et des dimensions énormes de cette roue du fait de l'augmentation de U_2. De plus, le frottement des faces de la roue deviendra considérable, car il augmente comme la 5e puissance de U_2, et les fuites d'eau entre la sortie de la roue et l'œillard, qui sont proportionnelles à la racine carrée de la différence de pression entre ces deux points, augmenteront aussi.

La pompe sera donc devenue aussi coûteuse et son rendement aussi mauvais que celui de la pompe à action ; elle sera aussi peu recommandable qu'elle.

Pompes normales. — Entre ces deux extrêmes, les constructeurs donnent libre cours à leur fantaisie dans la détermination de la proportion entre $\frac{W_2^2}{2g}$ et $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$. En fait, ils ont du choix, car le rendement total peut rester très bon, même avec de grandes variations de ce coefficient, et en outre chaque degré de réaction peut être obtenu avec des angles de sortie des aubes pour ainsi dire quelconques, cela dans les trois cas de pompes (fig. 1, 2, 3).

Néanmoins, avec le temps, on peut dire que tous se rencontrent dans le choix d'aubes inclinées en arrière, d'un angle variant de 45° à 75° sur le rayon, la valeur $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$ oscillant entre 0,4 et 0,75 H. Nous en verrons la raison dans l'étude des formes des courbes caractéristiques du fonctionnement des pompes.

Pompe dite « hélicoïdale ». — On rencontre couramment l'opinion qu'une pompe genre fig. 2 ou 3, dont les ailettes seraient des hélices, constituerait une sorte de pompe à volume engendré, provoquant le déplacement de l'eau, parallèlement à l'axe, une pression pouvant néanmoins être constituée au refoulement.

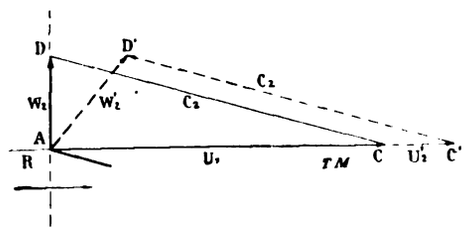


FIG. 9. — Diagramme relatif aux pompes hélicoïdales.

Dans ce cas, le triangle de sortie contenu dans un plan *ab* tangent au cylindre (fig. 2), aurait donc la forme indiquée en traits pleins (fig. 9).

On voit de suite que, dans ce triangle $C_2^2 = U_2^2 + W_2^2$; l'équation (3) devient alors :

$$H = \frac{W_2^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} - \left(\frac{U_2^2}{2g} + \frac{W_2^2}{2g}\right) = 0.$$

Si donc la pompe fonctionnait comme hélice, la puissance engendrée serait nulle, et par suite la hauteur recueillie nulle aussi. Ce fonctionnement est donc impossible dès qu'une pression h est à créer, et celle-ci ne sera obtenue, pour un même angle de l'aube et une même valeur de C_2, que par une augmentation de la vitesse de rotation telle que, dans le triangle AC'D' obtenu, on ait :

$$\frac{W_2^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g} = h + h_r + h_d = H.$$

Mais cette pompe est alors exactement dans le même cas *que toute autre pompe qui aurait le même triangle de sortie.*

Cette remarque permet donc de faire justice d'une hérésie assez répandue sur la possibilité de construire des pompes à aubes qui seraient complètement assimilables à des pompes à volume engendré. Nous verrons plus loin, en étudiant les formes des courbes caractéristiques des pompes, les raisons qui ont pu égarer les constructeurs sur ce sujet.

Remarque générale sur les pompes coniques ou axiales. — Comme nous l'avons montré, la théorie de ces pompes n'est pas particulière, et elles sont identiques aux pompes dites centrifuges. Il faut cependant remarquer que les filets liquides sont sur des surfaces de révolution concentriques différentes, et que ces surfaces exercent les unes sur les autres des pressions capables de troubler considérablement l'écoulement de l'eau dans la roue. En particulier, l'eau aura une tendance à s'écouler par les points les plus éloignés de l'axe, elle ne pourra que difficilement se maintenir sur un cylindre comme dans la pompe axiale ; de plus, U_2 étant variable, le triangle de sortie variera avec l'éloignement à l'axe, ce qui sera une origine de remous ; aussi cette pompe est-elle, pour toutes ces raisons, très difficile à réaliser. Ces effets parasites sont d'ailleurs de l'ordre de grandeur des effets utiles et échappent complètement au calcul ; aussi les pompes de ce genre n'ont-elles jamais atteint les rendements élevés de 80 à 85 % des pompes centrifuges, dans lesquelles l'écoulement de l'eau se fait plus naturellement.

Evaluation des fuites. — On peut très bien se rendre compte sur les fig. 1, 2 et 3, que les jeux entre la roue et les pièces fixes permettront un écoulement, ou *fuite*, entre la sortie de la roue et l'aspiration, fuite qui, à jeux égaux, ne dépendra que de la racine carrée de la différence de pression existante entre ces deux points.

La dénivellation entre la sortie et l'entrée de la roue étant e, il est facile de tirer des formules précédentes que cette différence de pression est :

$$p = \left(\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}\right) + \frac{W_1^2}{2g} - h_r - e$$

Le débit de fuite q augmentera donc comme $\sqrt{p}$; l'énergie correspondante étant égale à $q\,p$ on voit que, au total, les fuites auront varié comme $p^{\frac{3}{2}}$.

Or p étant surtout fait de $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$, on peut dire que, toutes choses égales, les fuites croissent comme la puissance $\frac{3}{2}$ du degré de réaction.

A ce point de vue les pompes à petit débit et grande hauteur gagnent à ne pas être trop à réaction.

Origine de l'effet centrifuge. — Si l'on considère à nouveau que le travail de la roue a, en somme, consisté à lancer l'eau à une vitesse W_2, on peut être étonné de trouver que l'énergie correspondante ne soit pas simplement égale (sous forme de hauteur) à $\frac{W_2^2}{2g}$ comme ce serait le cas pour un corps quelconque de poids Q lancé à cette vitesse.

On peut entrevoir la raison de cette anomalie de la manière suivante :

L'aube a en effet obligé l'eau à décrire une trajectoire absolue courbe (fig. 4), le long de laquelle la vitesse a augmenté jusqu'à la

Digitized by Google

valeur W_2. En chaque point de cette trajectoire, la réaction de l'eau sur l'aube correspondra donc, d'une part à l'augmentation de W, d'autre part à la force centrifuge, due à la courbure de la trajectoire absolue. L'augmentation de la vitesse correspond à l'énergie $\frac{W_2^2}{2g}$, et ce doit être l'effet sur l'aube de la courbure des trajectoires absolues qui correspond à l'énergie $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$.

Pour bien comprendre la chose, rien ne vaudrait une démonstration directe montrant que l'intégrale, de l'entrée à la sortie de l'eau, des efforts dus à l'effet centrifuge $\frac{Q\,W^2}{\rho'}$ le long de la trajectoire absolue (ρ' étant le rayon de courbure de la trajectoire au point considéré), donne un travail correspondant à $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$.

Cette démonstration peut être faite dans des cas simples, comme celui par exemple des ailettes purement radiales dans la roue, avec vitesse relative constante, et elle conduit bien à ce résultat. Mais pour le cas d'aubes et de vitesses relatives quelconques, nous n'avons pu trouver que la démonstration indiquée à la note 1 (page 120) qui conduit directement à l'équation (1) (page 119), mais indirectement et par transformation à l'équation (2)

Le résultat est cependant bien acquis et nous conduit aux très importants théorèmes suivants :

Le seul phénomène de pression créé par effet centrifuge existant dans les pompes à aubes est celui qui se produit le long de la trajectoire absolue suivie par l'eau dans la roue.

Quelle que soit la forme de cette trajectoire, qu'elle soit dans un plan, sur un cylindre, sur un cône, ou sur une surface de révolution quelconque, l'expression de cette énergie centrifuge reste la même et égale, en hauteur à $\frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$, U_2 et C_2 étant les valeurs des vitesses tangentielles et relatives à l'extrémité de la trajectoire.

On voit ainsi qu'une pompe dite axiale, dont l'eau reste toujours à la même distance de l'axe de rotation de la roue, est autant et non plus centrifuge qu'une pompe purement radiale dans laquelle l'eau s'éloigne constamment du centre, pourvu que U_2 et C_2 soient les mêmes dans les deux cas.

En définitive, les pompes à roues à aubes, quelles qu'elles soient, répondent à une seule et unique définition :

Ce sont des appareils qui prenant de l'eau à une vitesse W_1 *généralement dans un plan méridien, la restitue à une vitesse différente* W_2, *acquise le long d'une trajectoire courbe, la puissance absorbée et la hauteur recueillie dépendant, dans tous les cas, de la même relation entre les valeurs* W_2, U_2 *et* C_2 *à la sortie de la roue.*

$$P = Q\left[\frac{W_2^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}\right] \qquad (3)$$

Corrections des théories précédentes. — Les formules (3) et (4) sont mathématiquement et physiquement exactes et l'on peut baser sur cette exactitude, non seulement les considérations générales qui précèdent, mais le calcul même des pompes auquel elles suffisent pleinement.

Cependant, si l'on essaie de contrôler la formule de la puissance avec les valeurs relevées aux essais, on trouve toujours que la puissance absorbée par la pompe est sensiblement moindre que celle trouvée par la formule (3). Or, dans cette formule, la vitesse tangentielle U_2 est incontestablement connue. Il faut donc que ce soit la valeur des autres termes U_2 et C_2 qui soit différente de la valeur qui correspond au dessin des aubes, et, comme la puissance est plus faible, c'est donc que la vitesse C_2 moyenne est en réalité plus inclinée que la tangente à l'aube ne l'est.

Cet écart entre l'angle réel de sortie de l'eau et l'angle de l'aube est même quelquefois considérable; ainsi, lorsque les ailettes sont radiales, la puissance absorbée est telle que seule une inclinaison moyenne de 45° peut l'expliquer. Avec des ailettes très couchées en arrière, les écarts entre le triangle de sortie relevé aux essais et celui correspondant au dessin de la pompe sont beaucoup moindres.

Il s'ensuit donc que les formules (3) et (4) et toutes les théories précédentes, sont rigoureuses, mais à condition de corriger, par la pratique, la forme du triangle de sortie.

La raison de cette non concordance est connue; elle tient à l'hypothèse faite à la base de toutes les théories d'hydraulique : *la distance entre deux aubes de la roue est infiniment petite.* Cette hypothèse rend bien le problème à résoudre infiniment simple, mais elle est fausse, et il faut s'estimer heureux qu'après l'avoir faite les résultats obtenus soient encore assez voisins de la réalité pour permettre l'exactitude des déductions précédentes.

Pour lever l'indétermination inhérente au fait que le canal entre deux aubes est fini (et quelquefois très vaste si la roue n'a que 5 ou 6 aubes, comme cela arrive fréquemment), il suffirait de connaître une loi d'hydraulique supplémentaire répondant à la question suivante :

Comment l'énergie se transmet-elle de l'aube à une molécule d'eau située à une distance finie ?

ou encore :

Quelle est la forme, entre deux aubes, des lignes « d'égale énergie totale » ?

Devant ces deux questions, la science hydraulique reste actuellement muette et, selon toute probabilité, le restera encore longtemps. M. Wagenbach (1), en émettant l'opinion que ces lignes « d'égale énergie totale » sont des cercles concentriques, a déjà trouvé une correction qui, voisine de la réalité avec des ailettes en arrière, est fausse encore pour des ailettes radiales. La forme de ces lignes, qui résulte sûrement d'une loi simple, est donc elle-même compliquée : nous sommes là en plein mystère, trop heureux que tout se passe simplement comme si la vitesse relative moyenne était plus inclinée que la direction des aubes.

Nous ferons encore remarquer que cet écart des angles de C_2 ne correspond pas à une perte, puisque le premier résultat en est, pour un même débit, et une même vitesse tangentielle, de *diminuer la puissance absorbée par la roue.* Or, bien que la puissance utile se trouve aussi, naturellement, diminuée par le même phénomène, leur rapport, c'est-à-dire le rendement η, n'est pas influencé par cet écart, même lorsqu'il est énorme, comme dans les pompes à aubes radiales.

Ces résultats acquis ne suffisent pas malheureusement à découvrir la loi inconnue, dont la recherche revient de droit non à des ingénieurs, mais véritablement à des savants, étant donné son importance et sa difficulté.

Conclusions. — Nous avons pu ainsi, au moyen d'une seule équation, analyser complètement le processus des phénomènes internes de la circulation de l'eau dans ce corps compliqué qu'est une pompe à roue à aubes.

Nous ajouterons qu'il n'est aucune des conclusions contenues dans cet exposé que nous n'ayions contrôlées par des essais. Des découvertes nouvelles sur les lois générales de l'hydraulique pourront donc les compléter, mais nous ne croyons pas qu'elles puissent les infirmer.

Ces conclusions permettent d'apprécier une pompe proposée, ou d'en étudier une capable de répondre à un problème déterminé.

L. Bergeron.

(1) **Beitrage zur Berechnung und Konstruktion der Turbomaschinen,** ***Zeitschrifft für das Gesamte Turbinenwesen*** (30 juin 1908).

Digitized by Google

ÉLECTROMÉTALLURGIE

LE HAUT-FOURNEAU ÉLECTRIQUE

Dans un haut-fourneau ordinaire, que le combustible employé soit de la houille crue, du coke ou du charbon de bois, le carbone consommé doit remplir un triple rôle : il doit tout d'abord entrer dans la composition de la fonte dont il constitue un des éléments essentiels ; il doit ensuite réduire les matières entrant dans le lit de fusion pour en séparer le fer, le silicium, le manganèse, etc., que doit renfermer la fonte envisagée ; mais il faut encore que, par sa combustion au moyen d'air insufflé dans l'appareil, il élève la température des matériaux de la charge jusqu'à celle où les phénomènes de réduction et de combinaison se présentent, fonde la fonte et les laitiers et les maintienne dans un état tel que leur évacuation hors du creuset reste pratiquement possible.

De ces trois rôles, deux ne peuvent échapper au carbone : ce sont les deux premiers. Le carbone est un élément fondamental de la fonte ; le carbone jouit seul, dans les connaissances actuelles, de propriétés réductrices utilisables dans la sidérurgie courante. Mais le troisième rôle, celui de fournisseur de chaleur, peut être dévolu à d'autres agents que lui et on devait tout naturellement penser, dans les pays à combustible cher et à grandes ressources hydrauliques, au courant électrique que l'on peut obtenir économiquement dans des stations hydro-électriques. Aussi comprend-on que de nombreux essais aient été faits pour réaliser dans des conditions industrielles la fabrication de la fonte électrique ; on trouvait du reste, dans la mise au point d'un tel nouveau procédé, l'avantage d'une simplification considérable, par la suppression par rapport aux hauts-fourneaux ordinaires de tous les appareils de chauffage et de soufflage de l'air nécessaire à la combustion du carbone d'échauffement.

Entrer dans le détail de tous les procédés imaginés ou essayés avec des appareils que bien souvent la pratique n'a pas consacrés, obligerait à une longue étude que ne comporte pas le cadre de la présente note. Nous nous bornerons simplement à l'étude de ce que nous appellerons les hauts-fourneaux électriques, c'est-à-dire des appareils se rapprochant dans leurs grandes lignes des hauts-fourneaux ordinaires, appareils dont l'étude et la mise au point a été principalement faite dans la péninsule scandinave, tant en Suède qu'en Norvège, accessoirement aux Etats-Unis d'Amérique, en Californie.

Il est bon néanmoins, avant d'entreprendre cette étude, de rappeler que la démonstration de la possibilité pratique et économique de la fabrication de la fonte électrique revient au Canada ; c'est en effet en 1906, à la suite d'une mission envoyée par le Gouvernement du Dominion en Europe, mission qui avait en particulier assisté à des essais de fusion en France, à Livet avec un four Keller, à Froges avec un four Héroult, qu'une installation d'essais fut créée à Sault-Sainte-Marie, fonctionna pendant quelques mois et coula, dans la période du 5 janvier au 5 mai 1906, 55 tonnes de fonte. Le four d'essais était une simple boîte métallique à revêtement latéral intérieur réfractaire, à profil formé de deux troncs de cône accolés par leur grande base, boîte où étaient chargées les matières à réduire : le courant arrivait par une électrode suspendue et sortait par la sole, constituée par du carbone. La consommation de charbon de bois avec des lits de fusion rendant aux environs de 50 % varia de 450 à 515 kgs par tonne de fonte ; la dépense d'électrodes put être abaissée à 9 kgs ; le kw-an conduisait à des productions annuelles de 4 tonnes 5 à 5 tonnes 7.

De ce que nous avons dit plus haut d'un appareil utilisant concurremment le carbone et l'électricité, il résulte qu'il y a, dans chaque cas de lit de fusion, un minimum de consommation de carbone que l'on ne pourra dépasser ; c'est celui qui comprend les quantités de carbone passant dans la fonte et celles minima nécessaires à la réduction des oxydes ; ces dernières correspondraient théoriquement au cas où l'oxygène de la charge transformerait le carbone uniquement en anhydride carbonique. Une telle marche n'est pas praticable ; mais, pour s'en rapprocher, l'on doit chercher à augmenter autant que possible la proportion d'anhydride carbonique dans les gaz dégagés de l'opération.

Un calcul fait dans des conditions se rapprochant des conditions suédoises, gaz au gueulard à 30 % CO^2, rendement du lit 66,6 %, fonte à 1 % Si, 3 % C, à traces de soufre et de phosphore, minerai exclusivement à l'état de magnétite, gaz sortant de l'appareil à 150°, fonte et laitier à 1 300° et 1 350°, combustible supposé carbone pur, donne comme consommations nécessaires par tonne de fonte :

Carbone.....	247 kgs.
Energie.....	1 350 kwh.

Ce sont là des minima ne tenant compte ni des pertes par rayonnement, ni des quantités de matières diverses passant dans la fonte, supposant aussi un combustible pur.

Pour montrer l'influence pratique de ces dernières circonstances, signalons que, dans deux cas sensiblement analogues, avec presque uniquement de la magnétite dans le lit de fusion, on eut à Trollhættan, par tonne de fonte :

	Dans le premier cas	Dans le second cas
	%	%
Rendement du lit en fonte	65,04	65,5
Kilowatts-heure consommés	1 819	1 749
Kilogrammes de carbone consommés.....	275	267,46

Remarquons aussi ici que, par le calcul même précédemment fait, il y a, toutes choses égales d'ailleurs, possibilité, dans la réduction électrique des minerais de fer, d'abaisser ou d'élever simultanément les consommations de carbone et de courant électrique nécessaires à la production d'une tonne de fonte. La transformation du carbone en anhydride carbonique dégage en effet des quantités de chaleur plus de trois fois supérieures à celles de la transformation en oxyde de carbone. Il est donc possible, en augmentant la proportion d'acide carbonique dans les gaz dégagés, d'obtenir, tout en consommant moins de carbone, plus de calories de combustion, par suite d'avoir à faire appel à de moins grandes quantités de calories électriques, d'où moins grande consommation de courant. Un raisonnement inverse montrerait qu'une augmentation de la proportion d'oxyde de carbone dans les gaz du gueulard pourrait, tout en augmentant la consommation de carbone, dégager moins de calories de combustion, partant nécessiter plus de calories électriques.

Les divers types de hauts-fourneaux électriques

Les hauts-fourneaux électriques, qui sont aujourd'hui employés ou qui ont été en service courant, sont de trois types. Le premier est celui d'Elektrometall, société suédoise qui exploite les brevets Stalhane, Grönwall et Lindblad ; le modèle actuel a été déterminé après de nombreux essais sur divers types d'appareils de plus en plus perfectionnés, successivement mis en route aux grandes usines de Domnarfvet ; c'est avec ce modèle qu'ont été faites toutes les expériences de Trollhættan, dans la célèbre installation créée

Digitized by Google

par le Comité des Forges de Stockholm. Au début de 1913, quatre appareils de l'Elektrometall étaient en marche en Suède, un à Trollhættan, deux à Hagfors, et un à Domnarfvet : tous marchaient au charbon de bois ; un fourneau au coke fonctionnait aussi en Norvège, au fond du Sorfjord, près d'Odda, mais a été arrêté depuis par suite de circonstances sur lesquelles nous reviendrons. En construction du même type, on comptait un appareil à Hagfors ; trois étaient projetés à Nykroppa : d'autres usines étudiaient encore l'installation chez elles du nouveau procédé de fabrication.

Le second type est celui qui a fonctionné pendant une assez longue période aux usines d'Héroult ou de Pitt-River en Californie ; l'appareil, bien qu'il paraisse qu'aucune communication n'ait eu lieu entre les inventeurs suédois et les inventeurs américains, a nombre de points communs avec le premier. Ce fourneau, connu sous le nom de fourneau Dorsey A. Lyon, a donné des résultats satisfaisants et on avait même pensé un moment adjoindre à l'installation initiale plusieurs appareils de même système. Mais diverses raisons, en particulier le désir d'employer sans préparation autre les minerais pulvérulents dont on peut disposer dans la région, ont fait préférer pour l'usine actuelle des fours analogues aux fours à acier ou à carbure, sans cuve par conséquent avant le creuset.

Enfin, le troisième type, qui peut d'ailleurs être considéré comme un appareil de transition entre les vrais hauts-fourneaux électriques de l'Elektrometall ou de Dorsey A. Lyon et les fours dérivés des fours à acier ou à carbure, est le type Hans Bie Lorentzen, dont deux appareils de grande dimension sont en marche à Tinfos (Norvège) et dont un appareil plus petit existe aux usines Cappelen, à Ulefos, également en Norvège.

Tels sont les trois types généraux de hauts-fourneaux électriques que nous allons successivement étudier, nous étendant plus longuement naturellement sur celui qui, au début de 1913, présentait le plus grand développement industriel.

Types successifs de la société " l'Elektrometall "

Les premiers essais de fusion électrique des minerais de fer pour fonte remontent en Suède au 26 avril 1907, jour où fut mis en route, aux usines de Domnarfvet, un four construit par les trois ingénieurs suédois, Lindblad, Grönwall et Stalhane. Les études poursuivies depuis quelque temps déjà par ces ingénieurs les avaient conduits à fonder, avec le concours de deux grandes sociétés, la Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag et la Trafikaktiebolaget Grängesberg-Oxelösund, une société particulière, Aktiebolaget Elektrometall, qui établit la série de plus en plus perfectionnée des fours qui se succédèrent. On comprendra facilement l'intérêt que pouvaient porter à ces études les deux sociétés précitées, quand on saura que, d'une part, la Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag possède à Domnarfvet les usines sidérurgiques les plus importantes de Suède, et que, d'autre part, la Trafikaktiebolaget Grängesberg-Oxelösund, qui a trusté les trois grands gisements de Kirunavara, Gellivare et Grängesberg, représente à elle seule 70 % de l'extraction totale des minerais de fer suédois.

Le premier four utilisé à Domnarfvet était en forme de four à cuve avec garnissage de quartz à la base ; trois rainures parallèles dans la sole servaient, la centrale à l'évacuation de la fonte, les deux autres aboutissant à de petits creusets extérieurs à fond de graphite, à l'arrivée et à la sortie du courant quand, après mise en route, comme dans un fourneau ordinaire avec tuyères d'insufflation d'air, une quantité suffisante de fonte liquide remplissait le bas de l'appareil ; à ce moment, on arrêtait le soufflage préliminaire et on donnait le courant. La sole en quartz fut remplacée par une sole en magnésie dans un second type de four, fonctionnant toujours avec le système de mise en marche précédent ; l'inconvénient subsista d'une trop grande conductibilité de la sole aux températures élevées données par le courant, ce qui ne permettait pas de marcher sans arrêt plus de vingt-quatre heures consécutives. La nécessité d'un autre circuit pour le courant s'imposait.

On essaya alors un four à cuve, à sole traversée par une électrode de graphite, la sortie du courant se faisant par deux électrodes fixes, diamétralement opposées et placées à mi-hauteur de la cuve ; les électrodes affleuraient le revêtement réfractaire, mais brûlaient relativement vite, ce qui ne résolvait pas le problème de la corrosion rapide de la maçonnerie à leurs alentours. On remplaça alors les deux électrodes supérieures fixes par deux électrodes de carbone réglables, au fur et à mesure de l'usure, par avancement, ce qui amena une certaine amélioration dans les conditions de fonctionnement ; une amélioration plus grande fut réalisée par la suppression de l'électrode de base et par la pénétration des électrodes anciennement affleurantes dans les masses en réaction, ce qui ne concentrait plus la chaleur au contact des parois.

Type final du four de Domnarfvet. — On fut ainsi conduit à une forme différente de l'appareil : la cuve se prolongeait (fig. 1) par un creuset de section plus large, creuset dans la voûte duquel passaient les trois électrodes d'un courant triphasé. Les résultats furent satisfaisants et, par une modification ultime qui rapprocha le profil en cuve cylindrique de celui du haut-fourneau ordinaire (cuve, ventre, étalages), on arriva en 1909 à un appareil qui put être maintenu en longue période de marche et fournit les premiers résultats vraiment industriels de réduction électrique des minerais de fer en Suède.

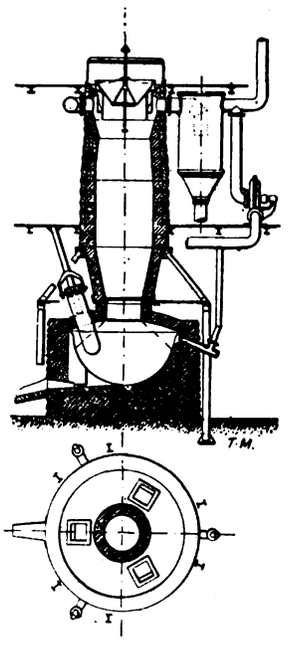


Fig. 1. — Type final du four de Domnarfvet.

Le four, employé finalement à Domnarfvet, avait comme dimensions intérieures :

Diamètre maximum du creuset.....	2 250 mm.
Hauteur —	1 500 —
Hauteur totale de la cuve.....	5 200 —
Diamètre maximum de la cuve.....	1 525 —
— au bas des étalages	900 —

Le courant reçu était du triphasé à 25 périodes, à tension variable entre 20 et 80 volts par gradins de 5 volts. Un refroidissement de la maçonnerie de la voûte du creuset autour des électrodes avait été jugé nécessaire pour la protéger autant que possible : ce refroidissement était réalisé partie par des boîtes à circulation d'eau entourant les électrodes à leur passage dans la voûte, partie par l'injection à l'intérieur du creuset entre les matières en réaction et la voûte, de gaz froids pris par une pompe au gueulard de l'appareil ; ces gaz injectés se réchauffaient dans le creuset et cédaient, dans leur remontée dans la cuve, les calories ainsi absorbées aux matériaux de la charge. Les électrodes ne pénétraient pas dans les matières en réaction, mais venaient simplement à leur contact.

La plus haute densité de courant, pour la période particulièrement étudiée de marche du 7 mai au 13 juillet 1909, fut de 9 600 ampères par phase, ce qui donnait en définitive 8 ampères 81 par centimètre carré d'électrodes. Les résultats généraux de cette même période sont consignés dans le tableau suivant :

Charge moyenne du four.....	496 kw
Heures de fonctionnement total (arrêts compris).....	1 903,5
— d'arrêt.....	94

Digitized by Google

Consommation moyenne par tonne de fonte.	Coke	147 kgs 6
	Charbon de bois	206 — 5
	Castine pure	280 —
	Kwh	3 182 —
	Electrodes	30 —
Fonte obtenue, totale		280 307 —
— par kw-an		2 760 —
Rendement du lit de fusion		60 %

Les minerais passés furent tous des minerais suédois riches, magnétites pour la majorité ; exceptionnellement, on travailla avec 21 722 kgs de minerais brésiliens, hématites à 68,8 Fe qui conduisirent à 15 400 kgs de fonte. Le combustible fut ordinairement un mélange de coke et de charbon de bois ; avec ce dernier combustible seul, on travailla dans la dernière période de l'essai et on obtint 50 tonnes de fonte.

Les fontes tenaient en moyenne de 1,7 à 3,5 % de carbone, 0,3 à 0,5 de silicium (exceptionnellement on put obtenir 0,03 et 3,61) ; le soufre put être amené à 0,005 seulement parfois ; le phosphore en faibles proportions, 0,02 à 0,05 avec les minerais purs, arrivait au contraire à 1,41 avec certains minerais phosphoreux de Grængesberg. L'économie de combustible réalisée par rapport aux hauts-fourneaux ordinaires pouvait arriver aux 2/3 environ. Enfin, par suite du non soufflage d'air à l'intérieur de l'appareil, les gaz qui se dégageaient au gueulard étaient à haut pouvoir calorifique ; leur teneur (volumétrique sur gaz secs) en oxyde de carbone varia de 40 à 56 % ; celle en hydrogène (amené par le charbon de bois) entre 12 et 15 % ; le reste se composait de méthane en faibles proportions et d'anhydride carbonique.

De ces essais, on pouvait conclure à la possibilité industrielle de la fabrication de la fonte ; un chiffre pourtant paraissait encore énorme, celui de la consommation d'électrodes, mais il fallait remarquer que, sur les 30 kg dépensés, 22 provenaient de causes fortuites, bris d'électrodes, non-possibilité d'employer les électrodes complètement et nécessité de les retirer du four quand leur longueur restante devenait trop faible. La production au kw-an était inférieure à celle donnée par les expériences canadiennes, mais on pouvait espérer une amélioration sensible avec des appareils de plus grande capacité.

L'importance de ces résultats parut telle aux métallurgistes suédois, producteurs pour la plupart, de fontes fines au charbon de bois, menacés de voir la production du pays sinon se ralentir, du moins ne plus pouvoir longtemps augmenter par suite de l'impossibilité de se procurer le combustible végétal en quantité suffisante, que Jernkontoret, leur puissante association, crut bon de prendre en mains des expériences de fusion électrique avec un appareil de même type que le dernier de Domnarfvet, mais de plus grandes dimensions. Les détenteurs du procédé, désireux de leur côté de le voir prendre un développement en rapport avec les efforts faits pour le mettre au point, mirent gratuitement tous leurs brevets à la disposition de Jernkontoret, sous la seule condition que toute tonne de fonte électrique fabriquée ultérieurement en Suède par les adhérents de Jernkontoret, avec leur procédé mis au point final dans la grande installation d'expériences, serait frappée à leur profit d'une royalty de 1 kr 25. Enfin, il ne fut pas jusqu'à l'Etat Suédois qui ne voulut participer à cette œuvre nationale en mettant pour une durée de deux années, du 1er octobre 1910 au 30 septembre 1912, à la disposition de l'installation d'essais, 3 000 HP électriques de son usine de Trollhættan pour une somme annuelle forfaitaire de 10 000 couronnes seulement (soit 4 fr 60 par cheval-an).

Hauts-fourneaux de Trollhættan et Hagfors

Installation de Trollhættan. — L'installation d'essais en grand fut faite aux environs mêmes des chutes fameuses de Trollhættan, en Suède; les dépenses, tant en constructions diverses, qu'en réparations en cours des deux années de campagne et qu'en réfections partielles ou totales du fourneau dépassèrent 600 000 fr. La vente de la fonte produite permit de subvenir aux dépenses de fonctionnement, salaires, matières premières, etc.

Les principes suivant lesquels a été construit le fourneau électrique de Trollhættan sont à signaler ici parce que nous les retrouverons dans tous les fourneaux du type Elektrometall en service. La chambre de fusion (fig. 2 et 3 p. 127) en forme de creuset recouvert par une voûte en coupole, communique avec la partie supérieure du fourneau par un orifice percé au sommet de cette dernière, cet orifice constituant le col du fourneau ; la chambre de fusion doit avoir de grandes dimensions, de façon à fonctionner comme un mélangeur qui obviera aux irrégularités inévitables de la composition du métal, le combustible ne brûlant pas au sens propre du mot dans un fourneau électrique, et les proportions relatives de minerais et de combustibles pouvant ne pas être les mêmes à des moments différents dans la zone proprement dite de fusion située entre les électrodes. Les matières venant de la cuve forment ainsi dans le creuset une sorte de cône d'éboulement sans que ces matières viennent au contact même des parois de la voûte ; il existe donc un espace libre où se fera l'injection des gaz refroidisseurs du gueulard, ce qui permettra de protéger la voûte contre le rayonnement des matières en fusion. Les électrodes traversent la voûte avec interposition au passage de boîtes refroidissantes à circulation d'eau, et affleurent les matières en réaction sans pénétrer à leur intérieur ; ceci a pour but de pouvoir donner au voltage des valeurs assez fortes, car sans cela, pour une puissance déterminée, on pourrait être amené à des ampérages jugés inadmissibles par centimètre carré d'électrodes, ou à des dimensions trop considérables de ces dernières.

Le réglage du courant se fait d'une façon tout à fait spéciale, à cause de la pression existant dans le creuset par suite de l'insufflation de gaz refroidisseurs et de la nécessité de les faire remonter à travers la cuve jusqu'au gueulard ; on ne peut songer en effet, à cause des garnitures, à faire avancer successivement au fur et à mesure de leur usure, les électrodes dans le four, il ne faut y toucher que le moins souvent possible ; aussi, en temps ordinaire, agit-on simplement sur la tension du courant, grâce à des transformateurs spécialement étudiés et pouvant fonctionner sur chaque phase avec des voltages différents, 81 et 90, 61 et 82 par exemple dans le cas du courant biphasé secondaire de Trollhættan.

Le fourneau de Trollhættan, qui devait servir de fourneau d'études pour la fabrication des diverses qualités de fontes actuellement fabriquées en Suède, a été tout naturellement prévu pour une marche au charbon de bois ; il devait être capable de 7 500 tonnes par an, soit 22 t. 5 par jour environ pour une période annuelle de marche de 11 mois. En réalité, par suite de changements continuels dans les lits de fusion, on eut des productions sensiblement inférieures aux prévisions, et ce ne fut en somme que dans la période du 1er octobre au 31 décembre 1912, où l'usine de Degerfors, qui avait loué l'installation de Trollhættan à la fin des expériences de Jernkontoret, traita un lit de fusion riche sensiblement constant, que l'on arriva aux environs de la production théorique et que l'on obtint en 92 jours 1 906 tonnes, soit 20 t 7 par jour. Il en fut aussi sensiblement de même dans la période du 12 août au 30 septembre 1912, où Jernkontoret traita surtout des minerais riches de Kirunavara et obtint en 50 jours 966 tonnes de fonte, soit 19 t 3 par 24 heures.

Dimensions du fourneau de Trollhættan. — Les données qui permirent de fixer les dimensions du fourneau de Trollhættan prévu pour la marche au charbon de bois, furent les suivantes. D'abord on s'appuya, au point de vue général du profil, sur les anciennes données du dernier appareil de Domnarfvet. En second lieu, on attribua aux divers éléments entrant dans le lit, les caractéristiques moyennes ci-après : le charbon de bois est estimé peser 150 kg au mètre cube, le mètre cube de minerai et castine pèse 2 500 kg ; la consommation par kilogramme de fonte est de 1 kg 725 de minerai et la production de fonte par kilogramme

Digitized by Google

de charbon de bois est censée de 3 kg. La moitié du minerai est supposée remplir les vides entre les morceaux de charbon de bois et finalement le coefficient de passage des charges (rapport du volume total des charges journalières au volume total du four) est admis de 1,55. Dans ces conditions, 22 t 5 de fonte journalière nécessitent un volume de matières de 59 m³, d'où une capacité du fourneau de 38 m³.

Le diamètre maximum au col, c'est-à-dire à la partie rétrécie faisant communiquer par la voûte le creuset et la partie supérieure du fourneau, fut fixé à 1 200 mm, de façon à ne pas avoir une largeur de la chambre de fusion trop considérable : avec ce diamètre, on donna, par analogie avec le fourneau de Domnarfvet, au creuset un volume de 12 m³ 45 et au col un volume de 0 m³ 345. La répartition des 25 m³ 10 restants devait se faire dans la partie supérieure ; il fallait éviter que cette dernière eût une trop grande hauteur, ce qui aurait conduit à des pertes de charge, tout en lui donnant pourtant une hauteur suffisante pour que la réduction préliminaire et le chauffage par les gaz dégagés dans le creuset se fît dans de bonnes conditions. Pour assurer la répartition de ces derniers gaz, on ne devait pas en outre avoir de trop grands diamètres. On se limita ainsi à un diamètre maximum de 2 200 mm et, en se rapprochant du profil de Domnarfvet, on eut pour volumes et hauteurs respectives des diverses parties :

Etalages.....	3 m³ 50	1m,50
Ventre.....	11 m³ 80	3m,10
Cuve.....	9 m³ 80	3m,60

La hauteur totale du fond du creuset au haut de la cuve atteignit dans ces conditions 10m,70.

Le diamètre du gueulard fut de 1 500 mm ; l'angle de la cuve de 84° 27', celui des étalages de 71° 34'.

Construction du fourneau. — Au point de vue de la construction, le haut-fourneau se compose essentiellement de deux parties indépendantes : la partie supérieure (cuve, ventre, étalages) et la partie inférieure ou creuset. La première comporte extérieurement un revêtement en tôle de 10 mm d'épaisseur en bas, 12 en haut, portant à sa partie supérieure une armature octogonale de fers en U, au moyen desquels il repose sur deux poutres composées métalliques de 1 m 30 de hauteur et 10 m 50 de portée, s'appuyant à leurs extrémités sur les murs du bâtiment contenant le fourneau. La carapace en tôle sert à relier les ferrures de support à la maçonnerie intérieure, de façon que le poids de cette dernière ne repose pas sur la voûte du creuset, partie fragile du fourneau, et permette en marche les dilatations indépendantes des deux parties de l'appareil. L'épaisseur du revêtement décroît de bas en haut, avec comme extrêmes 450 et 360 mm ; les briques de revêtement sont du type Hœganœs (point de fusion, 1 670 à 1 710°). Le gueulard est fermé par un appareil Tholander, sorte de *cup and con* permettant de diriger tout ou partie de la charge soit au centre du fourneau, soit contre ses parois.

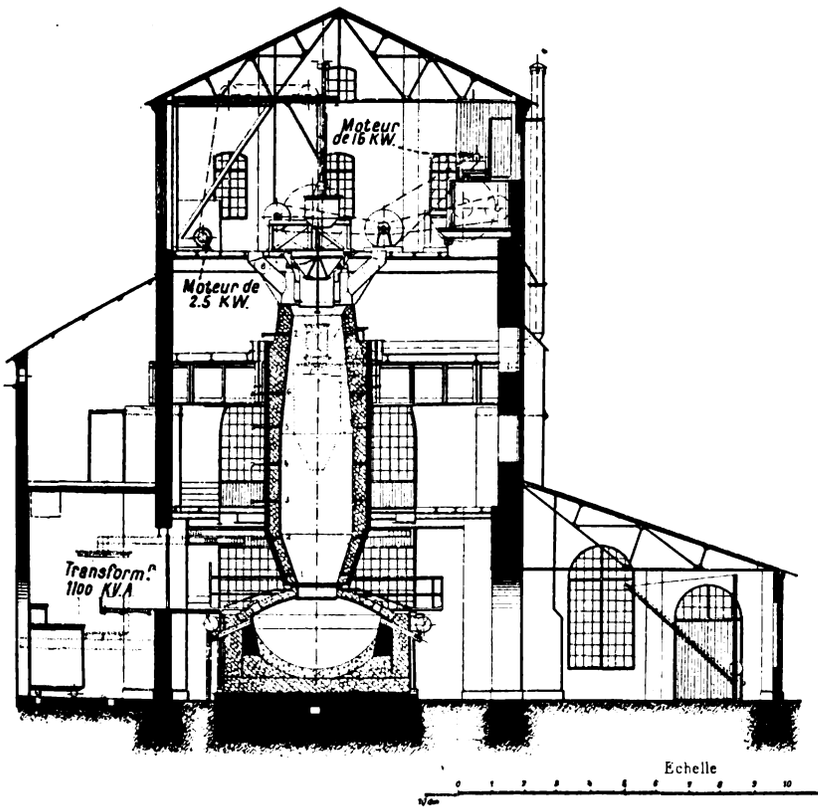


Fig. 2. — *Coupe axiale.*

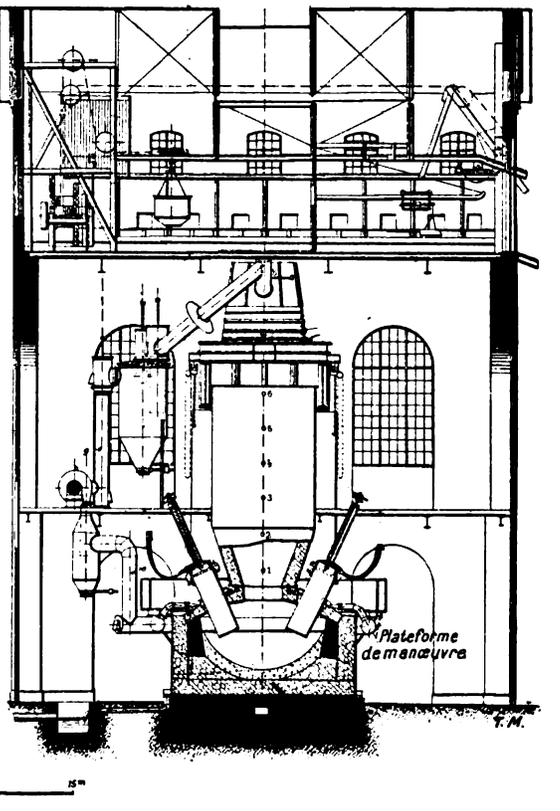


Fig. 3. — *Elévation.*

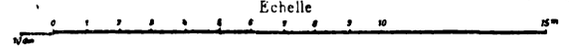


Fig. 2 et 3. — Dispositif du haut-fourneau électrique de Trollhættan.

Le creuset ou chambre de fusion repose sur une solide fondation de béton ; comme la cuve, il est recouvert extérieurement d'une cuirasse en tôle de 15 mm d'épaisseur, renforcée à la partie supérieure où s'exerce la pression de la voûte par une bande d'acier de 200 × 18 mm. L'assise du béton est surmontée de 150 mm de briques Hœganœs, puis de 150 mm de briques Stabbarp (fusion 1 730 -1 750°).

Sur le pourtour sont également disposées deux rangées concentriques de 150 et 300 mm d'Hœganœs et Stabbarp. A l'intérieur de cette maçonnerie, une sole de Stabbarp est damée jusqu'à une hauteur de 700 mm sur les faces extérieures, avec au-dessus une série de briques de magnésie Spaeter jusqu'au contact avec l'intrados de la voûte. Finalement, sur le fond ainsi constitué, la sole proprement dite est formée avec un mélange de magnésie et de brai. Quant à la voûte, elle comprend, sur toute son épaisseur de 300 mm, des briques très réfractaires, type Ifœ. Les dimensions intérieures du creuset sont alors de 4 000 mm et la distance du fond à la base des étalages est de 2 500 mm. Le col est au diamètre de 1 200 mm et a une hauteur de 375 mm, comprise

Digitized by Google

dans les 2 500 précédents. La connexion entre les deux parties du fourneau se fait au moyen d'un joint à sable.

Telles étaient les dimensions du fourneau quand il fut mis en marche le 16 novembre 1910; à la première mise hors feu le 29 mai 1911, on augmenta le diamètre du col qui fut porté à 1 300 mm, sans modifier l'angle des étalages, ce qui modifia légèrement le profil. A la seconde mise hors feu (21 juin 1912), on changea, toujours dans le but de rendre meilleure la circulation des gaz, l'angle des étalages qui fut porté à 78° 7, ce qui donna aux étalages une hauteur de 2 140 mm jusqu'à leur rencontre avec le ventre; on supprima de plus le pisé en magnésie du creuset, qui se détériorait vite par suite de l'absorption de carbone par les fontes pauvres en cet élément, et on le remplaça par des briques de chamotte Ifœ.

Electrodes. — Les électrodes d'amenée du courant sont au nombre de quatre, deux par phase du courant biphasé, obtenu par transformation du courant primaire à 10 000 volts et 25 périodes provenant de la station d'État de Trollhættan; elles pénètrent dans le four par des ouvertures percées dans la voûte. Au début, les électrodes avaient une section carrée de 660 × 660 mm et chacune d'elles se composait en réalité de quatre pièces de 330 × 330 juxtaposées. Elles furent remplacées ultérieurement, à partir de la seconde période de marche, par des électrodes à section circulaire d'une seule pièce et aux diamètres successivement pris égaux à 550 et 600 mm.; ces dernières présentaient à leurs extrémités des creux inférieurs formant écrou, ce qui leur permettait, au moyen d'une pièce appropriée également en carbone et à pas de vis extérieur, d'être vissées les unes à la suite des autres, au fur et à mesure de l'usure. On pouvait alors utiliser complètement l'électrode, tandis qu'avec les électrodes carrées, on avait des déchets importants lors des remplacements; cette transformation nécessita la modification des boîtes de refroidissement au passage de la voûte qui, de quadrangulaires, devinrent circulaires et l'installation de guides à rouleaux pour diriger les électrodes dans leur descente et dans leur accouplement. Les électrodes élémentaires ont une longueur de 1 500 à 1 800 mm; elles font avec l'horizontale un angle de 65°.

La circulation et la purification des gaz pris au gueulard pour le refroidissement de la voûte du creuset est assurée par deux tubes de prise à 180° l'un de l'autre, se réunissant en une conduite unique, par un séparateur à sec de poussières (en plus à partir de la seconde série d'essais, un séparateur cylindrique à circulation d'eau et une pompe centrifuge à injection d'eau), par une pompe centrifuge de circulation, suivie elle-même d'un second séparateur de poussières; de là les gaz se rendent dans la conduite cirtulaire alimentant les quatre conduites d'entrée à 90° les unes des autres, pénétrant dans la voûte. On avait songé un moment à refroidir les électrodes et les parties de voûte contiguës avec du gaz pris dans la même conduite circulaire au droit des électrodes; on y renonça, car les gaz attaquaient trop violemment les électrodes.

L'alimentation du fourneau en minerais et combustibles se fait de la façon suivante. Le combustible, déchargé des wagons du chemin de fer sur deux courroies transporteuses en acier, est amené dans un magasin-dépôt pouvant contenir 7 000 m³. Les minerais, à partir de stocks en plein air, sont conduits à un broyeur de façon à ne pas envoyer au fourneau de morceaux de grosseur supérieure à celle d'une noix; du broyeur, ils sont pris par un skip qui les élève au niveau du gueulard dans une série de huit petits accumulateurs pouvant tenir au total 70 tonnes. Du dépôt de charbon de bois, ce dernier arrive, au fur et à mesure des besoins, au gueulard dans des bennes montant le long d'un câble spécial.

L'eau de refroidissement nécessaire aux boîtes autour des électrodes, à un tuyau dans le joint à sable du col, aux appareils de purification des gaz injectés, au refroidissement de la tôle du creuset par arrosage, etc., est fournie par deux pompes centrifuges de 1 500 litres minute chacune (la consommation maximum ne dépassa pas d'ailleurs 480 l.), refoulant dans un réservoir supérieur de 14 m³.

Le courant primaire à 10 000 volts et 25 périodes reçu par l'usine est transformé pour le fourneau dans deux transformateurs de 1 100 kilovolts-ampères, capables d'une surcharge à 1 375 pendant une heure, donnant du biphasé à tension variable de 50 à 90 volts par gradins de 5 volts, avec un montage particulier du secondaire permettant d'arriver si nécessaire à 100-180 volts. Les transformateurs sont reliés à quatre groupes de six barres de cuivre de 8 × 220 mm, chaque barre se continuant par huit câbles de 185 mm² se rendant directement aux électrodes; le contact avec les électrodes est assuré par des pièces en acier moûlé emboîtant la partie supérieure de l'électrode, pièces qui, à partir de la seconde série d'expériences, furent munies à leur tour de boîtes de refroidissement à circulation d'eau. Le courant nécessaire aux divers appareils assurant le service du broyeur, des câbles d'arrivée des matières, de la fermeture du gueulard, des pompes et de l'éclairage est fourni par un transformateur spécial abaissant le voltage de 10 000 à 190 volts.

Ajoutons que l'installation comprend aussi une pompe centrifuge permettant d'insuffler de l'air sur les parties du fourneau qui pourraient accidentellement rougir, et tous les appareils de mesure désirables, pyromètres, manomètres, enregistreurs automatiques de teneur des gaz en acide carbonique, calorimètres, voltmètres, ampèremètres, compteurs d'électricité, etc.

Il est intéressant de signaler, pour terminer cette rapide description de l'installation de Trollhættan, que le premier coup de pioche y fut donné le 29 novembre 1909 et que le 15 novembre 1910, moins d'une année après, la mise à feu avait lieu; cette mise à feu se fit en remplissant le fond du creuset de 2 000 kgs de coke desséché, surmonté jusqu'au contact avec la base des électrodes de 10 charges à 100 kgs de coke, 10 de castine et 250 du premier lit de fusion; entre les électrodes, on plaça 100 kgs de coke, 380 de débris d'électrodes et 948 du même lit; suivirent les charges normales de 390 kgs du lit et 6 Hl 5 de charbon de bois. On donna le courant qui enflamma le coke de base et la mise en route se fit régulièrement (la charge d'allumage de base comprenait ainsi 3 027 kgs de minerai de Tuolluvara, 177 de Striberg, 354 de Stællberg, 305 de castine, 3 100 de coke, 380 de débris d'électrodes). La figure 4 donne les caractéristiques de l'allumage du 4 août 1911.

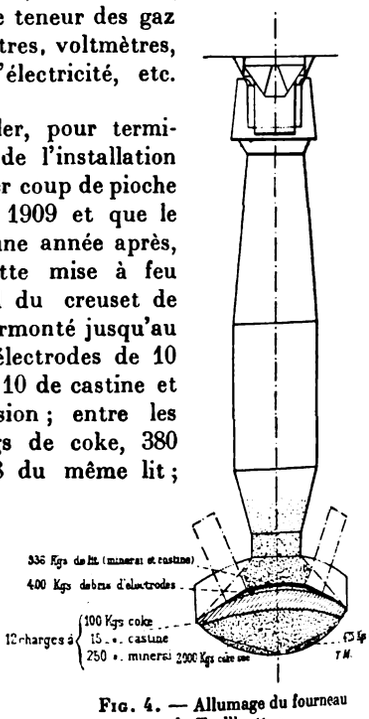


FIG. 4. — Allumage du fourneau de Trollhættan.

Marche du fourneau. — La première campagne du haut-fourneau d'expériences dura du 16 novembre 1910 au 29 mai 1911; on y traita un grand nombre de lits de fusion, d'abord avec prépondérance du minerai lapon de Tuolluvara, ensuite avec des séries de minerais divers entrant dans la composition des lits usuels des usines de Borgvik (fontes pour fours du Lancashire), de Hagfors, Fagersta, Degerfors (fontes Martin); à la suite d'une explosion qui détruisit la voûte du creuset, et qui fut attribuée aux difficultés du passage en trop grandes proportions de minerai en poussière non préalablement desséché, le fourneau fut mis hors feu après avoir produit 2 636 t 098 de fonte, soit 13 t 52 par jour de marche.

Après réparations, l'appareil fut rallumé le 4 août 1911 et la campagne dura 323 jours jusqu'au 21 juin 1912; la production

Digitized by Google

atteignit 4 709 t 67, soit 14 t 58 par 24 heures ; les fontes envisagées dans cette période furent des fontes pour fours Martin, fours du Lancashire ou fours wallons et des fontes Bessemer, correspondant aux lits de fusion des usines de Degerfors, Avesta, Nykroppa, Sandviken, Osterby, Forsbacka, Bofors.

Après réfections nécessitées par l'état de la voûte, une troisième campagne commença le 12 août 1912 et comprit d'abord le temps qui s'écoula jusqu'au 30 septembre, où Jernkontoret étudia le passage prépondérant au fourneau des minerais purs de Kirunavara (965 t 915 ou par jour 19 t 32), ensuite une période qui débuta le 1er octobre, date où l'installation de Jernkontoret passa dans les mains de la Société de Degerfors ; cette dernière Société y poursuit l'étude complète de la fusion au haut-fourneau électrique des minerais dont elle dispose ; pendant la durée des études qui seront faites jusqu'au 30 septembre 1913, le courant lui sera fourni à raison de 30 couronnes le cheval-an sur 3 000 chevaux. Au 1er octobre 1913, la Société décidera si elle poursuivra à Trollhættan la fusion électrique avec un ou deux appareils et, pour l'une ou l'autre de ces alternatives, elle a déjà traité avec l'Etat suédois la fourniture éventuelle de 3 000 ou 6 000 chevaux à un prix par cheval-an de 40 couronnes de 1913 à 1923, 45 de 1923 à 1933 et 50 ensuite ; l'augmentation du prix du cheval-an est motivée tant par l'augmentation probable des prix du charbon de bois que remplace en grande partie le courant électrique que par les améliorations escomptées dans la fabrication de la fonte électrique. Dans les trois mois d'octobre, novembre et décembre 1912, Degerfors coula 1 906 tonnes, soit 20 t 72 par jour.

Les résultats généraux de marche de ces diverses périodes sont donnés dans le tableau I :

TABLEAU I. — RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE LA MARCHE DU FOURNEAU (DU 15 NOVEMBRE 1910 AU 31 DÉCEMBRE 1912).

		JERNKONTORET	JERNKONTORET	JERNKONTORET	JERNKONTORET	SOCIÉTÉ DE DEGERFORS
		15 novem. 1910 29 mai 1911	4 août 1911 21 juin 1912	12 août 1912 30 septemb. 1912	15 nov. 1910 30 septemb. 1912	1er octobre 1912 31 décemb. 1912
Nombre de charges à 6 Hl 5 de charbon de bois		10 073	16 505	3 363	29 941	6 913
Nombre de charges à 3 Hl de coke		»	429	»	429	»
Minerai traité	Kgs	4 336 338	7 917 214	1 406 530	13 660 082	2 914 830
Castine passée	Kgs	345 405	647 479	108 150	1 101 034	169 940
TOTAL DE LA CHARGE	Kgs	4 681 743	8 564 693	1 514 680	14 761 116	3 084 774
Charbon de bois	Hl	65 474,5	107 282,5	21 859,5	194 616,5	44 934,5
Coke	Kgs	»	70 854	»	70 854	»
Energie	Kwh	6 339 131	18 845 180	1 939 073	19 123 384	3 957 565
Fonte	Kgs	2 636 098	4 809 670	965 915	8 411 683	1 905 865
Laitier	Kgs	922 019	1 556 707	185 745	2 664 471	»
Fonte en % du minerai		60,79	60,75	68,67	61,58	65,38
Fonte en % du lit		56,31	56,16	63,77	56,99	61,78
Laitier par tonne de fonte	Kgs	350	324	192	317	»
Charge moyenne du four	Kw	1 427	1 502	1 653	»	1 833
Kilowatts-heure par tonne de fonte		2 405	2 255	2 007	2 280	2 076
Fonte par kilowatts-an	T	3,64	3,88	4,36	3,84	4,22
Fonte par HP-an	T	2,68	2,86	3,20	2,82	3,10
Electrodes par tonne, brut	Kgs	10,00	6,08	3,02	»	2,78
— — net	Kgs	4,95	5,17	3,02	4,85	2,78
Charbon de bois par tonne de fonte	Hl	24,84	22,31	22,63	23,14	23,58
Temps de service réel du fourneau		4 441 h. 27	7 218 h. 23	1 173 h. 8	12 832 h. 58	2 158 h. 58
Temps d'arrêt (% du total)		236 h. 53 (5,06)	506 h. 7 (5,55)	13 h. 47 (1,16)	756 h. 47 (5,57)	49 h. 30 (2,24)
Matières traitées par Hl de charbon de bois	Kgs	71 50	78,89	69,29	75,85	68,65

Nous pouvons, de la considération des divers chiffres donnés dans le tableau I, déduire, dès à présent, deux résultats intéressants, faisant ressortir les progrès successifs réalisés dans la fabrication. Les incidents de marche, temps d'arrêt pendant lesquels le fourneau ne reçoit pas de courant, par suite ne fonctionne pas, se sont réduits successivement de 5,06 et 5,55 % dans les deux premières campagnes, à 1,16 et 2,24 % dans les deux périodes considérées de la troisième.

Amélioration encore plus notable dans la consommation des électrodes : les électrodes à section carrée accusent à la tonne de fonte 10 kg bruts dans la première campagne ; la mise en service des électrodes circulaires ramène à 5,17 dans la seconde, à 3,02 et 2,78 dans les deux périodes de la troisième et pour ces deux dernières périodes la consommation nette est identique à la consommation brute. L'utilisation des électrodes est complète ; elle n'était que de 50 % avec les premières électrodes carrées.

Signalons aussi que la charge moyenne du four, par suite d'une connaissance plus approfondie de l'appareil, a pu également s'élever successivement de 1 427 et 1 502 kw à 1 653 et 1 833, kw assurant ainsi une meilleure utilisation.

Paul NICOU,
Ingénieur au Corps des Mines.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique.

L'élévateur d'eau ordinaire se compose toujours en principe de deux seaux, qui vont puiser l'eau alternativement au fond du puits et viennent la vider automatiquement au-dessus du sol dans une cage en tôle, d'où elle s'écoule par un dégorgeoir dans le récipient destiné à la recueillir.

Le modèle représenté en coupe par la fig. 1 et construit par M. F. Chêne, a été étudié surtout pour réduire au minimum le choc des organes métalliques produisant la vidange des seaux. Ceux-ci, représentés en C, comportent à leur partie inférieure deux clapets à levier et sont animés du mouvement alternatif de montée et de descente par la poulie A mue par manivelle.

En pénétrant dans l'eau, les deux clapets s'ouvrent et laissent entrer le liquide à l'intérieur, puis ils se referment d'eux-mêmes quand le seau est plein. Pendant la montée, et avant d'arriver dans l'enveloppe où il va se vider, le seau plein s'engage dans une ouverture à rebord D de la table d'écoulement, puis rencontre au-dessus de lui une espèce de cloche R, ouverte en bas et fermée à la partie supérieure. Cette cloche, que le constructeur appelle « butoir pneumatique », renferme donc de l'air que l'eau du seau emprisonne et qui se comprime pour amortir le choc, tout en projetant au dehors une certaine quantité d'eau. Les organes métalliques n'entrent donc en contact que lorsque le tube central dont est muni le butoir vient appuyer sur les petits leviers des clapets de vidange pour les faire ouvrir, et laisser échapper toute l'eau qui reste. L'eau est recueillie sur la table d'écoulement et s'écoule librement par le dégorgeoir F. Les seaux sont suspendus aux extrémités d'une chaîne galvanisée de longueur convenable pour la profondeur du puits.

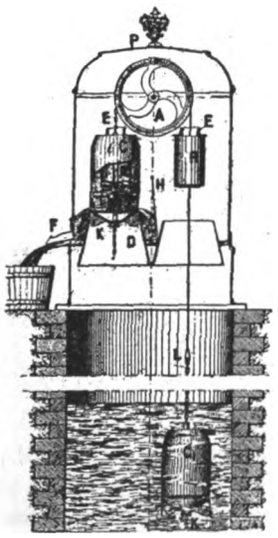


FIG. 1. — Dispositif de l'élévateur d'eau, système F. Chêne.

Ils sont fixés par une clavette K passée sous chacun d'eux dans un maillon de la chaîne. On peut donc, suivant le niveau de l'eau, modifier très facilement la profondeur à laquelle ils descendent, en les déplaçant sur la chaîne si cela est nécessaire.

Lorsque le puits est profond, il n'est pas nécessaire de mettre une chaîne complète allant de haut en bas. On peut se contenter d'employer du câble en acier galvanisé, à chaque bout duquel on adapte 2 à 5 m. de chaîne, selon la profondeur et les variations de la nappe d'eau, de façon que la chaîne plonge seule dans le liquide.

L'appareil est pourvu de coussinets à billes et muni d'un rochet denté, enclanchant automatiquement avec un cliquet qui empêche tout retour en arrière du seau plein si on lâche la manivelle par inadvertance.

H. PILLAUD.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Les progrès récents dans l'industrie du goudron de houille.

Le goudron de houille (1), qui constituait, autrefois, un sous-produit fort encombrant de l'industrie du gaz, est devenu, depuis le grand développement de l'industrie des matières colorantes artificielles, le point de départ de cette fabrication. Par distillation fractionnée, on en isole le benzène et ses homologues, le naphtalène, l'anthracène, le phénol et d'autres matières premières servant pour cette industrie. A part ces corps utilisés industriellement, le goudron de houille en contient de nombreux autres ; on peut en estimer le nombre à au moins 150, dont on trouvera la nomenclature dans des ouvrages spéciaux. Il est bien certain que tous les composés qui y sont contenus, n'ont pas encore été caractérisés et, de temps en temps, les chimistes arrivent à en isoler de nouveaux. Quand ces substances ne sont contenues qu'en faible quantité, le problème de l'utilisation industrielle ne se pose généralement pas. Mais il y a par contre des composés que l'on pourrait facilement retirer en quantités suffisantes pour une exploitation industrielle, et alors les chimistes industriels ont étudié la question de trouver un emploi pour ces matières premières. Tel est le cas pour le phénanthrène, dont la présence dans le goudron de houille est connue depuis fort longtemps, mais pour lequel on n'a toutefois pas encore pu trouver d'application industrielle. Puis il y a une série de dérivés isolés récemment en quantités plus considérables, tels que le butadiène, le cyclopentadiène, l'indène, le fluorène, l'acénaphtène, l'indol, le carbazol, etc., pour lesquels on a trouvé quelques débouchés ou dont on étudie actuellement l'utilisation.

Un problème d'actualité est donc de chercher à utiliser de ces matières premières accessibles en quantités suffisantes pour un emploi industriel. Le problème demande dans certains cas un travail préalable qui consiste à séparer, par des opérations appropriées, le composé intéressant d'un mélange souvent fort complexe.

D'un autre côté, il pourrait, pour certaines synthèses industrielles, être fort intéressant de posséder en grandes quantités un produit qui ne se trouve dans le goudron qu'en quantités fort minimes. Le problème qui se pose alors pour le chimiste industriel est celui de savoir s'il n'y aurait pas moyen d'augmenter les rendements d'un composé lors de la distillation du goudron ou de diriger la carbonisation de la houille de façon à en augmenter la production. Dans l'industrie des huiles minérales, le cracking permet d'augmenter par exemple le rendement en pétrole lampant, et l'on pourrait envisager une solution analogue pour le goudron de houille. Toutefois ici le problème est plus complexe et jusqu'à présent aucune application industrielle n'a été faite dans cette direction.

Il peut toutefois être intéressant d'étudier cette question pour voir comment elle se présente actuellement. Pour cela voyons d'abord la matière première, la houille. Celle-ci est un composé fort complexe de carbone, d'hydrogène, d'oxygène avec des proportions moindres d'azote et de soufre. L'opinion généralement ad-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 7 (1er avril 1912), p. 241; aussi : DUISBERG, *Chemiker Zeitung*, 1912. 1070; RASCHIG, *ibid.* 1069; PICTET et RAMSEYER, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* 46. 2486 (1911); Richard MEYER, *ibid.* 45. 1609 (1910); A. WAHL, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 154 (1er semestre 1912), p. 1094.

Digitized by Google

mise mais discutable attribue à la houille une origine végétale ; elle semble être toutefois un composé aromatique ou hydroaromatique compliqué et déjà sa couleur noire indique une grandeur moléculaire très considérable.

Bedson, puis M. Wahl et d'autres auteurs ont pu en extraire avec des solvants organiques des parties solubles, dont l'étude récente par MM. Pictet et Ramseyer a démontré avec certitude qu'elles contenaient des composés aromatiques. Ces derniers auteurs ont surtout étudié une houille grasse provenant de Montrambert (Loiret) et qui, extrait au benzol, a fourni une quantité minime, il est vrai, d'un carbure C^{13} H^{16} qui fut caractérisé comme un hexahydrofluorène. Le même composé peut être isolé en distillant la houille sous pression diminuée. On peut donc affirmer la préexistence de composés aromatiques ou hydroaromatiques dans la houille. Ceux-ci ne se forment donc pas exclusivement lors de la décomposition pyrogénée ou par la synthèse à température élevée. Nous n'insistons pas spécialement sur ce dernier mode de formation, suffisamment connu par les expériences classiques de Berthelot et d'autres auteurs. Il est certain que, lors de la décomposition pyrogénée de la houille en vase clos, il se forme de l'acétylène qui, par condensation, peut donner lieu à la formation de composés aromatiques plus complexes : benzène, naphtalène, etc., dont la proportion formée dépendra beaucoup des conditions de la réaction et notamment de la température. On comprendra donc facilement que la qualité du goudron formé ainsi que sa composition dépendront beaucoup des conditions de la carbonisation ; c'est ce qui explique les différences observées entre les goudrons obtenus dans les cornues à gaz ordinaire, les cornues verticales ou dans les fours à chambre et dans les fours à coke. Nous avons donc ici un moyen de modifier la composition du goudron ; toutefois, comme le goudron n'est qu'un sous-produit dans l'industrie du gaz ou de la cokerie, la conduite de la distillation sera forcément subordonnée à l'opération principale, et il est évident que la composition du goudron ne pourra varier que dans des limites relativement étroites.

Si nous faisons par contre de l'obtention du goudron notre objet principal, on peut alors envisager le problème à un autre point de vue et employer le chemin suivant. Nous préparerons du carbure de calcium en partant de la houille et avec l'acétylène, obtenu par décomposition de ce produit par l'eau, nous pourrons nous mettre dans des conditions analogues à celles réalisées lors de la distillation de la houille. La condensation de l'acétylène par voie pyrogénée a été reprise, à ce point de vue, en détail par M. Richard Meyer. Il a étudié la condensation d'un mélange de 50 % d'acétylène et 50 % d'hydrogène à 650° C et à 800° C. D'après ses observations, il se forme toujours, en dehors de la condensation en produits plus complexes, du méthane avec dépôt de carbone : $3C^2H^2 = CH^4 + 3\,C$ et aussi : $C^2H^2 = 2\,C + H^2$. L'auteur a pu obtenir dans différentes expériences jusqu'à 60 % du poids de l'acétylène employé comme goudron, dont 1/5 était constitué par du benzol. La proportion est donc près de vingt fois plus considérable que celle obtenue lors de la carbonisation industrielle de la houille. En outre, il a pu isoler du toluène, du naphtalène, de l'anthracène, du diphényle, du fluorène, du pyrène, du chrysène et de l'indène. Il semble à peu près certain que l'on pourrait modifier les conditions d'exécution de façon à faire prédominer dans le produit final l'un ou l'autre de ces composés. Pour les produits qui viennent d'être cités, cette réaction n'offre actuellement aucun intérêt spécial, car ou bien ces carbures sont accessibles en quantités suffisantes par l'industrie du goudron de houille ou l'industrie des fours à coke, ou bien ils n'ont pas actuellement d'emploi industriel.

On peut cependant envisager l'emploi de ces réactions pyrogénées pour la production de composés oxygénés ou azotés. Car il est fort probable que les composés azotés formés lors de la distillation de la houille : gaz ammoniac, acide cyanhydrique, cyanogène, etc., interviennent lors de la synthèse des bases organiques (aniline, quinoléine, acridine, carbazol, etc.) et que les composés oxygénés, notamment les phénols, ne sont pas nécessairement des produits primaires. On a aussi réussi, récemment, à synthétiser du thiophène, qui est un composé contenant du soufre, par action de l'acétylène sur de la pyrite. Enfin, il est intéressant de savoir que, même si l'industrie de la carbonisation de la houille devait disparaître — ce qui paraît fort improbable pour le moment — la grande industrie chimique organique serait malgré cela à même de se procurer les matières premières indispensables soit en partant des combustibles fossiles ou naturels, soit en utilisant le carbone des carbonates.

Parmi les composés du goudron de houille ayant acquis récemment une importance plus considérable, nous signalerons d'abord le carbazol, qui accompagne l'anthracène et qui n'avait guère trouvé d'emplois industriels jusqu'à présent. La synthèse récente des bleus hydron par MM. Cassella et C^ie^, à Francfort-sur-Mein, vient d'en faire une matière première fort intéressante. Le carbazol est condensé en solution sulfurique avec du nitrosophénol ; il donne alors un indophénol qui, fondu avec du sulfure de sodium et du soufre, génère un colorant bleu. C'est un colorant à composition inconnue, mais qui, quoique contenant du soufre, se teint comme les couleurs à cuve après réduction alcaline par l'hydrosulfite de soude. La solidité des teintes obtenues est fort remarquable ; elle est supérieure à celle de l'indigo et le produit peut concurrencer jusqu'à un certain point le colorant bleu le plus solide actuellement connu, l'indanthrène. Son emploi est surtout indiqué pour la teinture des filées.

La présence de l'acénaphtène a été démontrée dans le goudron, dès 1867, par Berthelot, mais il n'y a que peu de temps que ce carbure a acquis une certaine importance pour la préparation des couleurs à cuve. Pour l'isoler, on fractionne les parties liquides provenant de la fabrication de l'anthracène ; on recueille la fraction bouillant de 265° à 285° C, puis on la fait cristalliser. L'acénaphtène cristallise, il est séparé des huiles par turbinage, puis purifié par distillation ou cristallisation (point de fusion 95° ; point d'ébullition 279° 5 C).

Pour la production des couleurs à cuve, il est d'abord oxydé en acénaphtène-quinone, qui est condensée avec l'oxythionaphtène. Le colorant rouge ainsi obtenu se trouve dans le commerce sous le nom d'Ecarlate Ciba.

La Gesellschaft für Teerverwertung, à Duisburg-Meiderich, isole aussi tout récemment du goudron de houille l'indène et le fluorène (1). A cet effet, elle utilise la propriété de ces carbures de donner des composés sodés avec le sodium métallique. Le dérivé sodé de l'indène s'isole des huiles légères, point d'ébullition de 175° à 185° C ; le dérivé sodé du fluorène avec des huiles lourdes passant de 270° à 300° C. Les composés sodés sont ensuite décomposés par l'eau et les carbures purifiés par distillation dans le vide. Il ne semble pas que ces produits aient trouvé jusqu'à présent un emploi considérable.

La présence de l'indol dans le goudron de houille est connue depuis fort longtemps. La firme déjà nommée l'isole des huiles passant de 220° à 260° après avoir enlevé les phénols et les bases par des traitements aux alcalis et aux acides. On fait agir ensuite le sodium métallique, de l'amidure de sodium ou de la potasse caustique et l'on obtient le composé sodique ou potassique de l'indol qui est facilement décomposable. Ce produit sert dans la parfumerie ; on peut aussi envisager son emploi pour la fabrication de l'indigo synthétique. L'oxydation directe de l'indol par l'ozone, effectuée par Nencki, dès 1875, ne donne que de mauvais rendements. Il vaut mieux faire agir de l'acide carbonique sec sur l'indol sodé ; il se forme alors le sel de soude de l'acide β-indolcarbonique qui, en solution alcaline en présence d'acétone, peut être oxydé d'une façon suffisamment nette en indigo par de l'air ozonisé. Si l'indol

(1) Brevets allemands n^os^ 205 456 ; 209 694 ; 203 312 ; 209 432.

Digitized by Google

peut être isolé en quantités suffisantes du goudron de houille, il ne semble pas impossible que ce procédé puisse concourir avec les procédés synthétiques actuels pour la fabrication de l'indigo (1).

Nous signalerons enfin, pour terminer, l'emploi de l'avant-coulant des benzols pour la fabrication du caoutchouc synthétique (brevet allemand n° 248 171). Cet avant-coulant contient du butadiène, du cyclopentadiène et d'autres carbures non saturés qu'on est obligé d'enlever par des lavages à l'acide sulfurique concentré, car ces composés se résinifient, ce qu'il faut empêcher pour les benzols industriels destinés aux moteurs à explosion (2). S'il s'agit de les isoler on fractionne ces avant-coulants et on condense à basse température les parties les plus volatiles qui contiennent du butadiène. Puis on y met du sodium métallique. Celui-ci précipite les carbures acétyléniques également présents, puis le tout se prend en une masse plastique par suite de la polymérisation des diènes en polyprènes. On dilue ensuite par du benzol et, de la solution obtenue, on précipite le caoutchouc formé par l'alcool.

E. G.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Appareil pour l'essai, après leur pose, des câbles à haute tension.

L'appareil pour essais de câbles à haute tension, imaginé par M. André Léauté et construit par la Société Industrielle des Téléphones (3), est jusqu'ici le seul qui permette l'essai des câbles avec des courants alternatifs. C'est un avantage important que de pouvoir employer, pendant l'essai, une forme de courant identique à celle qui sera utilisée pendant l'exploitation; en effet, les essais en courant continu ne donnent pas de résultats dont on puisse déduire avec certitude la tension que l'isolant sera capable de supporter en service, car le rapport des différences de potentiel produisant un percement du diélectrique, en continu et en alternatif, est variable suivant le diamètre du câble, la matière isolante dont il est imprégné et la fréquence. On peut donc dire qu'essayer en continu un câble monophasé ou polyphasé, c'est procéder comme un mécanicien qui n'essayerait qu'à la compression une poutre destinée à travailler à la flexion.

La méthode de M. André Léauté consiste à utiliser les phénomènes de résonance pour porter deux conducteurs d'un câble (ou un conducteur et l'armature) à une différence de potentiel dont la valeur efficace soit un multiple convenu de la tension normale; grâce à la résonance, les grands transformateurs, qui étaient employés jusque là et que leurs dimensions rendaient impossible à transporter, ne sont plus indispensables. Une simple bobine de self-induction suffit et ses dimensions peuvent même être réduites.

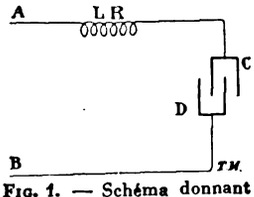


FIG. 1. — Schéma donnant le principe de la méthode A. Léauté.

L'explication de ce fait et la théorie du procédé sont les suivantes :

Soit U, la différence de potentiel entre deux points A et B du réseau (fig. 1), différence de potentiel indépendante de l'intensité du courant débité, courant ayant une fréquence $\frac{\omega}{2\pi}$.

On assimile le câble à un condensateur dont les armatures sont figurées en C et en D, armatures reliées aux points A et B par un circuit présentant une self-induction L et une résistance R. La différence de potentiel U′ entre les deux points C et D est donnée par l'expression :

$$U' = U \frac{1}{C\omega} \frac{1}{\sqrt{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2 + R^2}}$$

Cette différence de potentiel U′ devient maximum quand $LC\omega^2 = 1$; on dit alors qu'il y a résonance et la valeur correspondante de U′ est alors :

$$U' \frac{L\omega}{R}.$$

Par conséquent, pour réaliser aux bornes du condensateur une différence de potentiel double de celle existant entre A et B, il suffit de prendre le facteur $\frac{L\omega}{R}$, appelé *facteur de résonance*, égal à 2.

Ce calcul n'est qu'approximatif, car il suppose L et R indépendants de l'intensité du courant débité, mais il permet de se faire, à peu de chose près, une idée des dimensions de la bobine de self-induction à employer pour obtenir une différence de potentiel double.

En effet, si n est le nombre de spires de cette bobine ; Φ le flux dans son noyau quand elle est parcourue par un courant d'intensité I, on a, pour valeur du coefficient de self-induction :

$$L = \frac{n\Phi}{I}.$$

Or, comme, d'autre part, on a :

$$L = \frac{1}{C\omega^2},$$

on en déduit :

$$n = \frac{I}{\Phi} \frac{1}{C\omega^2}.$$

En considérant un transformateur dont le noyau présente un flux Φ, la différence de potentiel entre ses bornes du secondaire sera la différence géométrique de la force électromotrice induite et de la chute des tensions ohmiques ; donc :

$$U_2 = n^2\omega^2\Phi^2 - R^2 I^2$$

et, par suite :

$$U < n\omega\Phi$$

Comme, d'autre part, le courant de charge I dépend de la relation:

$$U = \frac{1}{C\omega} I$$

on en déduit :

$$n > \frac{I}{\Phi} \frac{1}{C\omega^2}.$$

On voit donc que le nombre de spires du transformateur doit être plus grand, à égalité de flux, que le nombre de spires de la bobine de self-induction. Cette conclusion est vraie *a fortiori* si le flux Φ est plus faible dans le transformateur que dans la bobine, ce qui est généralement le cas, car les transformateurs ne fonctionnent jamais à pleine saturation magnétique. De plus, en tenant compte du primaire du transformateur, on comprend qu'une bobine de self-induction soit moins encombrante qu'un transformateur.

L'appareil de M. André Léauté permet d'obtenir le double de la tension normale tout en étant moins encombrant qu'un transformateur.

Il est constitué par deux bobines (fig. 2), dont le noyau magnétique fermé comporte quatre pièces, dont deux sont verticales et cylindriques et les deux autres horizontales et parallélipipédiques.

Les deux noyaux verticaux ont 9 cm de diamètre et 55,7 cm de hauteur ; ils sont formés de fils de fer émaillés et pèsent chacun 40 kg. Les deux noyaux horizontaux ont une section de 10 × 10 cm et une longueur de 81 cm ; ils pèsent 55 kg et sont formés de tôles

(1) Brevets allemands n^{os} 223 304; 230 452.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 7 (1er avril 1912), p. 241.

(3) Appareil ayant figuré à la dernière Exposition de la Société française de physique.

Digitized by Google

isolées les unes des autres. Ces quatre pièces sont démontables et peuvent être transportées séparément sans difficulté.

Chaque noyau vertical reçoit dix galettes en ébonite ayant un diamètre extérieur de 60 cm et comportant chacune un enroulement de 500 spires ; il n'y a qu'une spire par couche, et chaque spire est séparée de celles qui lui sont contiguës par des languettes de mica collées à la gomme laque. L'enroulement est formé par des feuilles de clinquant de cuivre de 4 mm de largeur et de 1 mm d'épaisseur. La forme donnée à ce conducteur rend plus facile la construction des galettes, rend ces dernières moins encombrantes, tout en offrant une surface de refroidissement considérable permettant d'utiliser une densité de courant élevée.

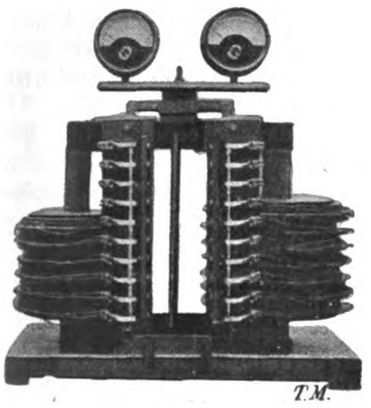


Fig. 2. — Vue d'une bobine de self pour essai des câbles.

La bobine de self-induction est munie d'un appareil de réglage qui sert à faire varier la valeur de la self-induction et permet de déterminer les points de résonance sans qu'il soit nécessaire de manœuvrer un interrupteur. L'appareil porte les instruments de mesure nécessaires. Pour effectuer un essai, il suffit d'amener à quatre bornes, d'une part, les deux conducteurs le reliant à la canalisation et, d'autre part, les deux conducteurs allant au câble à essayer.

Depuis la construction du premier modèle de cet appareil, divers perfectionnements intéressants ont été réalisés afin de le rendre plus facilement transportable, tout en améliorant sa construction.

En particulier, les galettes qui forment les éléments de la self-induction ont été munies de boîtes, dans lesquelles elles prennent place, deux par deux, pour le transport ; les noyaux de fer ont reçu des gaînes spéciales qui rendent leur déplacement extrêmement aisé. D'autre part, le montage se fait sans incertitude et avec une grande rapidité, grâce à la rotation et au numérotage, des galettes ; chacune d'elles occupant toujours la même place, on a pu calculer à l'avance et réduire au minimum la longueur des fils de connexion. Enfin, des commutateurs à huile, d'un type nouveau, ont été adjoints à l'ensemble et permettent, par la manœuvre d'un rochet, la mise sous tension progressive ; on a ainsi la certitude qu'au moment de la fermeture de l'interrupteur, on applique seulement sur le câble la tension du réseau et que c'est progressivement qu'on la fait monter au double de la valeur normale.

Sous cette forme nouvelle et industrielle, l'appareil a servi à effectuer de nombreux essais dont voici quelques exemples :

	LONGUEURS en mètres	TYPE	TENSION d'exploitation en volts	TENSION d'essai en volts
Petites longueurs	250	3×60	9 000	17 800
	500	3×60	9 000	18 200
	750	3×60	9 000	18 000
	940	3×60	9 000	28 000 (essai au triple)
Moyennes longueurs	1 000	4×100	11 500	24 000
	1 289	4×25	11 000	22 400
	1 500	4×25	11 800	23 000
	2 800	4×25	12 300	25 000
Grandes longueurs	8 145	3×25	7 500	20 000
	12 415	3×25	7 500	20 000

L'appareil peut fonctionner en transformateur avec tel rapport que l'on veut entre le nombre de spires primaires et le nombre de spires secondaires ; on peut donc s'en servir en usine pour essayer les isolements des appareils ou les enroulements des machines.

L'essai des câbles peut être non seulement fait après la pose, mais encore répété à intervalles réguliers ; on ne saurait trop encourager les exploitants à s'engager dans cette voie, où ils trouveront une augmentation notable de la sécurité et de la régularité d'exploitation. Quant aux craintes que le mot de résonance pourrait faire naître dans certains esprits, elles ne sont pas justifiées, car c'est le fondamental qui résonne, de sorte qu'on est certain qu'aucun harmonique ne peut faire de même ; on peut donc dire, sans paradoxe, qu'au point de vue des surtensions, on n'est jamais aussi sûrement à l'abri que pendant le fonctionnement de l'appareil. Ajoutons que si le câble présente un défaut et que si l'isolant vient à être percé, la résonance cesse par suite du changement de capacité ; la différence de potentiel tombe alors aussitôt, ce qui rend impossible une répercussion sur le réseau. Toutes les considérations qui précèdent mettent clairement en lumière la supériorité de l'appareil au point de vue de la sécurité.

En résumé, cette nouvelle méthode d'essai des câbles après leur pose, indépendamment de l'avantage notable qu'elle présente de procéder à l'essai avec une tension alternative, en présente d'autres qui sont les suivantes :

1° *Facilité de l'essai des conducteurs par rapport au plomb de l'armature.* — Avec un transformateur, on ne peut faire l'essai qu'en mettant à la terre une des extrémités du secondaire. Par suite de phénomènes de capacité, l'extrémité correspondante du primaire a une grande tendance à se mettre elle-même à la terre, ce qui est un grave inconvénient, puisque cette extrémité est reliée à une des phases du réseau. Avec la bobine de self-induction, on peut éviter complètement cette difficulté par une judicieuse répartition du nombre de galettes sur chacun des conducteurs d'aller et de retour.

2° *Protection du réseau contre toute surtension ou surintensité en cas de claquage du câble.* — La grande self-induction de la bobine empêche, en effet, toute propagation des oscillations de grande fréquence.

3° *Réduction automatique de l'intensité du courant et baisse de la tension en cas de claquage du câble.* — La tension redevient voisine de la tension du réseau parce que le claquage, en supprimant une partie de la capacité, détruit la résonance primitivement réalisée. D'un autre côté, l'intensité du courant, tout en restant suffisante pour percer le défaut, ne peut prendre une valeur assez grande pour détériorer les parties du câble qui sont en bon état.

J. A. M.

HYDRAULIQUE

Mesure du débit d'une turbine hydraulique par la méthode chimique.

Nous avons décrit antérieurement (1) la méthode dite « chimique » pour la détermination du débit d'une turbine hydraulique (2). Ce procédé de mesure, préconisé en Suisse par M. Boucher, ingénieur à Lausanne, a été employé récemment à l'usine de l'Ackersand, près de Viège (3). La même méthode a été appliquée le 9 mars dernier à l'usine de Ventavon (Hautes-Alpes), appartenant à la Société L'Energie électrique du Littoral Méditerranéen. Nous croyons intéressant de donner quelques

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 6 (juin 1911), p. 369.

(2) Voir à ce sujet la brochure de M. E.-F. Cote : *La mesure du débit dans les essais de turbines hydrauliques*, page 55.

(3) Voir la brochure de M. Collet : *Jaugeages par titrations effectués à l'usine de l'Ackersand* (Berne).

Digitized by Google

détails sur ces essais qui paraissent confirmer pleinement les avantages que l'on espérait de cette méthode.

L'usine de Ventavon, située sur la Haute-Durance, renfermait jusqu'à cette année 4 unités de 6 300 CV, sous 50 mètres de chute. Au début de 1913, une cinquième unité de même puissance fut installée. La turbine, construite par MM. Neyret, Beylier, Ducrest et C^ie^, de Grenoble, est de même type et de même puissance que les quatre autres déjà en service depuis 1909 (fig. 1). C'est sur cette machine qu'ont porté les essais effectués le 9 mars 1913.

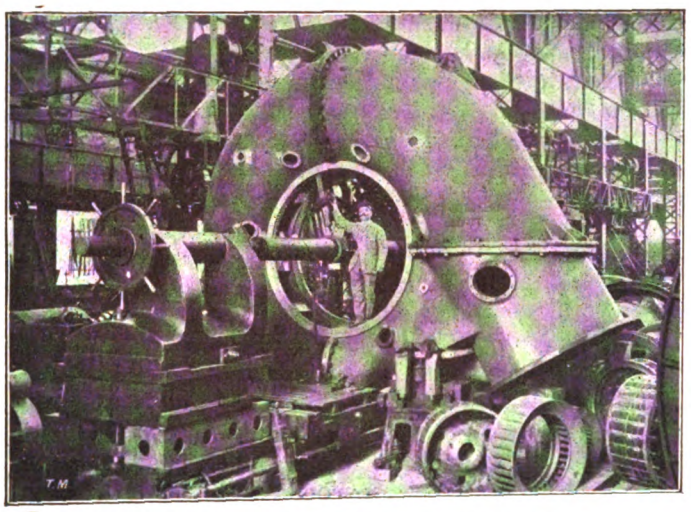


Fig. 1. — Vue de la bâche de la turbine pendant son usinage.

Nous n'insistons pas sur la mesure de la puissance électrique et de la hauteur de chute qui n'ont pas présenté de particularités nouvelles et nous nous bornerons à quelques indications sur les mesures de débit.

Avant d'entrer dans des détails d'application, rappelons que la méthode chimique consiste à injecter dans la conduite forcée alimentant la turbine, un débit constant d'une solution très concentrée d'un sel, du sel de cuisine par exemple. On prélève ensuite, après passage dans la turbine, des échantillons d'eau dans le canal de fuite. L'analyse chimique permet de connaître, d'une part, le titre de la solution introduite dans la conduite ; d'autre part le titre de celle recueillie dans le canal de fuite. Si l'on injecte à l'amont n litres par seconde d'une solution contenant p grammes de sel par litre et que l'on recueille à l'aval une solution contenant p' grammes par litre, on en déduira que le débit de la turbine est de $n \frac{p}{p'}$ par seconde, à supposer que l'eau de la rivière alimentant la turbine ne contienne pas de sel. Si elle en contient p'' grammes par litre ce dont on s'assure par une analyse préalable, le débit sera de $n \frac{p}{p' - p''}$ litres par seconde.

Une question de principe se posait au sujet de l'emploi de cette méthode, extrêmement pratique par ailleurs : le mélange de la solution saline et de l'eau de la conduite se fait-il dans la turbine d'une façon assez complète pour que le liquide soit parfaitement homogène ? L'expérience faite à l'usine de Ventavon, confirmant celles faites récemment à l'usine de l'Ackersand en Suisse, ont montré qu'il en était bien ainsi, et que dès lors la méthode était parfaitement applicable, voire même susceptible d'une grande précision.

L'application pratique de la méthode est fort simple. Elle comprend en somme trois opérations : l'injection à débit constant de la solution titrée dans la conduite forcée, le prélèvement des échantillons dans le canal de fuite, l'analyse des divers échantillons prélevés soit à l'amont, soit à l'aval.

La constance du débit de la solution injectée à l'amont s'obtient très facilement en employant deux réservoirs superposés débitant l'un dans l'autre. Le débit du réservoir supérieur peut être réglé par un robinet de façon que le niveau de l'eau dans le réservoir inférieur soit sensiblement constant. De cette façon, le débit de ce réservoir est lui-même constant. Dans les essais de Ventavon, on disposait d'un réservoir supérieur contenant environ 2 m³ d'une solution renfermant 500 kil. de sel. Le débit injecté était de l'ordre de 1 litre par seconde pour l'essai à pleine charge et 1/2 litre par seconde pour l'essai à demi-charge, les débits à mesurer étant respectivement de l'ordre de 12 500 à 6 500 litres par seconde.

Le prélèvement des échantillons dans le canal de fuite doit être fait avec beaucoup de soins, de façon à éviter tout apport de matières étrangères susceptibles de fausser les mesures. L'opérateur préposé au prélèvement des échantillons qui, dans le cas considéré, se faisait toutes les 2 ou 3 minutes, doit, un peu avant le prélèvement, laver le flacon et son bouchon avec l'eau du canal de fuite. Après emplissage du flacon, celui-ci doit être bouché hermétiquement et soigneusement étiqueté.

L'analyse se fait d'une manière fort simple avec la liqueur d'azotate d'argent. Elle est susceptible d'une extrême précision.

Les essais de Ventavon ont comporté deux mesures de débit, l'une à pleine charge de la turbine, l'autre au voisinage de la demi-charge. Voici, à titre d'indication, les résultats de l'analyse des échantillons prélevés dans le canal de fuite lors de l'essai à pleine charge :

Heures de prélèvement de l'échantillon	Volume de la solution d'argent produisant le changement de couleur de la solution
12 h. 58'	17, 8 cm³
1 h. 00'	32, 4 —
1 h. 03'	38, 2 —
1 h. 05'	38, 0 —
1 h. 09'	37, 9 —
1 h. 10' 30"	37, 8 —
1 h. 12'	37, 7 —
1 h. 14'	37, 9 —
1 h. 15' 30"	37, 6 —
1 h. 17'	37, 9 —
1 h. 20' 30"	17, 6 —

Comme on le voit, à partir de 1 h. et jusqu'à 1 h. 17, la composition de l'eau dans le canal de fuite a extrêmement peu varié, ce qui indique que le mélange de l'eau et la solution se fait bien d'une manière régulière et parfaite dans la turbine.

L'essai à demi-charge donne des résultats analogues confirmant cette remarque.

La méthode ainsi employée paraît être d'une très grande précision et l'on peut estimer que les débits, qui ont été trouvés, sont exacts à moins de 1 % près. La mesure de la hauteur de chute et de la puissance électrique débitée comportait à peu près le même degré d'exactitude.

Dans ces conditions, les rendements trouvés ont été de 80,8 % à pleine charge, 83,9 % à demi-charge. La turbine étant construite pour donner son rendement maximum à 3/4 de charge, aurait donc, pour cette puissance, un rendement de 85 % environ.

Nous pensons que la méthode chimique pour les mesures des débits entrera rapidement dans la pratique, en raison des avantages qu'elle présente dans bien des cas, surtout lorsqu'il s'agit, comme c'était le cas à l'usine de Ventavon, de débits très importants pour lesquels il est pratiquement impossible d'employer le déversoir.

L. G. L.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Raccords filetés pour jonctions de tuyaux.

Les différents raccords dont nous avons donné précédemment ici la description (1), sont en bronze, en laiton, en fonte ordinaire ou en fonte malléable, c'est-à-dire en métal fondu. En voici un

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 7 (1er avril 1913), p. 271.

Digitized by Google

autre d'un genre tout différent (fig. 1 et 2) : il est en acier étiré et embouti à froid ; il présente, par suite, des avantages sous le rapport de l'homogénéité du métal et de l'uniformité des pièces, avantages qui ne se rencontrent pas toujours sur les pièces fondues.

Ce nouveau raccord vient d'être lancé sur le marché par la puissante manufacture Mark, de Chicago, dont les ateliers sont à Evanston (Illinois) et à Zanesville (Ohio). Chacune des parties de ce raccord est prise dans un disque plat en acier, que l'on emboutit d'abord à la presse pour le transformer en une capsule, dont la profondeur et le diamètre varient suivant qu'il s'agit de la partie mâle, de la partie femelle ou de l'écrou du raccord. Le fond de la capsule est ensuite enlevé par poinçonnage, et la bague qui reste ainsi est alors refoulée, à l'une de de ses extrémités, de manière à former un fort bourrelet. On passe ensuite la pièce dans une matrice et entre des galets presseurs, pour donner au bourrelet sa forme définitive. Cette forme est différente, bien entendu, pour la partie mâle et pour la partie femelle.

Fig. 1. *Vue extérieure*

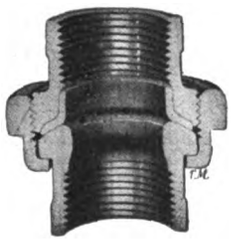


Fig. 2. *Coupe transversale.*

Fig. 1 et 2. — Raccord système Mark en acier étiré et embouti à froid.

Au cours de cette opération de pressage, l'extrémité du raccord opposée au bourrelet est façonnée de manière qu'il y soit ménagé des saillies devant servir au vissage du raccord sur son tuyau.

Entre le raccord mâle et le raccord femelle, on interpose un joint en laiton qui est fabriqué tout comme les raccords eux-mêmes. On prend un disque de laiton doux ; on le poinçonne au centre pour enlever une débouchure ; on l'emboutit ensuite pour lui donner le profil montré par la figure 2 ; enfin, on le recuit pour lui rendre sa souplesse altérée par le travail qu'il vient de subir.

La presse à découper et la presse à emboutir qui sont employées pour cette fabrication sont de robustes machines commandées électriquement ; la figure 3 ci-contre empruntée à la revue *Machinery*, de New-York, donnera une idée de la puissance de ces machines.

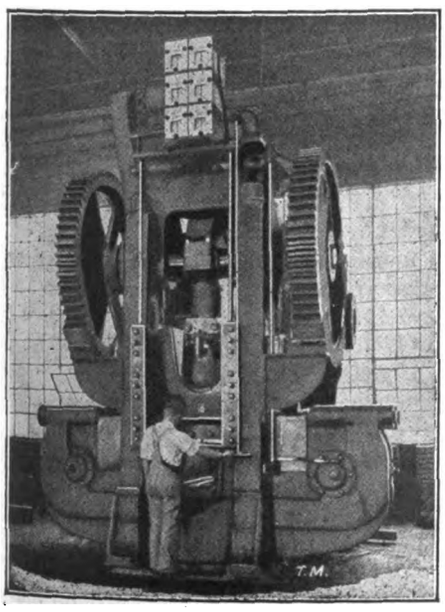


Fig. 3. — Presse à emboutir, à commande électrique, pour la fabrication des raccords système Mark.

Les raccords sortant de la presse à emboutir sont passés à la taraudeuse, qui y creuse les filets du type usité pour les jonctions de tuyaux. Après cette opération, toutes les pièces sont zinguées par shérardisation, afin d'être garanties contre les oxydations et les corrosions.

Toutes les pièces ainsi fabriquées sont lisses, unies, d'un bel aspect ; leur métal est dense, homogène ; elles sont rigoureusement semblables entre elles, et interchangeables, bien entendu. Elles n'exigent aucun parachèvement au tour ni à la meule.

Ce système de fabrication produit des raccords dont la matière est saine, exempte de soufflures, piqûres, trous d'épingles à noyaux, nids de sable, etc., comme en ont trop souvent les pièces fondues. Ces raccords sont moins cassants que les autres ; enfin et surtout ils sont en acier, tout comme les tuyaux qu'ils sont destinés à réunir ; ils ont donc le même coefficient de dilatation, ce qui est de nature à prévenir les desserrages et les fuites.

P. B. d'A.

MINES

Résultats obtenus avec le procédé de fonçage par trousse coupante.

Dans ces dix dernières années, le procédé de la trousse coupante a été appliqué beaucoup plus rarement que les autres méthodes, congélation, cimentation. Il est vrai que, dans certains cas, il a exigé, pour arriver à une étanchéité suffisante, des dépenses considérables et un temps très long. Mais cependant, tant que la profondeur est faible, il peut permettre de réaliser des économies importantes dans la traversée des terrains aquifères et ébouleux. On ne peut pas espérer descendre une tour en maçonnerie à plus de 25 m de la surface, mais avec une tour de cuvelage, la profondeur a moins d'importance.

En 1910 et 1911, de nombreux puits ont été foncés dans le district de Haute-Alsace, les uns par congélation, les autres par trousse coupante. Les conditions de fonçage étant absolument identiques, il est intéressant de comparer les résultats obtenus d'après l'étude de M. C. Beil, ingénieur des mines à Cassel (1).

Conditions de fonçage. — A partir de la surface, on a à traverser une couche de graviers de 30 m d'épaisseur, dont la partie supérieure (15 mètres environ) est très aquifère et dont les assises inférieures sont argileuses et à grain plus fin. Au-dessous de cette couche de graviers se trouvent les assises tertiaires qui sont plus ou moins tendres ; les bancs de quartzite font défaut. Les conditions sont donc très favorables au procédé de la trousse coupante.

Tous les puits devant être livrés absolument étanches, furent munis d'un cuvelage, même dans les parties muraillées, ne donnant lieu qu'à de légers suintements.

Le niveau fut rencontré à des distances variant de 1 m à $2^m,50$ au-dessous de la surface du sol. Les puits avaient tous $4^m,50$ de diamètre utile, munis d'un revêtement en maçonnerie dont l'épaisseur variait de $0^m,75$ à 1 m, avec un cuvelage de 35 à 50 mm d'épaisseur. Le sabot était en acier fondu, fer fondu ou mixte (tôle et béton). Pour faciliter la descente de la tour, la surface externe de celle-ci, en contact avec les terrains, était munie d'un enduit de ciment ou d'un coffrage en planches.

Chances de succès. — Par ce procédé on fonça :

1° Sept puits par descente de tour en maçonnerie : cinq réussirent, dont quatre à niveau vide et un à niveau plein ;

2° Trois puits par descente de cuvelage : succès dans les trois cas.

Dans les deux cas où la tour de maçonnerie ne put être descendue à la profondeur voulue, on passa au procédé de la tour de cuvelage et le résultat fut atteint.

Avancements réalisés. — Dans la colonne IV du tableau I (p. 136) sont compris les temps nécessaires à la préparation de la surface et à la construction des divers bâtiments provisoires. Quand on fonce deux puits jumeaux par congélation, ces travaux préliminaires ont une durée beaucoup plus grande : les deux

(1) *Glückauf*, 1er mars 1913, *Notes techniques du Comité central des Houillères de France*, 1er mai 1913.

Digitized by Google

TABLEAU I. — COMPARAISON DES PROCÉDÉS DE FONÇAGE PAR CONGÉLATION ET PAR TROUSSE COUPANTE

NUMÉROS DES PUITS	PROCÉDÉ DE FONÇAGE EMPLOYÉ (Congélation ou trousse coupante)	PROFONDEUR atteinte par l'application des procédés	DURÉE DES TRAVAUX PRÉLIMINAIRES (en jours)	DURÉE DU FONÇAGE, EN JOURS					DURÉE TOTALE	OBSERVATIONS
				EXÉCUTION DES SONDAGES	TEMPS DE CONGÉLATION	FONÇAGE	MISE EN PLACE DU CUVELAGE	TOTAL		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		m.								
1	Congélation	75	102	133	68	35	»	236	338	
2	Trousse coupante, tour maçonnerie	39	80	»	»	131	»	131	211	
3	— — — —	31	65	»	»	75	34	109	174	Ces chiffres comprennent 5 jours de grève.
4	Trousse coupante, tour cuvelage	38	64	»	»	54	»	54	118	
5	Trousse coupante, tour maçonnerie, puis tour cuvelage	33	101	»	»	110	»	110	211	Ces chiffres comprennent les travaux occasionnés par le changement de méthode.
6	Trousse coupante, tour maçonnerie, puis tour cuvelage	34	63	»	»	116	»	116	179	
7	Congélation	55	84	71	45	30	»	147	231	
8	—	55	166	69	44	34	»	147	313	
9	Trousse coupante, tour maçonnerie	35	80	»	»	49	22	71	151	
10	— — — —	31	50	»	»	37	20	57	107	
11	Congélation	50	105	31	108	30	»	169	274	Non compris 4 semaines de grève.
12	—	50	219	24	102	24	»	150	369	
13	Trousse coupante, tour maçonnerie	31	43	»	»	25	17	42	85	

puits ne peuvent en effet être entrepris que successivement, à moins qu'on ne veuille faire le sacrifice d'un matériel double, de forage et congélation.

Quant à la durée du fonçage proprement dit, les chiffres de la colonne 9 montrent l'économie que le procédé de la trousse coupante permet de réaliser. La durée *maximum* du fonçage par ce procédé (puits 2) est encore inférieure de vingt jours à la durée *minimum* du fonçage par congélation (puits 7).

L'avancement moyen a été de 11 m par mois avec la trousse coupante, contre 5m,50 seulement par la congélation.

En résumé, le procédé de la trousse coupante a permis de gagner trois mois, sur la durée de traversée des couches de graviers aquifères par rapport au procédé de la congélation.

PRIX DE REVIENT. — Le prix de revient n'a pas pu être déterminé d'une façon exacte, car :

1° Le prix accordé aux entrepreneurs était un prix moyen, pour une hauteur de puits supérieure à celle de la couche des graviers ;

2° Dans les fonçages effectués par les Compagnies, les frais annexes sont intimement liés aux travaux du fonçage proprement dit.

On peut cependant faire des évaluations assez approchées.

a) *Trousse coupante avec tour en maçonnerie* (à l'entreprise, pour 31 mètres de profondeur) :

	FRANCS	
Sabot et matériel d'ancrage	14 000	
Matériaux et maçonnerie	14 500	
Cuvelage et matériaux de bétonnage	37 000	
Salaires, surveillance, frais généraux	37 500	
Achat d'une benne preneuse	2 100	
Part dans les installations mécaniques	3 700	
Frais de transport	2 500	
TOTAL	111 300	
A ajouter, pour consommation d'énergie une somme de	3 400	payée par la Compagnie houillère.
TOTAL	114 700	francs

Le prix de revient du mètre s'élève donc à 3 750 fr. Ce prix peut être considéré comme un *maximum*, car le prix du cuvelage était élevé (220 fr la tonne) et le prix de revient salaires a été fâcheusement influencé par la longue durée de la période de fonçage.

Dans un autre cas où le fonçage s'effectua sans incident, on arriva à 3.000 fr, chiffre qui peut être considéré comme un *minimum*.

b) *Trousse coupante avec tour de cuvelage* (pour une profondeur de 34m,50) :

	FRANCS	
Appui pour les presses	10 200	
Salaires, surveillance et frais généraux	17 500	
Griffe, outils et part installations mécaniques	5 000	
Frais de transport	3 100	
Cuvelage et matériaux de joints	73 800	
Consommation d'énergie	2 700	
TOTAL	112 300	francs

Le prix de revient du mètre est donc de 3.250 fr.

c) *Congélation.* — Prix donné à un entrepreneur pour un diamètre utile de 4m,500 : 5 125 fr.

L'entrepreneur devait fournir son installation de sondage et de congélation, la Compagnie minière ne fournissant que les bâtiments et l'énergie.

Mais ce chiffre de 5 125 fr doit être majoré, si on veut avoir le coût réel de la méthode. En effet, pour traverser une couche de 33 m, il est nécessaire de congeler jusqu'à 40 m ; or, cette congélation supplémentaire de 7 m est sans intérêt direct : ses frais doivent donc être répartis sur les 33 m en question. L'augmentation se trouve être, dans le cas actuel, de 1 625 fr, de sorte que le prix de revient réel du mètre de puits congelé s'élève à 7 650 fr : *c'est le double du prix de revient par trousse coupante.*

Pour être rigoureux, on devrait encore tenir compte du « manque à gagner » occasionné par la congélation : la durée du fonçage étant plus grande, la mise en exploitation de la fosse est retardée.

CONCLUSION. — Le procédé de la trousse coupante est tout indiqué lorsque les conditions d'un fonçage sont analogues à celles spécifiées plus haut. On doit donner la préférence à la tour de

Digitized by Google

cuvelage (descendue à l'aide de presses) au lieu de la tour en maçonnerie : l'avancement obtenu n'est pas moindre et le prix de revient n'est pas plus élevé.

L. L.

TRAVAUX PUBLICS

Pont suspendu fixe, système Gisclard, établi sur la Luzège (Corrèze).

La ligne des Tramways départementaux de la Corrèze, d'Ussel à Tulle, traverse une région très accidentée, où les vallées sont profondes. En particulier la Luzège coule au fond d'un ravin abrupt et, pour passer ce cours d'eau entre les villages de Lapleau et de Soursac, on avait envisagé un pont suspendu, toute autre solution de pont supporté étant impossible. M. Leinekugel Le Cocq vient, à ce propos, de publier une intéressante étude (1). La hauteur du rail au-dessus du lit de la rivière est de 89m,62 (fig. 1). La construction du pont suspendu fixe, système Gisclard de la Cassagne, fit entrevoir des résultats intéressants, permettant de calculer ce pont avec précision et sur des principes justes, tandis que les méthodes anciennes de calcul de Rankine, de Ritter, de Maurice Lévy, de Bohny, de Melan, etc., partent toutes d'un principe faux.

La méthode de calcul due à M. Résal donne une solution pratique du problème. Sur un pont à câble parabolique de portée l,

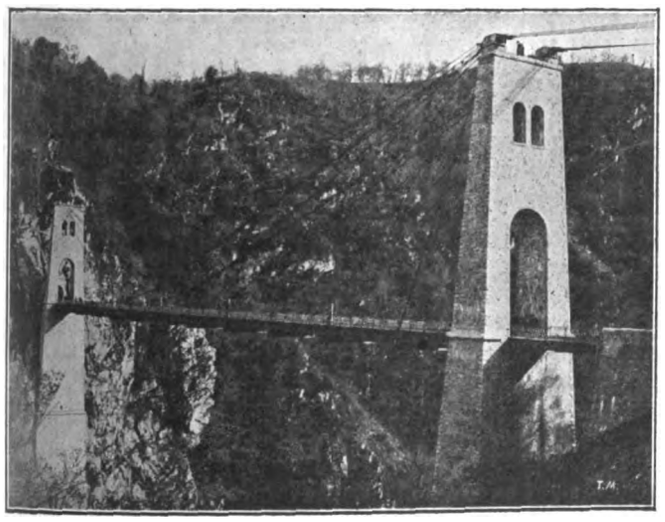


Fig. 1. — Vue d'ensemble du pont suspendu fixe, système Gisclard, établi sur la Luzège.

le poids permanent par mètre courant, suspension comprise, étant p et p, la surcharge par mètre courant entre les abscisses m et n, comptées à partir de l'appui de gauche, l'effort de suspension par mètre courant sera :

$$\text{Pour } o \leqslant x \leqslant m, \quad \omega_{1x} = \left(A + \frac{p}{2} e^{-\alpha m}\right) e^{\alpha x} + \left(Be^{\alpha l} + \frac{p}{2} e^{\alpha m}\right) e^{-\alpha x}$$

$$m \leqslant x \leqslant n, \quad \omega_{2x} = p + Ae^{\alpha x} + Be^{\alpha l} e^{-\alpha x}$$

$$n \leqslant x < l, \quad \omega_{3x} = \left(A + \frac{p}{2} e^{-\alpha n}\right) e^{\alpha x} + \left(Be^{\alpha l} + \frac{p}{2} e^{\alpha n}\right) e^{-\alpha x}$$

A, B et α étant des paramètres que l'on peut calculer d'après les tensions développées dans les câbles : T_H lorsque la surcharge intervient, et T'_H lorsque le poids permanent seul, compte.

(1) *Le Génie Civil*, 31 mai et 7 juin 1913.

On déduit la valeur du moment fléchissant dans une section

$$M_x = \frac{1}{\alpha^2}\left[\omega_x - p\left(\frac{T'_H}{T_H} - 1\right)\right]$$

et l'effort tranchant :

$$E = \frac{\delta M_x}{\delta x} = \frac{1}{\alpha^2}\frac{\delta(\omega_x)}{\delta x}$$

Cette méthode se prête à un contrôle expérimental parfait. Il suffit de voir si, sur un tel ouvrage, l'augmentation de poids développée dans une tige de suspension, pour une position de la surcharge, est en concordance avec la valeur de l'effort de suspension théorique.

Description de l'ouvrage. — Le débouché à franchir est de 158m,375 et la travée centrale d'axe en axe des piles mesure 139m,765. Le niveau du rail est à la cote 374,28. Les piles sont assises sur le rocher.

Dans la travée suspendue, la triangulation de la ferme crée onze points d'appui pour le tablier, déterminant douze travures, dont 10 ont chacune 11m,80 et les deux extrêmes 10m,88.

Le tablier dans la partie suspendue a 5 m de large.

Il comprend 2 longerons sous rails distants de 1m,046, deux poutres de rives distantes de 5 m et un platelage de 6 mm en tôle d'acier, des croisillons de contreventement, des pièces de ponts tous les 11m,80, et des entretoises secondaires. Les longerons sous rails sont continus et sont ancrés à la pile rive droite. Ils ont pour but de reporter sur les pièces de pont principales, le poids permanent et les poids des roues qu'ils supportent. Ils sont formés d'une âme de 930 × 9 de 4 cornières 70 × 70 × 8 à 8,30 kg le mètre courant et de semelles 240 × 10. Les poutres de rives sont de constitution variable.

Pour l'exécution des piles et le montage de la partie métallique, on a utilisé un télécharge (système Arnodin, fig. 2) permettant de desservir les chantiers des deux rives simultanément. Au sommet des piles, une dalle en ciment armé répartit sur toute la section, les charges concentrées par les chariots de dilatation sur les dés en granit.

Pour le levage des câbles, après la pose des chariots, on accroche successivement sur un même chariot les câbles de retenue et les sur câbles Ordish. Il y a ainsi équilibrage.

Un chariot spécial circule sur ces câbles Ordish et est actionné par un câble de halage. Les parties centrales des fermes étant posées, on commença le lancement du tablier. Les pièces furent amenées en place au droit du nœud central et de chaque nœud d'articulation et on les fixa à leur tige de suspension.

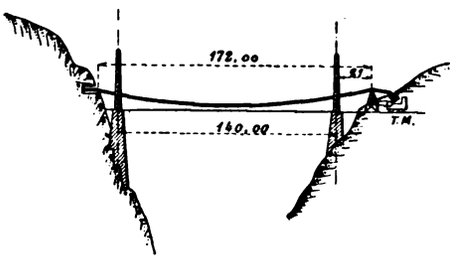


Fig. 2. — Dispositif du télécharge système Arnodin pour le montage du pont.

Le poids du tablier étant important, par rapport à la surface offerte au vent, celui-ci n'a aucune influence. On s'est ainsi dispensé des câbles formant martingales.

Epreuves subies par le pont. — Les épreuves ont été combinées de façon que les surcharges soient progressives. Elles comprennent quatre opérations distinctes, consistant à faire circuler et stationner :

1° Une locomotive de 25 t et son tender de 10 t;

2° Deux locomotives et deux tenders ;

3° Deux locomotives et tenders, et cinq wagons de 3,6 t ;

4° La même opération, que le précédent, les wagons surchargés et pesant 13,5 t l'un.

Ce train de 137,5 t est le plus lourd qui puisse circuler sur ces voies, les déclivités atteignant 4,5 %.

Digitized by Google

Les lectures se firent, d'une part, par des mires placées au droit des nœuds d'articulation et, d'autre part, avec des appareils Manet Rabut et des dynamomètres des câbles témoins T (fig. 3).

Le train d'épreuve de 137 t 5, circula avec la vitesse maximum

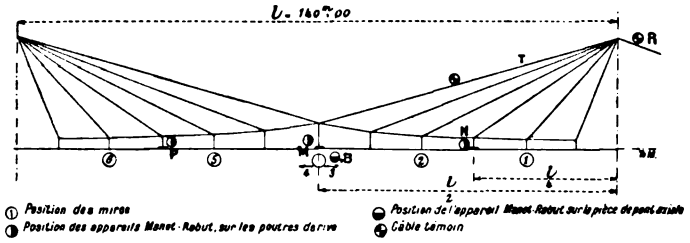


FIG. 3. — Disposition sur le pont des appareils enregistreurs pendant les essais.

permise par les courbes de 60 et 55 mètres de rayon qui existent aux abords du tablier. La vitesse maximum fut de 20 kil à l'heure.

Dans l'expérience, on a examiné le travail développé dans les éléments du tablier et dans les câbles de suspension.

Pour le tablier, le travail au centre de la travée est :

$$R_i = 12 \cdot \frac{E}{10^6} \cdot \frac{2n}{l} \cdot \frac{\delta i\,(f)}{l} \cdot (-1)$$

où $\delta(f)$ est l'abaissement au centre de la travée.

Les valeurs théoriques de $\delta(f)$ sont, dans chacune des opérations :

$\delta(f) = 92, 139, 152$ et 214 mm ;

et les valeurs réelles observées

$\delta(f) = 71, 134, 137$ et $187{,}25$ mm.

On a $E = 20 \times 10^9$ $\quad 2n = 0^m{,}950$ $\quad l = 139^m{,}765$

d'où $R_i = 11{,}6718\ \delta_i\,(f)\ (-1)$

et par suite :

pour
$\delta_1(f) = 71$ mm $\quad R_1 = -0$ kg, 829 par mm²
$\delta_2(f) = 134$ $\quad R_2 = -1$ kg, 564
$\delta_3(f) = 137$ $\quad R_3 = -1$ kg, 590
$\delta_4(f) = 187{,}5$ $\quad R_4 = -2$ kg, 185

Si l'on rapproche ces chiffres théoriques des résultats observés : 1kg 20—1,60—1,60 et —2,00, la concordance justifie d'une part l'exactitude de la théorie en ce qui concerne le travail développé dans les poutres de rive et dû à la flèche prise par le tablier, d'autre part, les précisions des résultats théoriques en ce qui concerne les flèches prises par le tablier lors des surcharges.

Il faut remarquer que R_i n'est pas le travail réel développé, car à vide le tablier est réglé suivant un bombement de $0^m{,}120$ (supérieur à l'abaissement relatif au passage du train normal), ce qui développe un travail d'extension de + 1 kg 400 par mm carré dans la membrure supérieure; le travail réel, au passage du train complet n'est donc que de la différence, soit (+ 1,40 — 2,185) ou égal à — 0,785 kg.

Pour les câbles des fermes de suspension, on obtient le travail total par millimètre carré de section compris le poids permanent, tandis que dans le tablier on ne peut déterminer que l'augmentation due aux surcharges. Il faut connaître avec précision les poids des éléments par pesée directe. Dans les opérations successives, on détermine les résultats prévus par la théorie et on les compare avec le taux du travail et les abaissements au centre de la travée. L'augmentation théorique du travail des câbles pour la première opération est de 5,05 kg par mm², le train étant placé sur la demi-travée côté Lapleau. Ce maximum est du côté Soursac. Il est de + 3,57 côté Lapleau.

Le travail théorique dû au poids permanent est de 9,69 kg par mm² et le travail total devient 14,74 kg. Le travail observé étant de 9 kg pour le poids permanent et 11 pour l'ensemble, on voit que l'on peut comparer ces deux résultats.

On fait de même pour les trois autres opérations et l'on trouve respectivement pour le travail théorique 18,77, 19,89 et 18,69 et pour le travail observé, 11,60, 14,00 et 15,50.

Les câbles de retenue auront à équilibrer la tension horizontale due au poids permanent. Tout poids p, placé à une distance x d'un appui quelconque donne naissance au sommet de chacun des pylônes à une tension horizontale donnée par :

$$R_x = \frac{px}{2f}$$

Donc la tension à équilibrer sera :

$$\Sigma R_x = 2 \int_{x=0}^{x=d} \frac{px}{2f}\,dx = \frac{pd^2}{2f}$$

C'est-à-dire que la tension développée par le poids permanent seul dans les câbles de retenue de la ferme Gisclard est la même que dans des câbles paraboliques ayant même flèche centrale.

Conclusion. — Les taux théoriques dans les câbles sous l'action du poids permanent sont confirmés par les observations.

Avec les surcharges, les tensions sont inférieures à celles calculées par suite de l'action raidissante des longerons et des poutres de rive.

En ce qui concerne les flèches prévues et observées, les écarts sont faibles.

Il importe enfin de remarquer que le viaduc de la Luzège est le seul au monde qui présente les caractéristiques suivantes :

Le poids permanent par mètre courant est de 1 515 kg; le train d'épreuve surcharge est de 3 156 kg par mètre courant dans la partie comprise entre les 2 locomotives et les 2 tenders, et 2 500 kg pour tout le train de 55 m de long et pesant 137 t 5.

Il faut en effet faire entrer en ligne de compte le rapport de la surcharge au poids permanent, dans une épreuve déterminée, pour bien se rendre compte des avantages du système. Ici ce rapport est de 2 et de 1,65.

Dans deux systèmes différents, il faut comparer le terme

$$A = \frac{\delta\,(f)}{2d}\,\frac{P}{\pi}$$

où $\delta(f)$ est l'abaissement du pont en épreuve, $2d$ la portée, π la surcharge par mc et P le poids permanent par mc.

Pour le viaduc de la Luzège

$$A = \frac{0{,}18725}{139{,}765} \times \frac{1}{1{,}65} = \frac{1}{1231{,}5}$$

Pour le pont en arc de la Roche-Bernard, nous avons ,

$$p = 8570 \qquad \delta(f) = 0{,}057$$

$$\pi = \frac{210\,000}{90{,}000} = 2\,233{,}33 \qquad 2d = 198{,}27$$

d'où :

$$A = \frac{0{,}057}{198{,}27} \times \frac{8570}{2333{,}33} = \frac{1}{947{,}05}$$

La valeur économique d'un pont est donc proportionnelle à $\frac{1}{A}$. En général, dans les ponts métalliques pour voie ferrée, le poids du train d'épreuve est le $\frac{1}{3}$ ou le $\frac{1}{4}$ du poids permanent.

Dans le pont Gisclard, ce poids est de 1,65. Ce système est donc avantageux.

D'ailleurs, les ponts à grande portée, conçus et construits par M. Arnodin ont souvent ce rapport du simple au double entre le poids permanent et les surcharges roulantes.

L'expérience du viaduc de la Luzège marque un nouveau et réel progrès dans l'exécution de ces ouvrages.

J. B.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Nouvelles expériences sur les limiteurs de tension à étincelles. — Dans les limiteurs de tension à rouleaux ou à cylindres actuellement employés, on place souvent le fusible immédiatement en série avec le limiteur. Une quantité d'expériences entreprises par M. Léauté donne comme conclusion que cette place du fusible immédiatement contre le limiteur n'est pas rationnelle, et peut même présenter un réel danger, principalement en cas d'explosion dudit fusible. En employant un détecteur de T. S. F., M. Léauté a pu déceler des oscillations de très grande fréquence produites par le limiteur durant l'établissement de son régime. Ces oscillations à grande fréquence peuvent évidemment provoquer des perturbations amenant la fusion, ou même l'explosion des fusibles ; cette dernière peut produire des court-circuits francs à travers les vapeurs métalliques émises. Aussi est-il préférable de placer la résistance liquide, généralement employée avec le limiteur, entre les fusibles et les limiteurs, au lieu de la mettre à côté des cylindres. Il y a là une modification d'un réel intérêt, facile à réaliser dans toutes les installations.

(Communication de M. *André Léauté,* Société Internationale des Electriciens, 2 juillet 1913.)

Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu pour T. S. F. — Différents essais d'enregistrement direct des signaux de T. S. F. ont été tentés depuis longtemps ; ainsi Lodge, en 1897, le Commandant Tissot en 1904, obtinrent des premiers résultats en utilisant le siphon recorder, puis on y employa les galvanomètres unifilaires. Mais ces derniers instruments sont d'un emploi bien difficile, à cause de la fragilité du fil, qui en complique singulièrement le réglage.

M. H. Abraham a obtenu de très beaux enregistrements en employant un microgalvanomètre à cadre mobile en fil très fin, construit par la maison Carpentier, et auquel il a adapté un système de photographie continue. On obtient ainsi l'enregistrement des signaux Morse représentés par des déviations correspondantes de l'image du spot, dans lesquelles il est même relativement facile d'éliminer les parasites si gênants dans la T. S. F. La sensibilité de cet appareil atteint le 1/1000e de seconde, et M. Abraham a obtenu l'enregistrement, à Paris, des télégrammes de Nordeich (700 km) avec une petite antenne, puis de Glace-Bay à la Tour Eiffel, et même des expériences Paris-Washington (6 000 km) ont donné des résultats satisfaisants.

(Communication de M. *H. Abraham,* Société Internationale des Electriciens, 2 juillet 1913.)

Recherches sur la fabrication des électrodes de four électrique. — Des essais étendus ont été poursuivis pour le compte de la National Carbon Company sur la confection des électrodes de four électrique ; les expériences ont porté sur la densité réelle, la densité apparente et la résistivité électrique ; les électrodes sont habituellement confectionnées, de manière à être de densité réelle uniforme, mais des différences considérables se constatent quant à la densité apparente ; celle-ci est influencée par le mode de confection ; la résistivité dépend de la densité réelle et de la densité apparente.

Les essais ont montré, notamment, que le meilleur moyen à employer pour réunir les bouts d'électrodes consiste à faire usage de bâtonnets filetés introduits, d'une égale longueur, dans le bout et dans l'électrode nouvelle. Des électrodes de ce genre sont employées depuis trois ou quatre ans en Allemagne ; leur défaut réside dans la difficulté d'exécuter convenablement les joints en pratique; il vaudrait mieux peut-être chercher à améliorer la fabrication des électrodes, de manière à arriver à produire de bonnes électrodes de 4 m,50 à 6 m de longueur.

L'usure des électrodes dans les fours est naturellement influencée par la composition du bain ; mais, à égalité de conditions, il semble que l'adjonction de certains sels métalliques augmente la durée de service des électrodes.

(Communications de MM. *F. A. J. Fitz Gerald, N. Etinot, C. A. Hansen,* American Electrochemical Society, Atlantic City, avril 1913.)

Câbles à haute tension. — La capacité de transmission d'un câble est limitée par la température de l'isolement; pour déterminer le courant qui peut supporter un câble, il y a donc lieu de tenir compte de la température atteinte par le conducteur, de la température ambiante et de l'échauffement auquel le câble est soumis du chef des courants dérivés à travers le diélectrique.

Les lois de la distribution du gradient de potentiel montrent qu'il y aurait intérêt à employer un isolement formé de feuilles de papier imprégnées d'huiles, choisies de manière à donner des capacités inductives spécifiques décroissantes de la surface vers le centre.

L'augmentation de la taille des groupes convertisseurs et des diamètres de conducteur des câbles correspondants a amené les fabricants de câbles à la limite de diamètre permise pour les conducteurs avec les conduites en usage ; on cherche à dépasser les sections actuellement réalisables dans ces conditions, en employant des conducteurs en forme de secteur au lieu de conducteurs ronds.

(Rapport de M. *W.-L. Abbott,* National Electric Light Association, juin 1913.)

Progrès dans la construction de l'outillage des grandes centrales. — On s'occupe plus que jamais du détail de l'outillage ; en même temps s'accentue la tendance vers la réalisation de machines de plus en plus grandes et fonctionnant à des vitesses sans cesse croissantes ; ces conditions nécessitent des progrès continuels dans la construction au point de vue de l'isolement (températures et efforts mécaniques).

L'année écoulée a été marquée par la mise en service de machines de puissance considérable; plusieurs entreprises ont, en construction, des génératrices de 25 000 kw; les constructeurs sont aujourd'hui à même de fournir des machines de ce genre à haute tension, sans auto-transformateur.

L'emploi des réactances comme dispositifs de protection contre les courants de haute fréquence, pour limiter les à-coups de courant et faciliter la régulation et la synchronisation s'étend de plus en plus; on utilise les réactances avec les générateurs et les transformateurs, ainsi que sur les barres omnibus et sur les feeders. Les valeurs de vitesse suivantes peuvent être citées comme exemples des limites atteintes : 3 600 t m pour une machine de 5 000 kw ; 1875 t m pour une machine de 19 000 kw et 1 500 t m pour une machine de 20 000 kw ; une machine de 30 000 kw, qui est en construction pour la Commonwealth Edison Company, marchera à 1 500 tours par minute, avec une tension de 9 000 v. C'est l'adoption des pôles de commutation qui a permis d'augmenter les vitesses de rotation ; elles sont doublées vis-à-vis de celles des anciennes machines sans pôle de commutation ; les vitesses périphériques ne sont pas toutefois augmentées dans une proportion aussi forte.

On tend à généraliser l'utilisation des groupes à excitatrices en bout d'arbre ; les avantages de cette construction sont : la simplicité, l'économie et la suppression des canalisations.

On augmente les vitesses de marche et les capacités des convertisseurs rotatifs; toutefois, la supériorité des nouvelles machines n'est pas encore assez décisive pour faire remplacer les anciennes. L'emploi du convertisseur synchrone pour améliorer la régulation et le facteur de puissance peut donner de bons résultats.

(Rapport de M. *L. L. Elden,* National Electric Light Association, juin 1913.)

La production de l'énergie électrique à Londres. — Trente-huit installations génératrices fournissent actuellement l'énergie électrique à la ville de Londres. Leur production, pendant l'année 1912, s'est élevée à près de 300 000 000 kwh pour l'éclairage et l'industrie, et 400 000 000 kwh pour la traction. Plusieurs de ces installations sont pourvues d'un outillage tout à fait moderne et il serait difficile de dépasser le rendement qui y est obtenu, ou d'arriver à une production plus économique ; d'autres, sans avoir des équipements aussi perfectionnés, sont, par contre, placées dans une situation très avantageuse, au point de vue de la distribution. Etant donné que l'on devrait, de toute façon, recourir à la production au moyen du charbon, il ne saurait y avoir de réel intérêt à centraliser la production en dehors de Londres.

(Communication de M. *F. Bailey,* Society of Arts, 9 avril 1913.)

Digitized by Google

GÉNIE MARITIME

Le problème de la direction des navires modernes et des appareils de navigation aérienne. — Une aiguille aimantée assujettie à rester horizontale s'oriente suivant le méridien magnétique et fait, avec la direction du nord géographique, un angle égal à la déclinaison. Elle est soumise à une force proportionnelle à la composante horizontale du champ terrestre et au moment magnétique de l'aiguille. Sur un navire en bois, cette force est constante à tous les caps. La courbe polaire tracée avec cette intensité comme vecteur est appelée un dygogramme. Ici c'est un cercle. Sur un navire comprenant des pièces en fer doux, qui sont le siège d'induction magnétique suivant la position du navire et des pièces aimantées de façon permanente, l'aiguille est alors soumise à trois forces. Le dygogramme est dans ce cas une ellipse excentrée. La compensation consiste à créer des composantes horizontales égales en sens opposé aux composantes dues aux fers doux et aux fers durs. La force directrice sera la même à tous les caps du navire. Inversement, si cette force est la même, la compensation existe. On cherchera donc à centrer le dygogramme avec des aimants horizontaux et à l'arrondir avec des correcteurs en fer doux, placés dans le plan normal à la direction du grand axe de l'ellipse et passant par le centre. Pour l'inclinaison, il y a aussi des compensations à faire.

Il existe diverses formules pour établir la compensation. L'appareil de M. Louis Dunoyer, le dygographe, comprend deux aimants de même longueur (2 l) et même moment magnétique, dont les centres sont sur la même verticale, et distants de h. Dans un champ H, il dévie d'un angle α symétrique par rapport au champ. On a $H = K \cos \alpha$, K étant indépendant de H et de α, si $\frac{h^2}{4l^2}$ est assez petit. Dans une boîte cylindrique, se trouvent deux équipages aimantés à 8 aiguilles. Une alidade inscrit la courbe. Elle est munie de deux bras avec lesquels on suit la position des aiguilles. On peut faire une rotation complète du navire. La courbe est repérée par rapport à la direction AV-AR.

Les compas de marine comprennent les compas secs ou compas Thomson et les compas liquides. Les premiers sont sensibles aux trépidations. Les seconds comprennent un flotteur portant une rose en mica et renfermant les aimants. Leur moment magnétique est plus grand et l'amortissement des oscillations plus rapides.

La déviation due aux masses considérables de métaux divers peut atteindre 70°. Il faut alors employer de nombreux aimants et la lecture est difficile. Le dygographe Dunoyer permet de trouver le lieu du navire où ces influences sont les plus faibles. Après des chocs importants, tels que ceux dus au tir au canon, le champ varie et peut rester quinze jours dans un état instable avant de se fixer sur une nouvelle figure. On est ainsi amené à placer le compas loin de sa place, pour permettre de gouverner. M. Dunoyer a trouvé le moyen de transmettre les indications à distance. Il y a encore des recherches à faire.

L'application du gyroscope est simple en théorie, mais pas en pratique. Le roulis, le tangage, la variation de vitesse par rapport au méridien, produisent des déviations dites « balistiques ».

Il dévie pendant et après la cessation de l'effort.

En le perfectionnant, il pourra rendre de grands services. Il est indiqué pour les sous-marins.

En navigation aérienne, les compas liquides sont indiqués. Ils doivent aussi être compensés. Dans les blockhaus des cuirassés récents, le compas est le même que celui utilisé par les aéroplanes.

(Communication de M. *Mascart*, Société des Ing. civils, 6 juin 1913.)

Le problème de la propulsion dans la marine à rames. — Les constructeurs de l'antiquité, tout comme les ingénieurs modernes, ont eu à résoudre le problème de la propulsion par des moyens indépendants du vent. La loi de la recherche du navire de puissance maximum a obligé les navigateurs à augmenter le déplacement, mais ils se sont trouvés alors face à face avec les difficultés d'installation de moyens moteurs suffisants. Les dimensions des avirons étaient limitées, de même que le nombre d'hommes que l'on pouvait utilement employer à leur manœuvre. Avec le combat par abordage ou par choc des éperons, de même qu'avec le combat par armes de jet de portée restreinte, le navire devait avant tout être bon manœuvrier, et la disposition générale des rames et des rameurs était d'importance primordiale. La vitesse dépassait souvent 5 nœuds.

Les bâtiments de tonnage élevé avaient deux ou trois rangs superposés de rames (polyrémie). M. Clerc-Rampal ne croit pas que ces avirons étaient employés simultanément, sauf en des cas exceptionnels. Il se range à l'hypothèse de l'amiral Serre : pour atteindre la plus grande vitesse, l'ensemble des rameurs actionnait la rangée supérieure des avirons (nage de combat), puis, à une allure moindre, on armait seulement la deuxième rangée, avec le 1/3 du nombre des hommes, et enfin, en temps de paix ou loin de l'ennemi, la rangée inférieure était manœuvrée par le tiers de l'effectif. Dans ces deux derniers cas, les hommes pouvaient se relayer et, dans le dernier, la marche pouvait être conservée indéfiniment. L'utilisation, dans tous les cas, était supérieure à celle que l'on aurait obtenue par l'emploi simultané des trois rangs, difficile à obtenir sur une cadence unique, et d'ailleurs aussi à cause de la difficulté de placer les rameurs. L'amiral Serre a reconstitué une trière du IVe siècle (modèle figurant au musée de la Marine) : ce bâtiment a 40 m de longueur, 4 m, 46 de largeur, 1 m, 10 de tirant d'eau, 129 t de déplacement ; il aurait porté 200 hommes dont 144 rameurs et aurait dépassé une vitesse de 5 nœuds.

Après l'avènement des machines de guerre à jet, puis de celui des armes à feu, il a fallu augmenter le franc bord pour protéger la vogue ; les dimensions générales ont augmenté jusqu'à ce que la galère de 300 t, et même la galéasse de 1 600 t, cédassent devant le vaisseau à voiles de haut bord, armé de plusieurs étages de canons.

(Communication de M. *Clerc-Rampal*, Association technique maritime, 1913.)

MÉTALLURGIE

La pratique américaine du noyautage. — Le noyau en sable à l'huile s'est très répandu en Amérique et il existe, aux Etats-Unis, des centaines de fonderies consommant par semaine, et quelques-unes même par jour, plus de 100 dollars (500 fr.) d'huile. On distingue dans les *liants*, ceux *pour sable vert* et ceux *pour sable étuvé*.

Les principales catégories de liants en usage courant sont :

1° Les *liants à l'huile* :

a) huiles siccatives — huile de lin, de graine de coton, de soja, de poisson, de baleine, etc. ;

b) mélanges d'huiles siccatives et de gommes (résines) dissoutes dans les huiles minérales ;

2° *Liants à base de poix ou de gomme*, agglomérant le sable par leur fusion ;

3° *Pâtes*, telles que les farines, l'amidon ;

4° *Liants solubles dans l'eau*, tels que : bière sûre, résidus de distillerie de rhum, mélasses, extrait raffiné de pâte à papier au bisulfite (*glutrin*).

Certains liants se contrarient mutuellement, tandis que d'autres s'aident entre eux.

Les ateliers spécialisés des Etats-Unis ont fait un choix des compositions et des méthodes à suivre dans les différentes branches. C'est ainsi que le sable à l'huile est presque exclusivement employé pour les noyaux des armatures de tuyauteries jusqu'à 100 mm de diamètre et les noyaux des enveloppes de refroidissement des moteurs d'automobiles. Les compositions à base de poix servent aux noyaux des gros moteurs et de la construction mécanique en général. La fonderie d'aluminium emploie des noyaux à la résine qui se ramollissent à la coulée et évitent la fissuration des moulages. Les noyaux pour radiateurs sont en sable à l'huile. Un mélange d'argile et de sciure de bois sert aux noyaux de grosses pièces. Pour les noyaux produits à la filière, on combine l'huile et les pâtes à la farine.

Tous les noyaux en sable à l'huile peuvent être étuvés à 250° C ou à température un peu supérieure. Les noyaux à la farine, à l'amidon et à la dextrine doivent l'être entre 120 et 150° C. Les liants solubles peuvent tous être étuvés à toute température jusqu'à 205° C.

Pour le noyautage mécanique, on emploie des machines « Rock Over » ou à retournement, des machines à vibrateurs, et, depuis quelques années, des machines qui refoulent le sable dans la boîte à noyau au moyen de l'air comprimé.

Les plus grandes économies réalisées jusqu'ici dans l'atelier de noyautage ont été obtenues par l'emploi de la manutention mécanique. A ce sujet, il faut tenir compte des principes suivants :

1° Dans la manutention du sable humide, ne pas l'exposer en lames minces à l'action de l'air pour éviter que l'eau ne s'évapore ;

2° Amener, à l'établi de l'ouvrier, toutes les fournitures dont il a besoin et évacuer les noyaux mécaniquement. Pour ce dernier usage, les transporteurs mécaniques ne sont pas avantageux, car, si les ouvriers les plus éloignés des étuves trouvent toujours assez de place pour déposer leurs noyaux sur les transporteurs, ceux qui sont près des étuves en manquent fréquemment. Dans certaines fonderies, on a installé des

Digitized by Google

tables à rouleaux (analogues à celles des laminoirs) sur lesquelles les ouvriers poussent eux-mêmes leurs pièces ;

3° Après étuvage, les noyaux devront être placés dans des boîtes et y rester jusqu'au moment de leur emploi.

(Communication de M. *Henry Marquette Lane*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

Les appareils de fusion pour l'acier moulé. — M. Lambot passe rapidement en revue les avantages et les inconvénients des convertisseurs acides, des fours Martin-Siemens et des fours électriques.

Si l'on emploie le convertisseur, on ne peut espérer obtenir un métal de qualité régulière et le réemploi des déchets se trouve limité ; de plus, la perte au feu est considérable. Le four à sole donne, à meilleur marché, un métal homogène, mais on rencontre beaucoup de difficultés pour la coulée de petites pièces de faible épaisseur. Il manque un appareil intermédiaire. Sera-ce le four électrique ? Pour l'instant, cet appareil ne semble pas suffisamment au point pour produire économiquement des moulages d'acier, sauf pour remplacer l'acier au creuset.

Après quelques considérations pratiques sur la construction des fours Martin-Siemens en général, l'auteur en décrit trois types :

1° Four basculant à flamme continue et à récupération, marchant à l'huile de goudron, au pétrole ou au naphte ;

2° Four Martin à carneaux démontables (type fixe) ;

3° Four basculant.

Il conclut en faveur du four Martin, qui donne un métal moins cher que le convertisseur, avec 8 à 10 % de perte au feu seulement au lieu de 18 à 22 % au convertisseur.

Le convertisseur laisse en suspension une foule d'impuretés, qui obligent les fonderies d'acier à avoir des installations de soudage. Au contraire, l'acier produit au four basique restant en repos, le laitier reste à la surface du bain et protège l'acier contre une oxydation excessive.

Un des avantages du four basique est de permettre de couler à la quenouille, de façon à distribuer la quantité de métal strictement nécessaire au remplissage du moule, ce qui diminue considérablement les déchets ; la coulée à la quenouille est néanmoins difficile pour les petites pièces minces. Dans ce cas, on emploiera un petit four Martin à huile.

(Communication de M. *J. Lambot*, Congrès de l'Association technique de fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

Classification numérique des fontes de moulage; son insuffisance; classification chimique. — Les fontes mises sur le marché peuvent être groupées en 4 catégories :

	C. total	Si	Mn	S	Ph
1° Fontes hématites. Jusqu'à.	4%	1,5-2,5%	<1%	<0,5 %	<0,06%
2° Fontes ordinaires de fonderie.....	3,5%	1,5-3,5%	1%	<0,15%	<0,75-1.25%
3° Fontes basiques.....	—	<1%	3%	faible	1,5-4%
4° Fontes spéciales : Spiegel..	—	—	jusqu'à 25%	—	—
Ferro - manganèse.....	—	—	jusq. 80%	—	—
Ferro-silicium...	—	16%	—	—	—
Ferro-chrome 50% Cr.....	—	—	—	—	—
Ferro - aluminium.....	—	—	—	—	—

C'est d'après l'aspect de la cassure que sont classées les fontes de vente courante :

Les plus grises sont les fontes N^{os} 2, 3, 4 ;

Les fontes à grain serré sont les n^{os} 4, 5, 7 ;

Les fontes truitées et les fontes blanches viennent ensuite.

En Angleterre, il n'y a que 4 numéros de fontes et il y en a 9 en Amérique.

La classification numérique ne repose sur aucun principe positif. Or, aujourd'hui, par raison d'économie et d'esthétique, on demande au fondeur des fontes de plus haute résistance mécanique ou chimique ou plus douces à travailler. La construction mécanique veut faire léger et solide. Pour cela, il faut pouvoir lui fournir des fontes à 25 kg de résistance à la traction par mm^2. Les additions d'acier à la fonte n'ont pas donné, dans ce sens, les résultats espérés ; ces résultats ne peuvent donc être atteints que par une étude approfondie de la composition chimique des fontes.

Il est donc indispensable que le fondeur achète des fontes de composition chimique déterminée, d'où la nécessité d'une classification chimique. La classification d'après la teneur en silicium n'est pas suffisante.

MM. A. Humbolt, Sexton et John S. G. Primrose, en Angleterre, se rallient, dans leur *Traité de fonderie*, au système préconisé en Amérique. On n'y tient pas compte du carbone, dont la teneur est toujours comprise entre 3 et 4,8 % pour les fontes au cubilot ; mais on proportionne comme il suit les autres éléments pour chaque classe :

	Si	S	Ph	Mn
Fontes N° 1.....	>2,5 %	<0,03%	<0,60%	<0,50%
Fontes N° 2.....	>1,95%	<0,04%	<0,70%	<0.70%
Fontes N° 3.....	>1,35%	<0,05%	<0,80%	<0,90%
Fontes siliceuses..... C total > 2,15 %..	>3 % <5 %	<0,04%	<0,40%	>0,30%
Fontes phosphoreuses. C total < 3%.	>1,50%	<0,55%	>1 %	0,30 à 0.90

L'auteur indique la méthode d'échantillonnage pour l'analyse. En cas de désaccord, on procédera à 3 analyses : une par le vendeur, une par l'acheteur, la 3e par un expert-arbitre. Les deux analyses les plus comparables servent à décider.

En 1906, W. B. Parker avait proposé pour les fontes anglaises 4 groupes, d'après leur origine et leur composition chimique : 1° fontes anglaises ; 2° fontes écossaises ; 3° fontes hématites ; 4° fontes spéciales.

Quel que soit le mode de classification chimique adopté, il permettra au fondeur de s'approvisionner de matières premières très suffisamment définies et de contrôler sans contestation la qualité de ses achats.

(Communication de M. *Th. Guéneau*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

L'application du chauffage à l'huile lourde aux fours métallurgiques. — La fabrication de l'acier au creuset est difficile ; au four électrique, elle est onéreuse à moins d'avoir l'énergie à très bas prix; au petit convertisseur, elle donne des produits qui laissent souvent à désirer. Si donc les constructeurs de fours Martin pouvaient garantir une fabrication parfaite et économique dans des appareils dont l'installation ne serait pas trop onéreuse, beaucoup de fondeurs d'acier n'hésiteraient pas à installer des fours Martin chez eux.

L'auteur s'attache à démontrer que le chauffage à l'huile lourde assure aux fours Martin un fonctionnement économique et permet d'obtenir les températures élevées nécessaires à la coulée des petites pièces. Avec le chauffage au gaz, le mélange d'air et de gaz est très difficile à obtenir, la combustion dans le laboratoire du four est incomplète, une grande partie du gaz brûle dans les têtes de four ou dans les chambres de récupération. De plus, la valeur calorifique des trois combustibles en présence est très différente : coke, 7 300 calories par kg, prix 4 centimes environ; gaz de gazogène, 1 200 calories par m^3, prix 2 cent. environ; huile lourde, 10 000 calories par kg, prix 6 cent. 5 à 7 cent. 5.

Enfin, le rendement dans les fours est supérieur pour le chauffage à l'huile (80 % dans les fours à creuset contre 50 % pour le chauffage au coke).

Où se procurer l'huile lourde ? En Amérique et en Russie, on consomme l'huile de pétrole brute après distillation de l'essence. Dans nos contrées, on aurait en abondance les huiles de goudron de houille. Le rendement et la bonne combustion dépendent en première ligne du brûleur. Le meilleur et le plus simple est celui qui nécessite le moins de force motrice pour le soufflage. L'expérience pratique a démontré que, dans les fonderies de bronze notamment, un chauffage bien réglé, donnant une combustion parfaite, améliore la qualité des produits.

Le tableau suivant donne quelques indications sur le prix des fours, la consommation d'huile et la durée de la fusion :

Contenance du four	Prix approximatif	Consommation d'huile par charge	Durée de la fusion
75 kg.	1 800 à 2 000 fr.	10 à 12 litres.	1/2 à 3/4 heure.
100	2 300 à 2 500	12 à 14	1/2 à 3/4
150	2 500 à 2 800	12 à 15	1/2 à 3/4
200	3 000 à 3 200	15 à 18	1/2 à 3/4
300	3 500 à 3 800	25 à 30	1 à 1 1/4

En Amérique, on construit maintenant des fours basculants sans creuset. Avec les grands fours, on arrive à faire de l'acier coulé avec

Digitized by Google

une dépense de 2 fr 50 à 3 fr par 100 kg. La sulfuration du métal n'est pas à craindre comme avec le coke ; la température est très élevée et facile à régler. La perte au feu est de 2 à 2,5 %. L'usure de la partie réfractaire et les réparations sont relativement minimes.

L'auteur examine les derniers progrès réalisés par le chauffage à l'huile des fours Martin. En Russie, notamment, on a fait, avec un four de 4 à 5 tonnes pour moulages d'acier, des campagnes de 1 700 coulées sans réparations à la voûte ni aux chambres. Tous les matériaux sont chargés froids en fonte hématite et riblons avec 2,5 % de minerais. La mise au mille est de 1 052, et la consommation d'huile de 13 %.

(Communication de M. *Brasseur*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

L'emploi d'huile de goudron de charbon de terre dans les fonderies. — Après avoir donné des renseignements sur l'huile de goudron de charbon de terre elle-même, sur sa composition, ses propriétés et son traitement, le conférencier donne un résumé des buses et des appareils de chauffage les plus usuels actuellement dans les fonderies, et discute quelques chiffres obtenus récemment dans les exploitations. L'emploi de combustible liquide n'a pu prendre pied en Allemagne que lorsqu'on eût réussi à présenter sur le marché, à des prix raisonnables et en quantité suffisante, un combustible de première qualité, semblable aux huiles de provenances étrangères, et libéré des frais de transport et de douane élevés, parce que produit dans le pays. C'est là le cas de l'huile de goudron de charbon de terre allemand. Le conférencier parle ensuite de la production de goudron brut. Il a fallu des usines engloutissant un capital élevé pour distiller les grandes quantités de goudron brut, qui atteignent aujourd'hui deux millions de tonnes. Souvent aussi la question de prix a fourni des arguments aux adversaires de ce système de chauffage. La concurrence avec le charbon et le gaz donne l'assurance que l'augmentation de prix a des limites fixées dès le principe ; le conférencier décrit ensuite les propriétés et le traitement de l'huile de goudron de charbon de terre. Mentionnons ici que l'huile de goudron est très fluide et n'a pas, comme on le croit souvent, la viscosité du goudron. L'huile de goudron ne contient pas d'eau ; on en trouve au plus 1 % dans la distillation, et elle vient en partie de réactions chimiques dans l'huile. Le point d'inflammation de l'huile est au-dessus de 65°, la plupart du temps vers 90°, et sa valeur calorifique inférieure est à peu près de 9 000 cal. quand elle est mélangée correctement avec l'air. L'huile de goudron brûle sans laisser de résidus et est tout à fait inodore. M. Hausenfelder passe alors à la description schématique d'une installation de chauffage à l'huile. Le mode de combustion de l'huile de goudron consiste encore aujourd'hui à amener le combustible dans le foyer finement pulvérisé, à l'y mélanger intimement avec l'air ; il brûle alors absolument sans fumée et sans suie. Pour pulvériser l'huile, il y a deux méthodes : 1° pulvérisation par dépression de l'huile ; 2° emploi d'un moyen de pulvérisation tel que la vapeur ou l'air comprimé. Dans la métallurgie, on pulvérise au moyen d'air comprimé ou de machines soufflantes. La construction des buses nécessaires pour la pulvérisation est presque toujours la même, à quelques particularités près. Le principe fondamental, comme on le sait, c'est d'amener l'huile par un canal intérieur, l'air par un canal extérieur, de faire saisir par le jet d'air la goutte d'huile sortant du canal intérieur, ce qui la pulvérise, et de l'envoyer dans le foyer. Une bonne pulvérisation est la condition principale de l'utilisation économique du chauffage à l'huile. Le conférencier passe alors à l'emploi du chauffage au goudron dans les fonderies. Le problème du chauffage des cubilots n'est pas encore résolu ; mais nous trouvons déjà en Allemagne des fours Martin, des convertisseurs, des fours à réverbère installés pour le chauffage à combustible liquide. On a également reconnu depuis quelque temps la supériorité de ce chauffage pour les creusets et les fours de fusion. L'avantage des fours chauffés à l'huile, c'est qu'on peut limiter l'excès d'oxygène à un minimum, en réglant l'air, et que le déchet en est considérablement diminué. Pour les fours à creuset, un autre avantage est l'augmentation de la durée des creusets. Le four sans creuset a, d'après le conférencier, un grand avenir, car on ne l'emploie pas seulement dans les fonderies de bronze avec avantage, mais il convient aussi parfaitement pour fondre du fer, de l'acier et d'autres métaux fusibles. Le conférencier termine en montrant, au moyen de chiffres d'exploitation, qu'on a déjà obtenu des résultats excellents avec le système de chauffage à l'huile existant actuellement.

(Communication de M. *R. Hausenfelder*, Verein Deutscher Giessereifachleute, mai 1913.)

La fonderie de l'acier en Espagne, spécialement au point de vue militaire. — La fonderie d'acier n'a pas pris un grand développement en Espagne : on ne trouve guère que deux ou trois usines dans la Biscaye et une ou deux dans les Asturies. Ces usines travaillent pour l'industrie privée et ne fondent que rarement des pièces supérieures à 6 tonnes. Mais où le moulage de l'acier a pris un grand développement, c'est à la Fabrique nationale de Trubia. Cet établissement n'est pas seulement outillé pour la fabrication mécanique des canons, affûts et projectiles ; il comprend aussi un grand atelier de fusion, une forge et un atelier pour la trempe, le recuit et le revenu des grandes et petites pièces entrant dans la construction des canons. L'atelier de fusion comprend deux fours, l'un de 50 tonnes et l'autre de 16, en sorte qu'on peut couler des lingots ou moulages atteignant 60 tonnes. La forge comprend deux presses à forger de 3 000 et 1 200 tonnes, chacune servie par deux fours à réchauffer. L'atelier de trempe comprend deux fours verticaux pour les grands, moyens et petits canons, et deux autres pour le recuit et le revenu.

A Trubia, comme dans tous les autres établissements construisant aujourd'hui du matériel d'artillerie, l'acier moulé est à peu près exclusivement employé dans les affûts ou les moulages compliqués. Il offre là l'avantage de remplacer les affûts en tôles et profilés, qui nécessitent un travail mécanique considérable, car il peut acquérir, par un traitement thermique rationnel, les propriétés physiques et mécaniques de l'acier forgé.

En ce qui concerne la construction des canons proprement dits, en dépit des expériences faites à l'Usine de Terre-Noire, il y a plus de 30 ans, notamment par M. Pourcel, qui démontra la possibilité de faire, en acier moulé, des frettes pour canons jusqu'au calibre de 10 centimètres, tous les Gouvernements d'Europe et d'Amérique continuent à employer exclusivement l'acier forgé et trempé pour la fabrication des canons.

L'auteur rappelle le procédé de double trempe à l'huile, imaginé par Pourcel pour le traitement des frettes en acier moulé. Ce procédé a été appliqué avec grand succès par l'Usine suédoise de Bofors, qui a récemment produit des canons de 21 et de 24 centimètres entièrement en acier moulé. Pourquoi ne suivrait-on pas cette voie ? Le général Cubillo pense que les deux raisons principales qui s'opposent encore à l'adoption de l'acier moulé par les Gouvernements pour la construction des bouches à feu sont le danger des soufflures et la difficulté de couler les longs tubes de canons de 25 ou 30 centimètres et de 50 calibres de longueur.

A Trubia, la fusion de l'acier se fait au four Siemens de 16 tonnes. On emploie comme matières premières, pour la charge de ce four, moitié fonte de Bilbao et moitié *scraps* formés par des masselottes d'autres pièces moulées, des rebuts de pièces forgées et des têtes de lingots.

Les premières matières se chargent froides. On affine le métal au moyen du riche et pur minerai de fer Campanil, le meilleur que l'on puisse trouver à présent à Bilbao. L'officier chargé de l'atelier de fusion de l'acier analyse pendant l'affinage, au moyen de la méthode colorimétrique, le carbone du métal, et le bain une fois arrivé au pourcentage désiré, on fait les additions des désoxydants, ferro-manganèse et ferro-silicium, et après les avoir bien mélangés au bain, on coule au moyen d'une grande poche suspendue à un pont roulant de 50 tonnes.

Matières premières pour le moulage : sables réfractaires. — L'Arsenal de Trubia n'a pas encore réussi à trouver des matériaux réfractaires propres au moulage de l'acier ; on fait un mélange composé de chamotte argile, ciment de Dinas et coke en poudre. Pour une quantité de 700 kg de chamotte, on fait une addition de 95 kg d'argile, 50 kg de ciment de Dinas et 79 kg de coke en poudre. On additionne aussi la quantité d'eau nécessaire pour former un mélange consistant.

La composition de la chamotte est la suivante : H^2O à 105° C. : 0,115% ; SiO^2 : 50,21% ; P^2O^5 : 0,200% ; Fe^2O^3 : 5,50% ; Al^2O^3 : 42% ; MgO : 0,97% ; densité, 2,38.

Le ciment de Dinas a la composition suivante : perte par calcination, 0,70 % ; SiO^2, 95,55 ; Fe^2O^3 Al^2O^3, 1,90%.

Les châssis employés sont très forts et robustes ; généralement ils ont une section carrée ; le côté du carré est seul variable ; la hauteur est constante.

Les châssis sont toujours très forts. L'opération du moulage se conduit de la manière ordinaire pour les pièces moulées en acier, en ayant bien soin de répartir convenablement les masselottes, afin d'obtenir des pièces sans retassures.

Les moules sont enduits d'un mélange ayant la composition suivante : chamotte en poudre et tamisée, 4 parties ; ciment de Dinas, 1/2 par-

Digitized by Google

tie : graphite : 1 partie ; le tout parfaitement mélangé et additionné d'eau pour former un liquide assez clair.

Les pièces moulées sont, après complet refroidissement, recuites à 900° C., c'est-à-dire au-dessus du point de transformation.

(Communication de M. *L. Cubillo*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 26 mai-1er juin 1913.)

PHYSIQUE

Combustion superficielle sans flamme (1). — M. *Hausen*, de Berlin, indique le travail de *Kurzbrunner*, de Londres, paru dans la « Feuerungs technik », qui traite particulièrement le côté technique de la question.

M. *Fink* signale quelques points d'une importance capitale pour l'application de la combustion superficielle, principalement les frais de production de l'air et du gaz, puis le prix de revient du gaz et du matériel, à de si hautes températures ; à des températures trop élevées, les matériaux poreux se mettent à couler, comme *Bone* l'indique également.

M. *Meyer* traite du chauffage des chaudières : l'effet utile de 93-95 % indiqué par *Hausen* doit être trop élevé, car la température des gaz d'échappement est en pratique de 135 à 140, et non 70, ce qui ramène l'effet utile à 89 %, et même à moins, si l'on envisage les frais de compression ; on arrive ainsi à 84 %, ce qui peut s'obtenir aussi par le chauffage direct au charbon. Par l'emploi des brûleurs à gaz, les conditions sont plus favorables, on peut rétrécir les tuyaux de conduite des gaz, et augmenter ainsi la vitesse de ces gaz ; le coefficient de transmission de chaleur est quadruplé ou sextuplé quand la vitesse est décuplée. La chaudière de *Holzwart*, dit M. *Meyer*, a un effet utile de 85-90 %.

M *Blum* croit que, par suite du rétrécissement des tubes de chauffage, ceux-ci se percent facilement, par surchauffe, de sorte que cette modification n'est pas applicable. Dans la combustion superficielle, les tubes bouilleurs ne peuvent pas se percer, parce que la combustion a lieu dans le sein de la masse de contact.

D'après les expériences exécutées en Amérique sur le chauffage par contact, on a pu employer sans inconvénients des gaz contenant du soufre : on peut même travailler sans compression : on peut mettre en communication le four à gaz avec le ventilateur à air *Lucky*, qui donne constamment les quantités de gaz et d'air correspondant à leur rapport théorique, quelle que soit la quantité d'air.

(Jahresversammlung des Markischen Vereins von Gas, Elektricität und Wasserfachmänner, Berlin, 6 avril 1913.)

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Projets de rues et routes nouvelles. — Dix rapports furent présentés exposant chacun les considérations dominantes dont s'inspirent les différentes nations ; certains rapporteurs mettent au premier plan l'intérêt de la circulation ; d'autres (les Belges notamment), sont surtout préoccupés d'esthétique ; le rapporteur français, M. Stoclet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du département du Nord, s'attache aux imperfections de la législation française en matière d'expropriation et préconise la création de voies de grande largeur.

Le rapporteur général, M. Adshead, fit voter les conclusions suivantes :

1° Créer les grandes routes nouvelles en évitant les agglomérations ; lorsqu'une grande route s'étrangle à la traversée d'une ville, créer une déviation extérieure plutôt que d'élargir la rue intérieure ;

2° Réduire le plus possible les déclivités des routes nouvelles, surtout quand les chaussées doivent être empruntées par des voies de tramways ;

3° Donner aux courbes des rayons tels que le champ de visibilité à l'avant soit toujours nettement dégagé et indiquer toujours la présence de courbes de faible rayon ;

4° Etablir les voies de tramways sur une plate-forme spéciale, ou, si cela est impossible, les aménager au centre de la chaussée avec circulation des voitures de part et d'autre ;

5° Donner au profil en travers des dispositions telles qu'on trouve des pistes spéciales pour les voies de tramways, pour la circulation lente, pour la circulation rapide et pour des voitures en stationnement ;

6° Entreprendre sans retard l'étude de la création de voies nouvelles établies sur les bases précitées.

(Rapports présentés au IIIe Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

Construction de routes empierrées avec liants de matières goudronneuses, bitumineuses ou asphaltiques. — Cette question fut traitée avec une ampleur particulière ; 12 mémoires furent présentés ; les conclusions que fit adopter le rapporteur général, M. J. Walker Smith, sont les suivantes :

1° Fondation et drainage. — Nécessité absolue de disposer d'un sous-sol convenablement assaini et asséché, parce que le revêtement est coûteux et doit être par conséquent durable, et aussi parce que les routes sur lesquelles on fait de semblables revêtements sont celles dont la fatigue tend le plus à s'accroître ;

2° Dimensions et forme de la pierre cassée à noyer dans le liant :

a) Pour un macadam ordinaire, et goudronnage superficiel, faire usage de matériaux cubiques durs et anguleux, de 4 à 6 cm de côté ;

b) Quand on doit établir plusieurs couches, les éléments les plus petits, supportant l'usure directe, seront disposés à la surface ; dans les revêtements goudronneux, bitumineux ou asphaltiques, il faudra donner aux matériaux des dimensions telles que les vides soient réduits au minimum :

c) Poursuivre les essais entrepris pour l'emploi, par pénétration, des revêtements goudronneux, bitumineux ou asphaltiques ; ne prendre que des matériaux cubiques et à angles vifs ;

d) D'une manière générale, poursuivre les expériences commencées dans tous les pays ;

3° Emploi de matériaux partiellement usés. — Peut être fait après une épuration soignée, mais seulement en sous-couches ;

4° Importance des réparations partielles et des renouvellements périodiques du revêtement. — Nécessité absolue de ne pas négliger l'entretien sur les revêtements goudronneux, bitumineux ou asphaltiques ;

5° Usure admissible avant renouvellement. — A déterminer en tenant compte de la nécessité de ne pas descendre au-dessous de certaines limites ;

6° Méthodes d'emploi des substances goudronneuses, bitumineuses ou asphaltiques :

a) Faire usage de pierres sèches, au besoin chauffées pour assurer l'adhérence au liant ;

b) Opérer par beau temps et sur fondation bien consistante ;

c) Eviter l'excès du liant ;

d) Eviter les rouleaux compresseurs trop lourds ;

7° Essais et analyse chimique des composés goudronneux, bitumineux et asphaltiques. — Ces essais sont indispensables ; il y aurait intérêt à uniformiser les spécifications des caractéristiques principales et les méthodes d'essai pour leur détermination ;

8° Chaussées glissantes. Remèdes. — Les chaussées glissantes peuvent être évitées souvent par un bon nettoyage, dans tous les cas par l'épandage de gravier anguleux ;

9° Effets sur la santé publique, la vie des poissons ou la végétation. — On peut aisément déterminer des liants bitumineux qui ne présentent que des avantages à ces différents points de vue ;

10° Nettoyage et arrosage. — L'emploi de liants goudronneux, bitumineux ou asphaltiques permet de réaliser des économies sur ce point.

(Rapports présentés au IIIe Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

Réglementation de la circulation rapide ou lente sur les routes. — Le rapporteur général, Lord Montagu of Beaulieu, résume les 9 rapports et le Congrès approuve le résumé suivant :

1° La réglementation de la circulation doit permettre aux véhicules de marcher à la vitesse compatible avec la sécurité publique et la conservation de la voie ;

2° Il faut, en matière de vitesse, des règles simples et peu nombreuses

3° Dans les grandes villes, la réglementation doit émaner de l'autorité locale ;

4° Le personnel de surveillance doit être nombreux ;

5° Il faut apprendre aux enfants à se protéger contre les dangers de la route et soumettre les conducteurs à un apprentissage méthodique ;

6° La route doit ne présenter aucun obstacle, sauf un refuge pour piétons ;

7° On ne doit pas tolérer les stationnements trop prolongés des véhicules ni le dépôt d'objets sur la chaussée.

(Rapports présentés au IIIe Congrès International de la Route. Londres, juin 1913.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 46.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

La production de la fonte, du fer et de l'acier en France en 1912 (1).

Fonte. — La production de la fonte, en France qui avait été de 2 840 000 t en 1903, de 3 590 000 en 1907, a atteint 4 470 000 en 1911 et 4 949 000 t en 1912.

La France est dépassée dans le monde, pour cette production, par les Etats-Unis (29 727 000 t en 1912), l'Allemagne (17 853 000 t) et l'Angleterre (9 719 000 t).

Viennent ensuite : la Russie (3 592 000 t), la Belgique (2 345 000 t) et l'Autriche (1 596 000 t).

La production de fonte française se répartit ainsi par régions en 1912 :

Est	3 455 000 t
Nord	816 000
Centre	187 000
Sud-Ouest	260 000
Sud-Est	165 000
Ouest	66 000
TOTAL	4 949 000 t

D'après la statistique du Ministère des Travaux publics, la production de la fonte se répartit comme suit :

	1911	1912
Fonte de moul. (1re et 2e fusion).	824 000	864 000 t
Fonte d'affinage — Fonte Thomas ..	2 840 000	3 325 000
Fonte d'affinage — — Martin ..	642 000	537 000
Fonte d'affinage — — Bessemer .	96 000	156 000
Fontes spéciales et diverses..	68 000	67 000
TOTAUX. . . .	4 470 000	4 949 000 t

L'augmentation porte presque exclusivement sur la fonte Thomas, tandis qu'il y a eu fléchissement du chiffre de la production de fonte Martin.

La production des diverses catégories de fonte se répartit ainsi par régions en 1912 (Tab. I):

Enfin, la construction de 2 hauts fourneaux, près de Dunkerque, est entreprise par la Société des Aciéries de Firminy.

La consommation de la fonte, en France, en 1912, a été de 4 783 000 t ; elle est donc inférieure à notre production, ce qui nous a permis d'exporter 255 000 t de fonte (dont 93 000 t en Belgique), tandis que nous n'en avons acheté que 89 000 t à l'étranger (surtout en Angleterre et en Allemagne).

Toujours pendant l'année 1912, les usines françaises ont consommé 12 016 000 t de minerais de fer français, 1 126 000 t de minerais de fer étrangers, 225 000 t de minerais de manganèse et 841 000 t de riblons, scories et résidus de grillage des pyrites.

Le nombre des ouvriers occupés dans les usines productrices de fonte est de près de 15.000.

Fer. — La production des produits finis en fer est passée de 670 000 t en 1905 à 518 000 t en 1911. La baisse constatée chaque année dans cette production est d'ailleurs plus que compensée par la progression de la production des produits finis en acier.

Le total de 1911 se répartit ainsi :

Production par puddlage	255 900 t
— par réchauffage	260 400
— par affinage	1 600

La proportion des produits finis a été la suivante :

Fers marchands	454 000 t
Tôles et larges plats	59 000
Pièces de forge	5 000

Le nombre des fours à puddler est tombé de 266 en 1911 à 242 en 1912. Les établissements du Creusot viennent de cesser la fabrication du fer, en mars 1913, et de lui substituer complètement l'acier : la diminution constatée va donc encore s'accentuer.

TABLEAU I. — PRODUCTION DES DIVERSES CATÉGORIES DE FONTES, PAR RÉGIONS, EN 1912

	Est	Nord	Centre	Sud-Ouest	Sud-Est	Ouest	Total
	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Fonte de moulage (1re et 2e fusion).	686 000	28 000	23 000	83 000	19 000	25 000	864 000
Fonte d'affinage — Fonte Thomas..	2 564 000	598 000	79 000	84 000	»	»	3 325 000
Fonte d'affinage — — Martin...	203 000	99 000	85 000	38 000	71 000	41 000	537 000
Fonte d'affinage — — Bessemer.	»	67 000	»	43 000	46 000	»	156 000
Fontes spéciales et diverses.....	2 000	24 000	»	12 000	29 000	»	67 000
TOTAUX.....	3 455 000	816 000	187 000	260 000	165 000	66 000	4 949 000

TABLEAU II. — PRODUCTION DES DIVERSES CATÉGORIES D'ACIERS, PAR RÉGIONS, EN 1912

	Est	Nord	Centre	Sud-Ouest	Sud-Est	Ouest	Total
	Tornes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Acier Thomas.....	2 159 000	524 000	64 000	67 000	»	»	2 814 000
— Martin.....	241 000	507 000	409 000	68 000	64 000	152 000	1 441 000
— Bessemer.....	2 000	37 000	2 000	37 000	36 000	1 000	115 000
— au creuset et au four électrique.	»	»	20 000	3 000	11 000	»	34 000
TOTAUX.....	2 402 000	1 068 000	495 000	175 000	111 000	153 000	4 404 000

En 1912, le nombre des hauts fourneaux français était de 148, dont 125 ont été à feu. Presque tous sont alimentés au coke. Ils occupaient près de 15 000 ouvriers.

14 hauts fourneaux sont en construction, dont 9 dans l'Est et 2 dans le Nord.

Les usines nouvelles les plus importantes sont celles de Pont-à-Vendin et de Caen. Une Société sidérurgique construit 2 fourneaux pour fonte hématite à Rouen.

(1) D'après le Comité des Forges de France (circulaire n° 523, bulletins nos 3179 et 3185)

Acier. — La production totale des lingots d'acier en France, qui avait été de 2 750 000 t en 1907, est montée à 3 837 000 t en 1911 et à 4 404 000 t en 1912.

Nous sommes dépassés, pour cette production, par les Etats-Unis (29 745 000 t), l'Allemagne (15 019 000 t), l'Angleterre (6. 462 000 t); viennent ensuite : la Russie (3 760 000 t), l'Autriche-Hongrie (2 785 000 t), la Belgique (2 193 000 t), etc.

La répartition de la production française des lingots d'acier, en 1912, a été la suivante, par régions :

Est	2 413 000 t
Nord	1 071 000
Centre	495 000
Sud-Ouest	157 000
Sud-Est	109 000
Ouest	159 000
TOTAL	4 404 000 t

Le département de Meurthe-et-Moselle, avec 2 212 000 t, fournit donc plus de la moitié de notre production.

La production, par nature d'acier et par régions, en 1912, est indiquée au Tableau II.

La proportion est d'environ 63 % pour l'acier Thomas et 33 % pour l'acier Martin.

Des 4 078 000 t de lingots produits par les adhérents du Comité des forges de France, 106 000 t ont été vendues. Le reste, soit 3 972 000 t, a été réparti en 1 472 000 t de lingots transformés directement en produits finis et 2 500 000 t de lingots transformés en demi-produits (blooms et billettes).

Les 2 500 000 t de lingots transformés en demi-produits ont donné 1 262 000 t de blooms et 715 000 t de billettes.

La production des produits finis pour la vente, par les adhérents au Comité des forges de France, a été la suivante en 1912 :

Poutrelles	483 000 t
Rails, traverses et éclisses.	531 000
Tôles et larges plats.	569 000
Produits marchands et profilés divers.	969 000
Fils et machines.	200 000
Moulages d'acier.	59 000
Fer-blanc.	41 000
Produits divers (bandages, pièces de forges, tubes et tuyaux)	177 000
TOTAL.	3 029 000 t

Les aciéries françaises comprenaient, en 1912, 88 convertisseurs, 142 fours Martin, 795 creusets et 500 trains de laminoirs.

Le nombre des ouvriers employés a été de 87.000. En y ajoutant les 15.000 ouvriers des hauts fourneaux, on arrive à un total de 102.000 ouvriers pour la grosse sidérurgie française.

La France a consommé en 1912, 4 206 793 t d'acier, soit un peu moins que sa production ; elle a donc pu en exporter 654 951 t, tandis qu'elle n'en a importé que 457 744 t. P. B.

La production du coke en France en 1912.

La production du coke, en France, qui avait été de 2 127 000 t en 1907, est montée à 2 476 000 t en 1911 et à 2 603 000 t en 1912. Pour cette dernière année, la production se répartit ainsi :

Nord et Pas-de-Calais	2 443 000 fr.
Loire	141 000
Gard	19 000

C'est toujours à Lens que l'on produit le plus de coke (667 000 t), puis à Béthune (346 000 t), Aniche (298 000 t) et Dourges (274 000 t).

Le plus gros producteur du centre est la Cie des houillères de St-Etienne (93 000 t), puis viennent Firminy (31 000 t) et les mines de la Loire (17 000 t).

Les importations de coke en France ont été de 2 175 000 t en 1907, 2 320 000 t en 1911 et 2 789 000 t en 1912, d'une valeur de 73 millions de fr. Pour cette dernière année, la répartition est la suivante par pays de provenance :

Allemagne	2 300 000 t
Belgique.	426 000
Autres pays.	64 000

Les exportations françaises de coke ont été seulement de 184 000 t en 1911 et de 218 000 t en 1912. P. B.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e Semestre). — Tome VII. — No 5. 1er SEPTEMBRE 1913

La Technique Moderne

AÉRONAUTIQUE

LES DIRIGEABLES FRANÇAIS LES PLUS RÉCENTS

Les carènes des dirigeables (1) doivent présenter, dans le sens de la marche, une forme allongée capable de diminuer les résistances à l'avancement. De plus, cette forme doit être conservée, quelle que soit la vitesse du navire aérien. Le mode de conservation de cette forme a créé deux types principaux de dirigeables. Dans les uns, construits plus spécialement en France, la carène est constituée par l'enveloppe même contenant à son intérieur l'hydrogène ; la pression de ce gaz est légèrement supérieure à la pression extérieure, et cette pression peut être augmentée dans certaines limites par le gonflement à l'air de ballonnets baignant dans l'hydrogène. Ces dirigeables, dits souples ou à ballonnet intérieur, ont représenté pendant longtemps la doctrine française. En Allemagne, le comte Zeppelin a mis au point un type dans lequel la carène est constituée par une carcasse rigide, contenant intérieurement des ballons remplis d'hydrogène; ces ballons sont identiques aux enveloppes des ballons libres et ne comportent aucun ballonnet à leur intérieur (fig. 1). Une enveloppe recouvre bien la carcasse solide ajourée (afin de diminuer son poids), mais cette enveloppe ne contient pas d'hydrogène dans son intérieur; elle a seulement pour but de réduire au minimum les résistances à l'avancement de la carène, résistances qui seraient très grandes avec les remous que produirait la carcasse non recouverte.

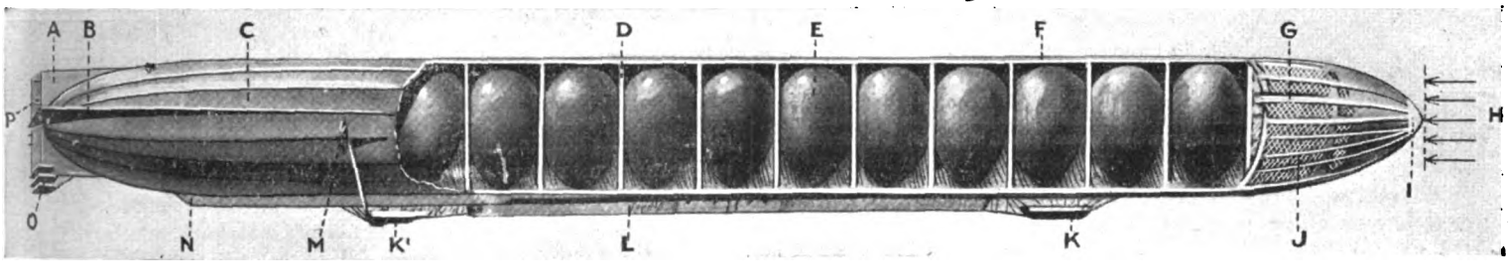


Fig. 1. — Compartimentage intérieur des ballons rigides.

A, empennage vertical; B, empennage horizontal; C, carène; D, cloison séparatrice des compartiments; E, ballon contenu dans un compartiment; F, paroi extérieure rigide de la carène; G, longerons réunissant les cloisons; H, résistance de l'air; I, pointe AV de la carène; J, filet; K, nacelle AV; K', nacelle AR; L, compartiment reliant les deux nacelles; M, hélice; N, quille; O, gouvernail d'altitude; P, gouvernail de direction.

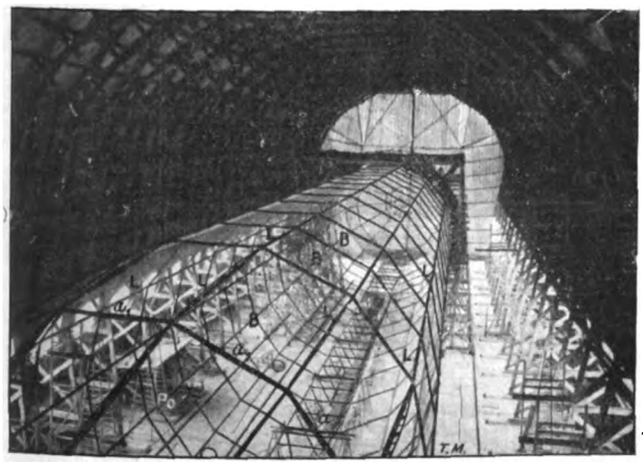


Fig. 2. — Vue de la carcasse du *Spiess*.

B, cavités contenant chacune un ballon; L, longerons rendant solidaires les cloisons polygonales limitant les cavités à ballons; a_1, côtés des cloisons polygonales.

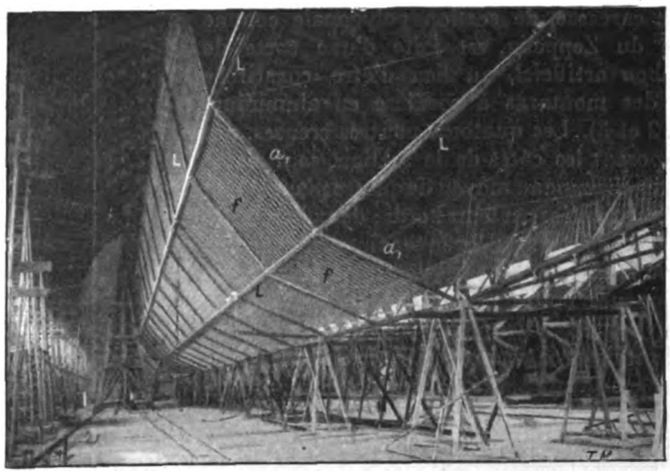


Fig. 3. — Dispositif de la carcasse du *Spiess*.

L, longerons reliant es couples polygonaux formés des côtés a_1; f, filet

I. Le dirigeable « Spiess ». — Si le comte Zeppelin a mis au point ce type de dirigeable rigide, l'idée ne semble pas lui appar-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 6 (juin 1910), p. 321, n° 7 (juillet 1910), p. 397. n° 8 (août 1910), p. 492, n° 10 (octobre 1910), p. 543, n° 12 (décembre 1910), p. 682 ; t. III, n° 2 (février 1911), p. 88; t. V, n° 4 (15 août 1912), p. 139 ; t. VI (supplément au n° 2, 15 janvier 1913), n° 10 (15 mai 1912), p. 398. — Voir aussi bibliothèque de *La Technique Moderne* (Supplément au n° d'octobre 1910) : *La Flotte aérienne*.

Digitized by Google

tenir. Elle est due à un Français, M. Spiess, qui en 1873 a déposé une demande de brevet relative à la construction d'un navire aérien dirigeable constitué « par un système de ballons réunis et conjugués à leur équateur dans une carapace avec laquelle il ne forme qu'un seul et unique appareil, de manière à composer un tout solidaire. Dans ce système, l'aérostat et la nacelle ne forment

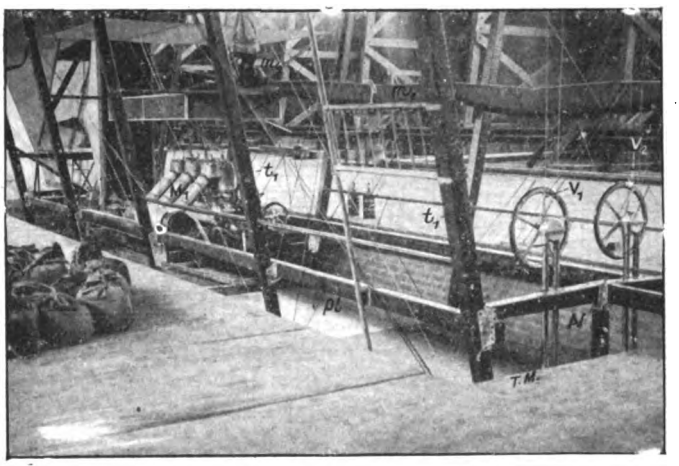


FIG. 4. — La nacelle avant du *Spiess*.

M_1, moteur; V_1, V_2, volants de commande des gouvernails de profondeur et de direction; m_1, manche de gonflement courant sur toute la longueur de la carène; m_2, manche de gonflement branchée sur la manche m_1 et allant à l'un des ballons; *pl*, plancher de la nacelle; t_1, montants en bois creux reliant la nacelle à la carcasse.

qu'un seul appareil rigide, auquel on peut facilement adapter des moteurs et des propulseurs. »

Le dirigeable, qui fait actuellement ses essais au-dessus de la plaine de Saint-Cyr-l'Ecole, est naturellement assez différent du projet primitif de son inventeur. Les constructeurs actuels se sont inspirés de l'expérience acquise dans les essais des Zeppelin. Cependant sa construction présente des particularités, qui lui donnent une originalité propre.

La carcasse, de section polygonale comme celle du Zeppelin, est faite d'une sorte de bambou artificiel, au lieu d'être constituée par des montants à cornière en aluminium (fig. 2 et 3). Les quatorze poutres creuses, qui composent les côtés de la section, sont construites chacune au moyen de quatre planchettes vissées et collées par leurs bords; deux bandes de fortetoile sont enroulées en sens inverse et collées sur la surface extérieure de ces poutres, sortes de longues boîtes présentant, de distance en distance, des parties pleines, capables de donner de la résistance, comme il en existe dans les bambous naturels. L'entoilement, qui constitue en quelque sorte un frettage, s'oppose à l'écartement des planchettes sous l'action des charges aux extrémités, charges susceptibles de faire travailler la poutre à la compression. L'épaisseur des parois de ces poutres creuses varie de 6 à 12 mm. Une de ces poutres de 8 m de longueur, pesant 19 kg, a supporté durant les essais une charge de 7 000 kg.

L'ensemble de la carcasse est constitué par 14 cavités; 12 d'entre elles sont limitées par des cloisons polygonales (à 14 côtés), dont la rigidité est assurée au moyen de tiges d'acier partant d'un anneau central et aboutissant à chacun des sommets du polygone; ce rayonnement de tiges est analogue à celui des rayons d'une roue de bicyclette. Ces couples sont reliés entre eux par des longerons.

Chacune des douze cavités (prismes à 14 faces) contient, à l'intérieur d'un filet, un ballon gonflé à l'hydrogène. Les deux cavités des extrémités qui se terminent en ogive (cône arrière plus effilé que le cône avant) sont vides. La distance de deux couples est égale à 9 m. Le volume de chacun des ballons est égal à 1 100 m³ environ, soit un volume d'environ 13 000 m³ d'hydrogène, capables d'enlever 13 000 à 13 500 kg de poids solide. Si on compte 4 500 kg pour le poids de l'armature solide, on voit qu'un tel ballon est tout au plus équivalent, au point de vue de la force ascensionnelle, à un dirigeable souple de 9 000 m³.

La longueur totale du dirigeable est égale à 113 m et le diamètre de son corps cylindrique est égal à 13 m. La hauteur totale de la construction, y compris les nacelles, est égale à 17 m. La surface de la section cylindrique est égale à 125 m².

Quelle est la puissance des moteurs qu'il faut mettre sur un tel dirigeable, pour réaliser une vitesse de 20 m par seconde, soit 72 kil à l'heure ?

Si on appelle $\mathcal{V}$ le volume de la carène d'un dirigeable; a, le poids du mètre cube d'air dans certaines conditions de température et de pression; g, l'intensité de la pesanteur; V, la vitesse du dirigeable; la résistance à l'avancement d'un tel engin a pour expression

$$R = \xi \times \mathcal{V}^{\frac{2}{3}} \times \frac{a}{g} \times V^2$$

ξ est un coefficient convenable, qui a les mêmes dimensions que l'inverse d'un volume. Il a été mesuré par la Société Zeppelin sur un de ses derniers types et trouvé égal à 0,0326 (unités : mètre, kgram., seconde). Adoptons ici ce nombre. La puissance en chevaux nécessaire pour obtenir une vitesse de 20 m par seconde est

$$\frac{0{,}0326\ (13\,000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 20^3}{75} = 240 \text{ chevaux.}$$

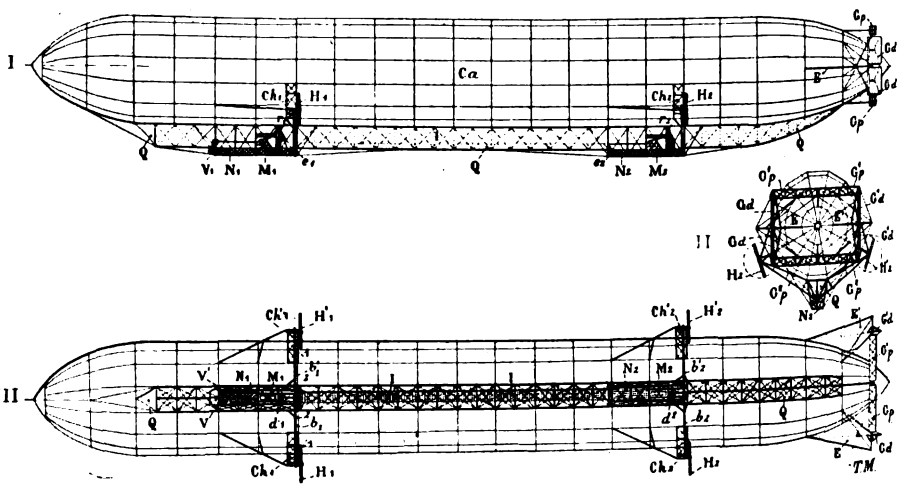


FIG. 5. — Le dirigeable *Spiess*.

I. *Vue longitudinale en élévation :* *Ca*, carène; Ch_1, charpente supportant le palier à billes de l'hélice H_1; Ch_2, charpente supportant le palier à billes de l'hélice H_2; E, empennage horizontal; G*d*, gouvernail vertical en deux panneaux; G*p*, gouvernail de profondeur; H_1, H_2, hélices de babord; I, couloir conduisant de la nacelle AV à la nacelle AR; M_1, moteur de la nacelle AV; M_2, moteur de la nacelle AR; N_1, nacelle AV; N_2, nacelle AR; Q, quille; e_1, e_2, échelles conduisant des nacelles N_1, N_2 au couloir de communication I.

II. *Vue transversale :* E, E', empennages horizontaux de babord et de tribord; G*d*, gouvernail vertical de babord; G¹*d*, gouvernail vertical de tribord; G¹*p*, gouvernails horizontaux supérieurs; G²*p*, gouvernails horizontaux inférieurs; H_2, H'_2, hélices arrière; N_2, nacelle AR; Q, quille.

III. *Vue longitudinale en plan :* Ch'_1, Ch'_2, charpentes supportant les paliers à billes des hélices de tribord H'_1, H'_2; E', empennage horizontal de tribord; G'*d*, G'*p*, gouvernails vertical et horizontal de tribord; H'_1, H'_2, hélices de tribord; V, V', volants de commande des gouvernails; d_1, d_2, embrayages des moteurs M_1, M_2; b_1, b'_1, transmission du mouvement aux hélices H_1, H'_1; b_2, b'_2, transmission du mouvement aux hélices H_2, H'_2; 1, 2, paliers supportant les arbres b_1, b'_1.

Telle est la puissance qui doit être fournie par les hélices. Si on admet 0,70 comme rendement de tout l'appareil de transmission de la puissance aux hélices, on voit qu'il faut des moteurs d'une puissance de 350 chevaux environ. Or les deux moteurs

Digitized by Google

Chenu à 6 cylindres ont chacun une puissance de 175 chevaux.

Le dirigeable en question pourra donc, dans les meilleures conditions, avoir une vitesse propre de 20 m par seconde; mais nous ne croyons pas qu'il la dépasse. On peut dire qu'il sera vraiment dirigeable pour des vents de vitesse égale ou inférieure à 15 ou 16 m par seconde, c'est-à-dire qu'il pourra sortir environ 9 fois sur 10, c'est-à-dire environ 325 jours par an.

Le poids des moteurs en ordre de marche n'est pas inférieur à 1 500 kg (4 kg 3 environ par cheval). Pour une randonnée de 15 heures, il est bon d'embarquer 2 300 litres d'essence et 300 litres d'huile, soit un poids total d'environ 2 300 kg avec les réservoirs. Or, il faut compter sur une telle durée de voyage, si le dirigeable doit aller se rendre compte de l'importance des réserves ennemies au moment de la mobilisation (pointe de 300 kil en pays ennemi, soit 600 kil sans atterrir).

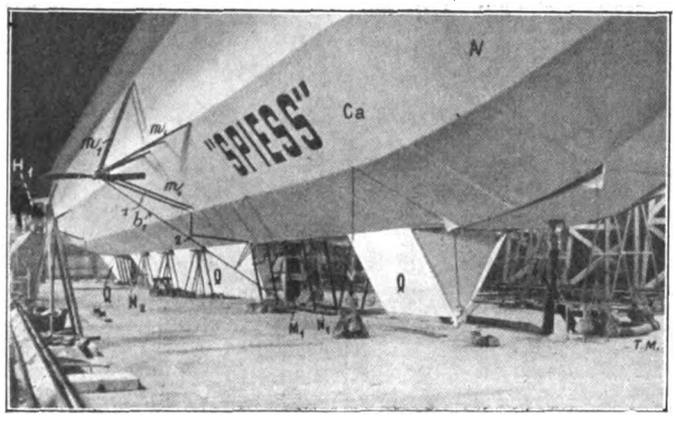


FIG. 6. — Le *Spiess* dans son hangar.

Ca, carène; M_1, moteur de la nacelle avant; N_1, nacelle avant; N_2, nacelle arrière; Q, quille entoilée; b_1, arbre de transmission du mouvement du moteur M_1 à l'hélice H_1; m_1, pylones fixés à la carène et supportant le palier à billes de l'axe de rotation de l'hélice H_1; 1, 2, paliers directeurs de l'arbre b_1.

Chaque moteur se trouve dans une nacelle rigidement fixée à la carène du ballon. La nacelle avant comporte en outre deux volants, l'un pour les gouvernails verticaux de direction, l'autre pour les gouvernails de profondeur qui assurent les manœuvres sur la verticale (fig. 4). En outre, le pilote peut commander par des fils (groupés sur un tableau placé sous sa main), les vannes de 10 réservoirs de water-ballast, contenant ensemble 1 500 kg d'eau. Sur le même tableau sont également groupées les commandes des soupapes portées par les divers ballons, soupapes qui peuvent d'ailleurs s'ouvrir automatiquement quand la pression de l'hydrogène dépasse la limite prévue.

Dans la nacelle arrière, l'espace libre peut être occupé par des passagers.

Chacun des moteurs commande une paire d'hélices en bois à deux pales, de 4 m de diamètre et de 0m,60 de pas, maintenues en encorbellement de part et d'autre de la carène et à peu près à la hauteur de son axe. On oppose ainsi directement la poussée de l'hélice à la résistance à l'avancement, et on diminue le couple de déversement. L'arbre de chaque hélice est supporté par trois paliers, un à billes, les deux autres lisses; il est soutenu par des pylones faisant partie de la carcasse et se trouve à peu près à 5m 25 au-dessus du point bas des nacelles. Les hélices tournant à demi-vitesse de l'arbre du moteur, la démultiplication s'effectue par des pignons coniques engrenant avec ceux de l'arbre des hélices. L'arbre oblique, qui transmet le mouvement du moteur aux hélices, est monté à la cardan et a une longueur de 7m,50.

Les dispositifs de direction et de stabilité sont situés à la pointe arrière de la carène (fig. 5).

Les gouvernails de direction sont formés par quatre plans verticaux, superposés deux à deux; leur surface mesure 45 m² environ.

Quant aux gouvernails de profondeur, ils sont constitués par deux biplans situés entre les gouvernails de direction et aux deux extrémités de ceux-ci. Chacun des plans (au nombre de 4) mesure 8 m de largeur pour 1 m de profondeur, soit 64 m² de surface totale.

A la charpente de soutien des gouvernails sont fixés deux ailerons horizontaux et deux quilles verticales, qui constituent l'empennage fixe.

Enfin, la charpente de la carène fait corps avec celle d'une longue quille à section triangulaire, qui suit la partie centrale et se recourbe à l'arrière pour soutenir le cône arrière. Cette quille, qui est recouverte d'étoffe, comme la carène, sert de couloir pour communiquer entre les deux nacelles. Cette quille a 64 m de longueur (fig. 6).

Ce couloir, qui existe entre les deux nacelles, a besoin d'être bien libre, afin d'être soigneusement ventilé. A cause du voisinage des ballons à hydrogène, il pourrait s'y produire des mélanges détonants susceptibles de s'enflammer par suite d'étincelles électriques, pouvant prendre naissance dans le frottement des étoffes des ballons sustentateurs sur les parois des alvéoles.

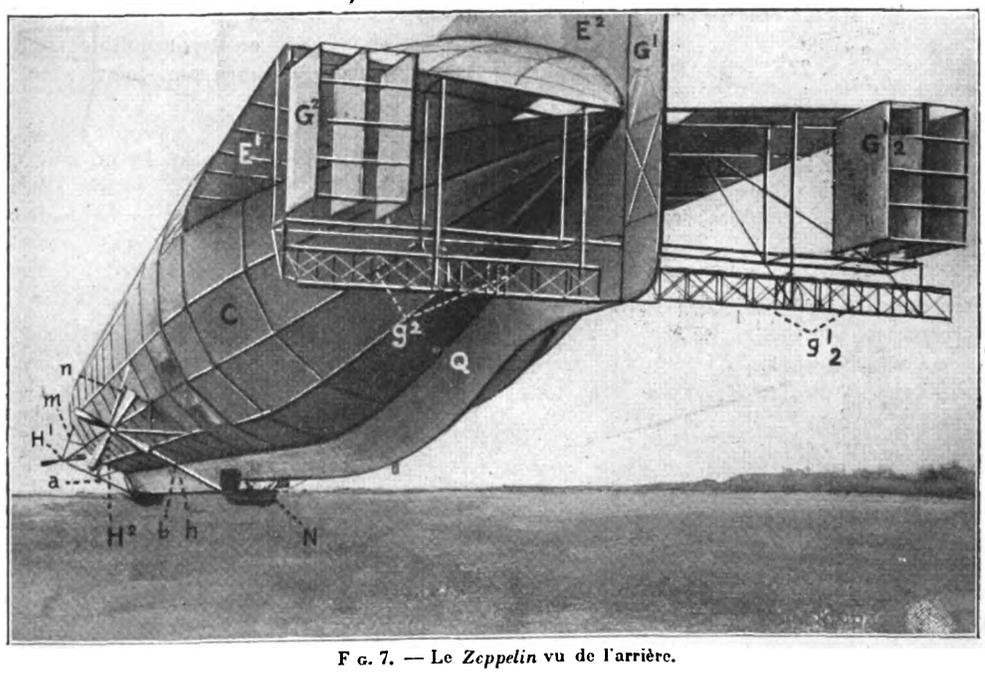


FIG. 7. — Le *Zeppelin* vu de l'arrière.

C, carène; E_1, empennage horizontal; E_2, empennage vertical; G_1, G_2, G'_2, gouvernails verticaux de direction; H_1, H_2, hélices de babord; N, nacelle AR; Q, quille; *a*, *b*, arbres de transmission du mouvement des moteurs aux hélices H_1 et H_2; g_2, g'_2, gouvernails d'altitude; *h*, couloir de communication entre les nacelles; *m*, *n*, pylones soutenant les paliers des arbres de rotation des hélices.

La sortie du hangar et sa rentrée constituent des manœuvres très délicates pour des dirigeables de ces dimensions. Elles sont facilitées par l'entraînement de la carène au moyen de deux chariots mobiles sur des rails, qui se prolongent jusqu'à 150 m en dehors du hangar. Des boucles d'amarrage permettent d'ailleurs de fixer la carène à des corps-morts convenablement disposés.

Le dirigeable que nous venons de décrire n'est qu'un dirigeable d'études, qui n'a pas la prétention de rivaliser avec les Zeppelin. Cependant, il est intéressant de placer, à côté des caractéris

Digitized by Google

tiques précédentes, celles du Zeppelin qui a malencontreusement atterri à Lunéville le 3 avril 1913. Ce dirigeable était en recette et dénommé par la Zeppelin [Luftschiffbaumaschinen Gesellschaft : *Zeppelin* 16 ou *L. Z.* 16. Après sa réception par l'autorité militaire, il prendra la dénomination *Zeppelin IV* ou *Z-IV* (fig. 7).

Il mesure 148 m de longueur pour 15 m de diamètre. Son volume d'hydrogène est égal à 20 000 m³ divisés en 16 ballons de 1 250 m³. Sa force ascensionnelle totale est donc de 20 000 kg. Si l'on compte 6 000 kg pour la carcasse rigide, on voit qu'au

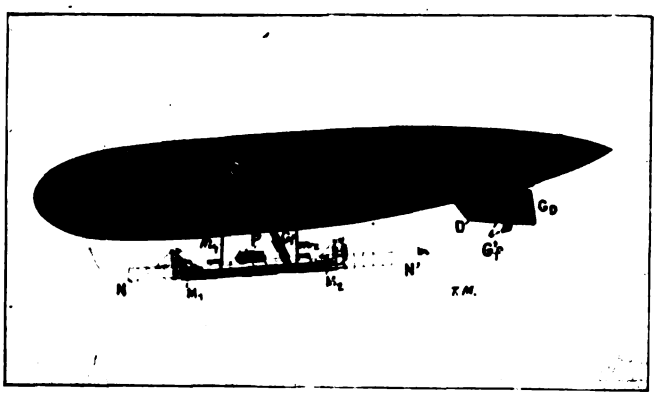


FIG. 8. — Vue du *Commandant-Coutelle*.

C, carène; D, empennage vertical; G_D, gouvernail vertical de direction; G*f*, gouvernail d'altitude central; G'*f*, gouvernail d'altitude de l'arrière conjugué avec le gouvernail central; M_1, M_2, moteurs; NN', poutre armée; P, poste de pilotage; m_1, m_2, manches de gonflement des ballonnets intérieurs.

point de vue de la force ascensionnelle totale, ce dirigeable est équivalent à un ballon souple de 14 000 m³.

La puissance que doivent développer les hélices, pour donner à ce dirigeable une vitesse propre de 22 m par seconde, est donnée par la relation

$$\frac{0{,}0326\ (20\ 000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 22^3}{75} = 426 \text{ chevaux.}$$

soit une puissance des moteurs égale à $\frac{426}{0{,}7} = 608$ chevaux.

Or, le Zeppelin porte 3 moteurs Maybach d'une puissance de 170 ch, soit 510 ch. Nous considérons donc comme exagérée la vitesse de 80 kil à l'heure donnée comme vitesse propre à ce dirigeable. Mais nous croyons que cette vitesse, dans les meilleures conditions, est comprise entre 70 et 75 kil à l'heure (20 à 21 m par seconde). Pour une randonnée de 15 heures, à toute puissance, il faut embarquer sur un tel navire 3 300 litres d'essence et 400 litres d'huile, soit un poids total d'environ 3 200 kg avec les réservoirs. Si on y ajoute 2 200 kg pour les moteurs, cela fait un poids total de 5 400 kg.

Les moteurs sont portés par deux nacelles. Celle du commandement, à l'avant, porte un seul moteur, commandant deux hélices à droite et à gauche, disposées à peu près à la hauteur de l'axe de la carène; ces hélices sont à deux pales chacune et le mouvement leur est communiqué par un arbre avec transmission par pignons d'angle. La nacelle d'arrière porte deux des moteurs, actionnant deux hélices à quatre pales disposées comme les premières. Grâce à un quadruple embrayage, on peut actionner une hélice avec n'importe quel moteur ou une seule hélice avec deux moteurs.

La partie supérieure des deux nacelles est réunie par un couloir en V qui court sous l'aéronat formant une sorte de quille. On pénètre dans ce couloir par un hublot ménagé au-dessus des nacelles et auquel on accède par une petite échelle en aluminium. Dans ce couloir, un plancher en aluminium ondulé, sorte de passerelle de 40 centimètres de largeur, profile sa longue bande brillante de l'avant à l'arrière. C'est dans ce couloir que sont arrimés des pics, pioches, pelles, cordages, instruments de rechange : à son intérieur passent, sous les fils métalliques de commande, toute la signalisation des manœuvres, qui se répètent de la nacelle avant à celle de l'arrière.

Au centre du couloir se trouve la cabine du commandant, avec les baromètres, thermomètres, altimètres enregistreurs. Un water-closet avec chasse d'eau suit, puis un cabinet noir hermétiquement clos pour la photographie, avec cuvette, évier, accessoires ; enfin, une cabine spéciale, avec tous les appareils de télégraphie sans fil. Dans les nacelles se trouvent des instruments pour la mesure de la vitesse du vent, de celle des hélices, de la température de l'hydrogène dans les ballons.

De l'arrière de la nacelle avant part une cheminée verticale ovale, métallique, dressée entre deux des ballons. Des barreaux formant échelle s'entrecroisent et permettent de monter au faîte du ballon. Cette cheminée aboutit à une plateforme carrée de 3 m de côté, sur laquelle peut être installée une mitrailleuse tirant 500 coups à la minute.

II. LE DIRIGEABLE « COMMANDANT COUTELLE ». — La Société Zodiac, qui essaie actuellement le *Spiess*, construit depuis longtemps des ballons à enveloppe souple, dans lesquels la permanence de la forme est obtenue au moyen de ballonnets plongés dans l'hydrogène de gonflement, ballonnets dont on augmente à volonté le volume en y insufflant de l'air. Le dernier venu de la série est le *Commandant-Coutelle*, dirigeable de 8 000 m³ propulsé par deux moteurs de 180 chevaux chacun. Nous allons donner les caractéristiques de ce nouveau dirigeable (fig. 8).

L'enveloppe est en tissu double caoutchouté à fil biais de 1 600 kg de résistance par mètre ; ce tissu pèse 400 gr au mètre carré.

La longueur de la carène souple est égale à 88m,50 ; son diamètre au maître-couple est 14 m, soit un allongement de 6,30 environ.

Quelle est la vitesse propre probable de ce dirigeable ? Le *Capitaine-Ferber* du même type (5 000 m³ ; longueur, 75 m ; diamètre au maître-couple, 12 m ; allongement, 6,25) a réalisé une

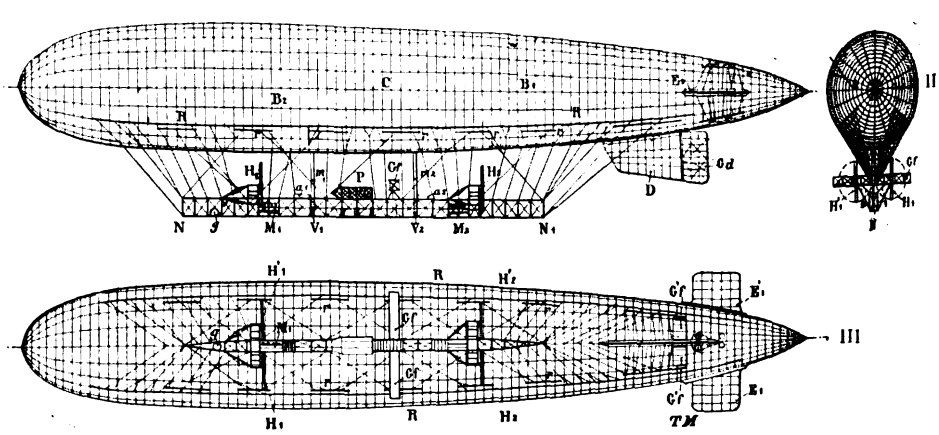


FIG. 9. — Le dirigeable *Commandant-Coutelle*.

I. *Vue longitudinale en élévation* : B_1, B_2, ballonnets intérieurs ; C, carène ; D, empennage vertical ; E_1, empennage horizontal de babord ; G*d*, gouvernail vertical de direction ; G*f*, gouvernail central de profondeur ; H_1, H_2, hélices de babord ; M_1, M_2, moteurs ; NN_1, poutre armée formant nacelle ; P, poste de pilotage ; R, ralingue principale de suspension de la poutre armée ; V_1, V_2, ventilateurs des ballonnets B_1 et B_2 ; a_1, a_2, réservoirs d'essence ; *g*, guide-rope ; m_1, m_2, manches de gonflement des ballonnets B_1 et B_2 ; *r*, ralingues secondaires.

II. *Vue transversale* : C, carène ; G*f*, gouvernail horizontal central ; H_1, H'_1, hélices ; N, nacelle ; 1, 2, arbres de transmission du mouvement des moteurs aux hélices.

III. *Vue longitudinale en plan* : E_1, E'_1, empennages horizontaux ; G*f*, gouvernail horizontal central ; G'*f* gouvernail horizontal de l'arrière ; H'_1, H'_2, hélices de tribord.

Digitized by Google

vitesse propre de 14 m par seconde avec deux moteurs d'une puissance totale de 160 chevaux. Si on admet 0,70 comme rendement de la transmission du mouvement aux hélices, la puissance totale de la poussée des hélices est égale à 112 chevaux. Pour ce dirigeable, le coefficient ξ de la résistance à l'avancement est donné par la relation

$$\xi \times (5000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1,25}{9,81} \times 14^3 = 112 \times 75$$

ou $\xi = 0,084$.

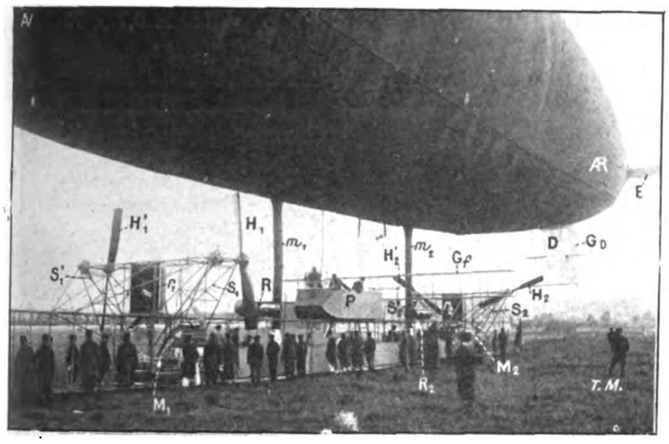


FIG. 10. — L'arrière du *Commandant-Coutelle*.

D, empennage vertical fixé à la carène; E, empennage horizontal fixé à la carène; G_D, gouvernail vertical de direction; G*f*, gouvernail horizontal biplan de profondeur; H_1, H'_1, hélices d'avant; H_2, H'_2, hélices d'arrière; M_1, moteur d'avant; M_2, moteur d'arrière; P, poste de pilotage; R_1, réservoir d'essence alimentant le moteur avant; R_2, réservoir d'essence alimentant le moteur arrière; S_1, S'_1, pylones supportant les hélices d'avant; S_2, S'_2, pylones supportant les hélices d'arrière; m_1, m_2, manches des deux ballonnets; r_1, r_2, radiateurs des moteurs.

Adoptons ce nombre pour le dirigeable actuel. Sa vitesse propre probable, dans les meilleures conditions sera donnée par la relation

$$0,084 \times (8000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1,25}{9\,81} \times V^3 = 225 \times 75$$

V = 16,5 m par seconde, soit 60 kilomètres à l'heure.

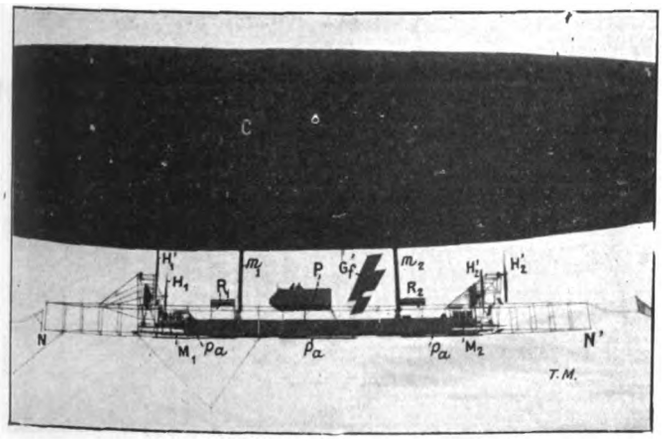


FIG. 11. — La nacelle du *Commandant-Coutelle*.

C, carène; G*f*, gouvernail d'altitude central; H_1, H'_1, hélices d'avant; H_2, H'_2, hélices d'arrière; M_1, M_2, moteurs; N, N', poutre armée; P, poste de pilotage; R_1, R_2, réservoirs d'essence; m_1, m_2, manches des ballonnets intérieurs; p_a, patins d'atterrissage.

Le dirigeable présente deux ballonnets, l'un vers l'avant, l'autre vers l'arrière (fig. 9). Le volume total de ces ballonnets est égal à 2700 mètres cubes, soit à peu près le 1/3 du volume du ballon. Ces ballonnets sont mis en communication au moyen d'une manche. En faisant varier l'état de plénitude des ballonnets l'un par rapport à l'autre, le pilote crée une dissymétrie, qui favorise les changements d'altitude en inclinant l'axe de la carène.

La poutre-nacelle est en tubes d'acier au nickel démontable en un certain nombre de sections. Sa longueur totale est égale à 39m,75 ; sa hauteur maximum et sa largeur au fort sont égales à 2 m (fig. 10).

Le ballon porte deux moteurs de 6 cylindres de 180 ch chacun. Chaque moteur actionne, par l'intermédiaire de pignons d'angle et d'arbres obliques, deux hélices de 4m,80 de diamètre, tournant à 500 tours par minute. Ces hélices sont placées latéralement et leurs axes sont surélevés au-dessus de la nacelle sur un pylone, afin de rapprocher le plus possible l'axe de propulsion de l'axe de la carène. L'écaretemnt d'axe en axe des hélices est égal à 5m,45.

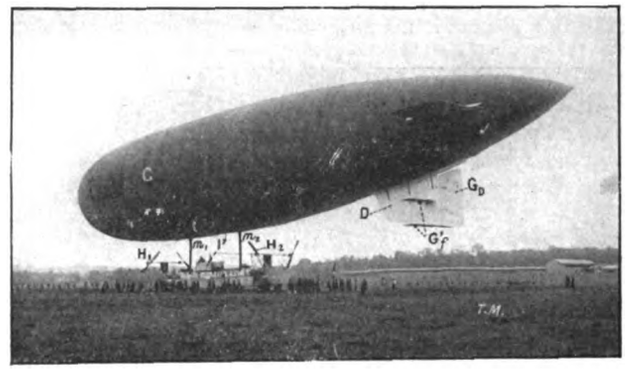


FIG. 12. — Le dirigeable *Commandant-Coutelle*.

C, carène; D, empennage vertical; G_D, gouvernail vertical; G'*f*, gouvernail horizontal de l'arrière; H_1, H_2, hélices; I, poste de pilotage; m_1, m_2, manches des ballonnets intér.eurs.

L'un des moteurs est placé vers l'avant de la nacelle, l'autre vers l'arrière. La distance longitudinale qui sépare les deux paires d'hélices est égale à 26 mètres.

Chaque moteur actionne, en même temps que les hélices, un ventilateur pouvant alimenter indifféremment le ballonnet avant, le ballonnet arrière ou les deux ensemble. On peut ainsi faire les manœuvres propres à faire changer l'équilibre longitudinal de l'appareil.

Le poste du pilote est placé au centre de la nacelle entre les deux moteurs.

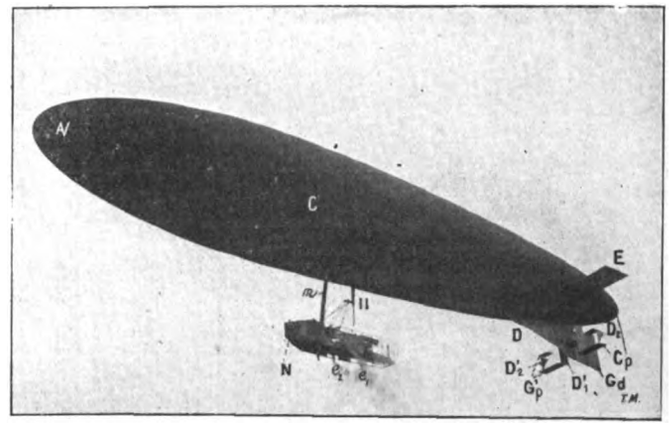


FIG. 13. — Le dirigeable *Fleurus*.

C, carène; D, empennage vertical central; D_1, D_2, D'_2, empennages verticaux latéraux; E, empennage horizontal; G*p*, G'*p*, gouvernails horizontaux; G*d*, gouvernail vertical; H, hélice; N, nacelle; *m*, manche du ballonnet; e_1, e_2, échappements des moteurs.

Les dispositifs de direction et de stabilisation se composent :

1° *d'un gouvernail de profondeur biplan* situé au-dessus de la nacelle et au centre de celle-ci (fig. 11) ;

2° *d'un gouvernail de profondeur biplan* à l'arrière de la carène, gouvernail dont les mouvements sont conjugués avec ceux du gouvernail de profondeur central (fig. 12) ;

3° *d'un gouvernail de direction monoplan* à l'arrière de la carène ;

Digitized by Google

4° *d'un empennage horizontal fixe* à l'arrière de la carène ;

5° *d'une quille verticale précédant le gouvernail de direction* et assurant la stabilité de route.

Toutes les commandes sont irréversibles.

L'équipage se compose de 6 personnes : 2 pilotes, 1 observateur et 3 mécaniciens.

Ce ballon peut enlever la provision d'eau, d'essence et d'huile nécessaire à une marche ininterrompue des deux moteurs à pleine puissance durant 15 heures, soit un poids total de 2 500 kg. Il peut embarquer, outre son équipage, 2 000 kg. de lest.

III. Le dirigeable « fleurus ». — Les ateliers de Chalais-Meudon ont construit un dirigeable souple, le *Fleurus* (fig. 13),

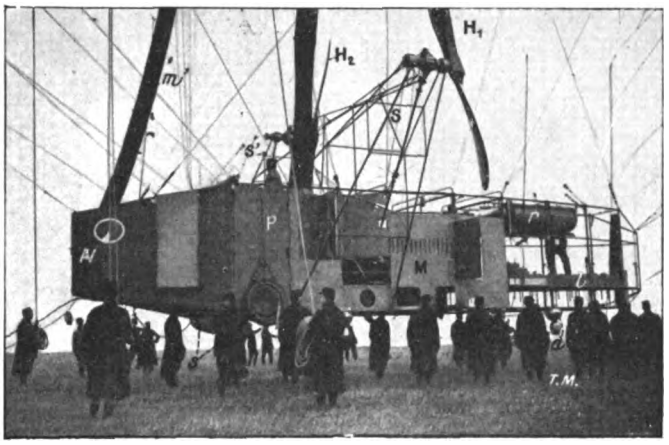


Fig. 14. — La nacelle du *Fleurus*.

H_1, H_2, hélices ; S, S', supports des hélices ; M, moteur ; P, poste de pilotage ; *a*, tampons à ressort de l'atterrissage ; *r*, réservoir à essence ; *m'*, manche de gonflement ; *l*, sacs de lest ; *s*, serpent et guide-rope.

qui se distingue du précédent par sa nacelle de faible longueur (fig. 14). Par suite de ce mode de construction, tous les organes de direction et de stabilisation sont fixés à l'extrémité de la

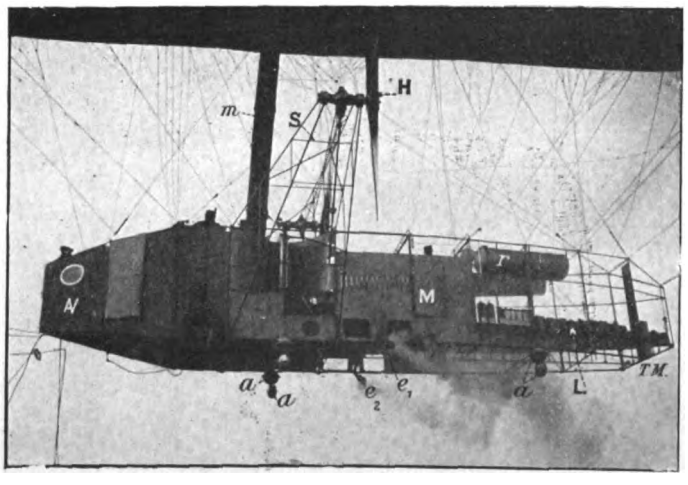


Fig. 15. — La nacelle du *Fleurus*.

H, hélice ; L, sacs de lest ; M, moteur ; S, support de l'hélice ; *a*, tampons d'atterrissage ; e_1, e_2, échappements des moteurs ; *m*, manche du ballonnet.

carène. Ce dirigeable a un volume de 6 500 m³, une longueur de 77 m, un diamètre au maître-couple de 12m,50 (soit un allongement de 6,16). Il estmû par deux moteurs de 80 chevaux Clément-Bayard, actionnant chacun une hélice surélevée au moyen de pylones au-dessus de la nacelle : en cas de panne de l'un des moteurs, l'autre moteur peut actionner les deux hélices.

La nacelle est entièrement métallique en tubes (fig. 15). A l'arrière, un empennage horizontal fixe en deux panneaux latéraux est attaché de part et d'autre de la carène à la hauteur de son axe. Au-dessous de la carène se trouve un panneau d'empennage vertical triangulaire (quille), auquel sont associés des empennages cloisonnés (gouvernail de profondeur) que termine à l'arrière le gouvernail de direction (fig. 16 et 17).

Par suite de la diminution du nombre des câbles de suspension de la nacelle, de la forme ramassée et fuyante de celle-ci, le coefficient ξ, dans la relation qui sert à calculer la vitesse propre, peut être pris égal à 0,05. La vitesse propre d'un tel dirigeable est alors donnée par la relation

$$0{,}05\ (6500)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 20^3 \times V^3 = 160 \times 0{,}7 \times 75$$

V = 15,7 mètres par seconde, soit 56,5 kil. à l'heure.

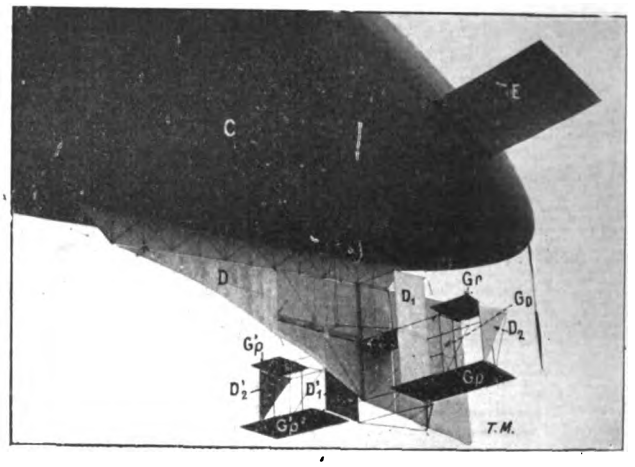


Fig. 16. — L'arrière du *Fleurus*.

C, carène ; D, empennage vertical central ; D_1, D'_1, D_2, D'_2, empennages verticaux latéraux ; E, empennage horizontal ; G_D, gouvernail vertical ; Gp, Gr, G'p, gouvernails horizontaux.

A ces dirigeables, nous allons bientôt adjoindre de grands croiseurs de 20 000 m³, qui sont à l'étude chez nos grands constructeurs : Clément-Bayard, Astra, Lebaudy et Zodiac. On peut se demander quelles sont les puissances motrices nécessaires pour propulser de tels navires à la vitesse de 20 m par seconde, lorsque les coefficients ξ de résistance à l'entraînement varient de 0,05 à 0,08.

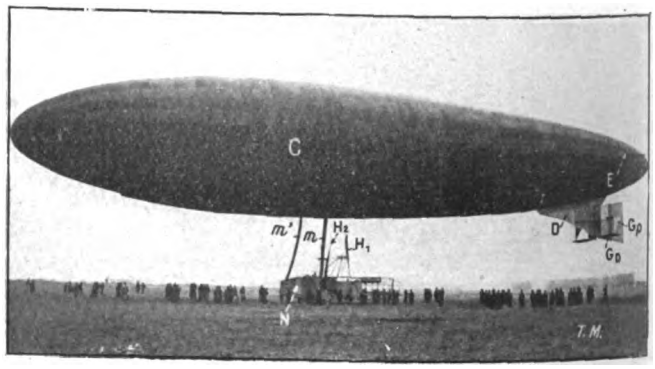


Fig. 17. — Le dirigeable *Fleurus*.

C, carène ; D empennage vertical ; E, empennage horizontal ; H_1, H_2, hélices ; G_D, gouvernail de direction ; Gp, gouvernail de profondeur ; N, nacelle ; *m*, manche du ballonnet ; *m'*, manche de gonflement du ballon.

$\xi = 0{,}05$ $\quad 0{,}05\ (20\,000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 20^3 = 491{,}5$ ch. environ.

$\xi = 0{,}06$ $\quad 0{,}06\ (20\,000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 20^3 = 589{,}6$ — —

$\xi = 0{,}07$ $\quad 0{,}07\ (20\,000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}15}{9{,}81} \times 20^3 = 687{,}9$ — —

$\xi = 0{,}08$ $\quad 0{,}08\ (20\,000)^{\frac{2}{3}} \times \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 20^3 = 786{,}2$ — —

Digitized by Google

En comptant 0,07 comme rendement de la transmission du mouvement du moteur aux hélices, il faut compter sur des puissances de moteurs égales à : 700 ch ($\xi = 0{,}05$) ; 842 ch ($\xi = 0{,}06$) 983 ch ($\xi = 0{,}07$) ; 1123 ch ($\xi = 0{,}08$). Comme on pourra peut-être diminuer le coefficient ξ jusqu'à une valeur comprise entre 0,06 et 0,07, on pourra employer 4 moteurs de 250 ch, à raison de deux par nacelle motrice. Comme dans le Siemens-Schuckert, une troisième nacelle centrale sera probablement nécessaire pour le commandement et les petits moteurs nécessaires au fonctionnement des ventilateurs des ballonnets.

Au point de vue de la force ascensionnelle totale, un tel dirigeable est équivalent à un dirigeable rigide (type Zeppelin) de 30 000 m³ Pour donner à ce dernier une vitesse de 20 m par seconde, il faut produire une puissance motrice égale à

$$\frac{0{,}0326 \times (30\,000)^{\frac{2}{3}} \frac{1{,}25}{9{,}81} \times 2)^3}{75} = 420 \text{ chevaux environ.}$$

Il faudra donc mettre sur le dirigeable des moteurs dont la puissance soit égale à $\frac{420}{0{,}7} = 600$ chevaux.

Le système rigide présente donc l'avantage de diminuer, à force ascensionnelle totale égale, la puissance nécessaire à la propulsion ; on peut en effet conserver au coefficient ξ sa valeur 0,0326 et même la diminuer un peu en allongeant la carcasse, sans augmenter beaucoup son diamètre.

Un autre avantage consiste dans le sectionnement du volume de l'hydrogène en ballons indépendants. Si l'un des ballons vient à être atteint par un projectile et à se dégonfler lentement, l'équipage du dirigeable peut espérer se maintenir en l'air, si toutefois le voyage est à son début. Il ne semble pas que cette éventualité puisse se produire, si le lest a été en grande partie consommé par un long parcours et par une navigation à haute altitude. On a prétendu qu'une catastrophe analogue à celle du *République* n'est pas à craindre avec un Zeppelin. C'est là une assertion un peu gratuite. Qui sait ce qui se passerait si une pale d'hélice venait, en frappant la carcasse, à détruire un ou deux des ballons de 1 200 m³ ? Le déséquilibrage brusque qui en résulterait ne serait-il pas suffisant pour précipiter le navire à terre?

Le grand inconvénient du rigide est de ne pouvoir camper, à moins de circonstances atmosphériques favorables. En cas d'atterrissage en dehors de son hangar, il ne peut être dégonflé, si le vent s'élève trop ; il est alors voué à la destruction. La plupart des atterrissages intempestifs des Zeppelin en dehors de leurs hangars leur ont été funestes. C'est pourquoi les Allemands ont multiplié sur notre zone frontière les hangars assez vastes pour recevoir des navires de ces dimensions.

Quant à l'atterrissage de ce dirigeable, il ne semble pas être plus délicat que celui des souples. A Lunéville, avec une équipe de soldats non entraînés, les aéronautes ont pu toucher terre sans grand dommage. La remise en état se fait d'ailleurs facilement, comme nous l'avons vu également à Lunéville.

Les avantages et les inconvénients des deux types de dirigeables, souples et rigides se compensent donc. Nos officiers ont depuis longtemps la pratique de la manœuvre du souple. Il faut être reconnaissant à M. Spiess et à la Société Zodiac de leur permettre d'étudier le type rigide et de se familiariser avec sa manœuvre. Le nom de M. Spiess doit donc être inscrit à côté de celui de M. Henry Deutsch de la Meurthe, sur le livre d'or des Mécènes toujours prêts à sacrifier une partie de leur fortune pour la grandeur de la patrie française.

L. Marchis,
Professeur d'aviation à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'INDUSTRIE DES CYANURES ALCALINS

L'emploi considérable des cyanures pour le traitement des minerais aurifères a donné un développement prodigieux à l'industrie des cyanures alcalins et il peut être intéressant d'exposer rapidement les méthodes employées actuellement pour leur fabrication et, en outre, celles qui sont à l'état de projet. La plupart des traités de chimie ne mentionnent, parmi les procédés industriels, que ceux qui prennent comme point de départ les ferrocyanures et qui ont servi surtout autrefois à la préparation du cyanure de potassium (1) dont la consommation mondiale, jusqu'en 1890, ne dépassait, paraît-il, guère plus de 50 à 100 tonnes annuellement. Le grand et à peu près l'unique emploi de ce produit était alors surtout la galvanoplastie. Depuis l'introduction du procédé Mac Arthur Forrest au Transvaal, en Amérique et en Australie, la production des cyanures est devenue une industrie chimique très importante ; la consommation mondiale peut être estimée à environ 20-25 000 tonnes annuellement, ce qui, au cours moyen de 2 000 fr la tonne, représente une valeur d'au moins 40 millions de francs. L'Allemagne à elle seule en produit près d'un tiers, car elle exporte environ 7 000 tonnes de cyanures annuellement. L'Angleterre qui, grâce à sa grande production de gaz avec récupération du cyanogène comme sous-produit, produisait, vers 1906, environ 6 000 tonnes de cyanure de potassium, se trouve dépassée actuellement. On fabrique enfin aussi des quantités importantes de cyanures en France et aux Etats-Unis.

La production va certainement en augmentant, vu l'accroissement de l'industrie de l'or. En outre, l'industrie organique se sert de plus en plus des cyanures pour la synthèse d'acides organiques (phénylglycine, acide succinique, etc.).

Préparation des cyanures en partant des ferrocyanures ou sulfocyanures. — Si l'on prépare les cyanures en prenant comme point de départ les ferrocyanures, ce qui se fait encore sur une certaine échelle, on emploiera avantageusement, au lieu de l'ancien procédé de Liebig (fusion des ferrocyanures avec du carbonate de potasse ou du carbonate de soude) qui fournit un cyanure contenant du cyanate, le procédé plus récent, élaboré par Erlenmeyer; il consiste à fondre dans des creusets en fonte, à feu nu, du ferro- cyanure déshydraté avec du sodium métallique. Voici la réaction qui se produit :

$$K^4\,FeCy^6 + 2\,Na = 4\,KCy + 2\,NaCy + Fe.$$

On obtient un mélange de cyanures de sodium et de potassium que l'on sépare, à l'état fondu, par filtration sur du fer spongieux, du fer formé dans la réaction. Le produit cristallise par refroidissement ; il contient, en outre, du cyanate et des alcalis caustiques et carbonatés.

Il est naturellement plus avantageux de partir du ferrocyanure de sodium, qui s'obtient actuellement facilement en

(1) Voir Moissan : *Traité de chimie minérale*, tome III, p. 173.

Digitized by Google

épurant le gaz d'éclairage par voie humide (Rowland, Bueb). Ce procédé consiste à épurer le gaz, débarrassé du goudron, non plus par voie sèche comme autrefois, mais par voie humide avec une solution de sulfate ferreux de 25-30 %, en présence d'ammoniaque dans un laveur d'une construction spéciale, genre Standard (Bueb). Il se forme un sel complexe insoluble :

$$(Az\ H^4)^6\ Fe\ (Fe\ Cy^6)^3.$$

Ce composé double est d'abord transformé en ferrocyanure de calcium (avec récupération de l'ammoniaque dégagée), puis en sel de sodium. Ce procédé, soit dit en passant, n'est pas employable pour les masses d'épuration obtenues par voie sèche, à cause des impuretés qui y sont contenues ; il faut, dans ce cas, passer par le sel de potassium moins soluble.

L'épuration par voie humide permet de recueillir presque la totalité du cyanogène contenu dans le gaz d'éclairage, tandis que le procédé ordinaire, par voie sèche, à l'aide d'oxyde de fer hydraté, ne permet l'utilisation que d'une partie fort limitée.

Si l'on considère qu'il se forme de 300 à 600 gr d'acide cyanhydrique par tonne de houille distillée dans les cornues à gaz, il est bien certain que la houille carbonisée actuellement serait suffisante pour fournir au moins la moitié du cyanure nécessaire à la consommation mondiale ; elle pourrait couvrir toute la consommation si l'on récupérait encore le cyanogène contenu dans le gaz des cokeries. Toutefois, la récupération du cyanure par voie humide ne se fait jusqu'ici que d'une façon fort limitée, et le problème de l'utilisation des ferrocyanures dépend de la facilité avec laquelle ils peuvent être transformés ensuite en cyanures. La méthode par voie ignée a été exposée plus haut ; elle ne fournit pas directement des produits suffisamment purs pour les exigences de l'industrie aurifère.

Si d'autre part, l'on distille les ferrocyanures alcalins avec de l'acide sulfurique ou chlorhydrique dilué (brevet anglais n° 24 456/02), on n'obtient que la moitié de l'acide cyanhydrique contenu dans le ferrocyanure. Il se forme, à côté, ainsi qu'il est bien connu, un ferrocyanure de fer et de potassium $K^2\ Fe^2\ (C\ Az)^6$ (sel d'Everitt), qui peut être transformé en ferrocyanure potassique soluble par l'action de l'air en solution alcaline bouillante (brevets allemands, n^{os} 150 551, 153 358 ; voir aussi le brevet n° 156 397).

Avec le ferrocyanure ainsi régénéré, on peut recommencer l'opération de décomposition par l'acide et l'on arrivera en définitive à libérer tout l'acide cyanhydrique contenu dans le ferrocyanure. Il vaut mieux, toutefois, si l'on veut obtenir tout l'acide cyanhydrique en une opération, partir du ferrocyanure de calcium que l'on décompose par l'acide sulfurique dilué (brevet américain, n° 746 876). L'acide cyanhydrique, qui distille à l'état plus ou moins hydraté, peut ensuite être dirigé dans de l'alcali destiné à le neutraliser.

Ce dernier procédé est certainement susceptible d'applications industrielles ; nous n'avons pu apprendre s'il est exploité actuellement.

En dehors de l'épuration par voie sèche et par voie humide avec récupération partielle ou complète des cyanures, on a encore proposé d'autres méthodes destinées à isoler l'acide cyanhydrique, contenu dans le gaz d'éclairage, mais qui n'ont pas été employées.

Il faut cependant mentionner les tentatives faites pour désulfurer les sulfocyanures et arriver ainsi aux cyanures. Le cyanogène contenu dans le gaz d'éclairage est facilement transformable en sulfocyanure ; on en obtient du reste toujours, comme produit accessoire, lors du procédé d'épuration par voie sèche, mais il n'a guère d'emplois.

Ce problème a tenté bien des chimistes, mais aucune solution industrielle satisfaisante n'a pu être trouvée jusqu'à présent.

Cette désulfuration doit pouvoir être faite par l'action des métaux, soit par le fer à l'état finement divisé (procédé Conroy), soit par la poudre de zinc (Luettke, brevet allemand, n° 89 607). On a aussi proposé de désulfurer les rhodanures par la litharge, le carbonate ferreux, etc., puis de réduire le cyanate formé par le charbon. Toutefois, aucun de ces procédés ne donne des résultats satisfaisants et ne permet d'obtenir un cyanure suffisamment pur.

Un procédé fort intéressant pour désulfurer les rhodanures est celui de la United Alkali Co (brevet allemand n° 97 896). Il consiste à oxyder les sulfocyanures, en solution aqueuse concentrée, par l'acide nitrique dans des conditions bien déterminées. Le soufre est oxydé en acide sulfurique et le cyanogène transformé en acide cyanhydrique. Celui-ci peut être absorbé par des alcalis après avoir été débarrassé de l'acide carbonique, formé en même temps, et des vapeurs nitreuses, qu'il faut réoxyder, par le procédé bien connu, en acide nitrique, afin de régénérer cet acide fort coûteux. A première vue, le procédé semble bien compliqué pour la marche industrielle ; néanmoins, son exploitation a été tentée, mais apparemment sans succès. La grande difficulté technique semble surtout résider dans l'attaque des appareils par les gaz formés auxquels aucun des matériaux usuels n'offre de résistance suffisante.

Ensuite, il est très difficile de débarrasser complètement l'acide cyanhydrique de l'acide nitreux, le produit contient donc des nitrites.

Un autre inconvénient, en prenant les sulfocyanures comme point de départ, est la difficulté d'obtenir des produits complètement exempts de soufre. Or, l'industrie aurifère exige un produit excessivement pur, ne donnant aucune réaction, même au nitroprussiate de sodium, et titrant de 128 à 129 % (calculé en cyanure de potassium), ce qui correspond à environ 97 % de cyanure effectif.

Préparation des cyanures en partant de l'ammoniaque. — Un procédé industriel fort élégant, dû à M. Castner, et actuellement de la plus grande importance (brevets allemands n^{os} 124 977, 126 241, 148 036, 149 678), repose sur les réactions suivantes. Si l'on fait agir du gaz ammoniac sur du sodium fondu, il se forme de l'amidure de sodium (1) :

$$Na + AzH^3 = NaAzH^2 + H.$$

Si l'on introduit du carbone dans l'amidure fondu, il se transforme avec dégagement d'hydrogène en sodium-cyanamide :

$$2\ NaAzH^2 + C = Na^2Az^2C + 4\ H$$

et, à température plus élevée en présence de plus de charbon, on obtient en définitive du cyanure :

$$Na^2\ Az^2\ C + C = 2NaC\ Az.$$

Industriellement, il n'est pas nécessaire d'isoler les diverses phases ; on peut procéder en une opération. Primitivement, on fondait ensemble un mélange de cyanure de sodium, de charbon et de sodium à une température un peu supérieure au point de fusion du cyanure ; en même temps, on faisait passer un courant de gaz ammoniac sec.

Depuis, on a trouvé plus avantageux de procéder comme suit (2) : Dans des cornues en fer, on met par exemple 70 kg de charbon de bois que l'on chauffe à 500° C dans un lent courant de gaz ammoniac sec ; on introduit ensuite 115 kg de sodium à l'état fondu, puis on augmente le courant d'NH^3, tout en portant la température à 600° C jusqu'à ce que la transformation en cyanamide sodique soit complète. Il suffit ensuite de monter jusqu'à 800° C pour que la cyanamide donne d'une façon presque quantitative du cyanure de sodium. Le procédé donne de suite un produit excessivement pur ; il faut seulement bien régler la température pendant les diverses phases.

(1) Cet amidure a également acquis une énorme importance pour la fabrication de l'indigo synthétique en partant de la phénylglycine, c'est-à-dire du benzol.

(2) Ost : *Lehrbuch der chemischen Technologie*, p 170.

Digitized by Google

Le procédé est surtout avantageux pour les usines qui produisent elles-mêmes du sodium ; c'est le cas pour la Société d'Electrochimie en France, la Fabrik Natrium à Francfort, ainsi que la Niagara Electrochemical C° en Amérique, qui travaillent d'après ce procédé. En prenant comme base pour le calcul le sodium à 170 fr %, le sulfate d'ammoniaque à 30 fr %, on arrive à un prix de revient d'environ 150 fr %, c'est-à-dire laissant encore une marge bien suffisante.

Avant le procédé au sodium, la Stassfurter Chemische Fabrik a préparé à Stassfurt, dès 1890, du cyanure de potassium d'après un procédé dû à Siepermann. Il consiste à chauffer, à 900° C, du charbon de bois pulvérulent, imprégné d'une solution de potasse, dans un courant de gaz ammoniac sec ; l'opération se fait dans des cornues en fer verticales. Il faut éviter surtout tout accès d'air qui donnerait du cyanate très difficile à réduire. On extrait ensuite systématiquement à l'eau et l'on concentre dans le vide. Comme le cyanure de potassium est peu soluble dans le carbonate, il se sépare à une certaine concentration ; on peut aussi le saler par addition de potasse. Les cristaux sont séparés par turbinage, puis purifiés. Malgré certains perfectionnements apportés à ce procédé (brevets allemands n° 126 441, 126 442, 133 259), il est loin de fonctionner aussi bien que le procédé au sodium.

Il en est de même du procédé Beilby (brevet anglais, n° 4820/91) introduit chez Cassel et C°, à Glascow, et qui n'est qu'une modification du procédé Siepermann.

On évite les difficultés de dissolution que l'on rencontre dans le procédé primitif, en prenant moins de carbone et en ajoutant, dès le début, du cyanure ou en se servant d'un mélange de carbonates de soude et de potasse, de façon à obtenir une masse fondue plus facile à extraire.

Il semble toutefois que la fabrique anglaise travaille aussi d'après le procédé au sodium, qui est certainement actuellement le procédé industriel le plus important de ce groupe.

Il n'est toutefois pas employable pour le cyanure de potassium, puisque le potassium métallique n'est pas industriellement accessible ; pour ce produit, les procédés Siepermann et Beilby gardent un certain intérêt.

Préparation des cyanures avec l'azote de l'air. — Il est bien certain que les procédés à base d'ammoniaque utilisent un produit assez coûteux et qu'il y aurait un avantage économique considérable à employer l'azote de l'air en place de l'azote contenu dans l'ammoniaque. On peut réaliser la synthèse des cyanures en partant de l'azote de l'air par différentes méthodes.

Il y a plus de cent ans que Scheele a observé qu'un mélange de carbonate de potasse et de charbon chauffé dans un courant d'azote donne du cyanure de potassium, et fait entrevoir la possibilité de préparer des cyanures en partant de l'azote de l'air. Bunsen, en 1845, a préparé du cyanure de potassium d'après ce procédé en superposant, dans un haut-fourneau, des couches alternatives de carbonate de potasse et de charbon, puis en faisant passer un violent courant d'air à travers la masse fortement chauffée. Toutefois, le produit ainsi obtenu est impur, les rendements laissent à désirer et surtout les appareils résistent mal à ces températures élevées.

On a aussi essayé depuis de faciliter la réaction en ajoutant aux alcalis fondus, en outre du carbone, du fer finement divisé sans apparemment mieux réussir.

Vers 1860, Margueritte et de Sourdeval ont observé que l'on obtient du cyanure de baryum en chauffant, à température élevée, de la baryte et du carbonate de baryum mélangé avec du carbone dans un courant d'azote. Il semble que ce procédé ait été exécuté, avec un succès relatif, dès 1882, mais seulement passagèrement, par Mond et la Scottish Cyanide C°, depuis 1895.

Mond formait des briquettes de carbonate de baryum, de charbon de bois et de goudron, qu'il chauffait d'abord dans une flamme réductrice pour carboniser le goudron ; on faisait ensuite passer un courant d'azote aussi pur que possible, exempt d'oxygène, d'acide carbonique et d'eau, et préalablement chauffé à 1400° C.

Comme le cyanure de baryum est très soluble dans l'eau, il suffit d'extraire la masse calcinée ; par double décomposition avec du carbonate de soude ou de potasse, on obtient du cyanure de sodium ou de potassium et l'on régénère le carbonate de baryte qui peut rentrer dans la fabrication. De fait, le procédé revient donc à se servir de carbonates alcalins, de charbon et d'azote, c'est-à-dire de matières premières très peu onéreuses.

Il est fort important de bien connaître les conditions de la réaction, car d'après la Badische Anilin et Sodafabrik, qui s'intéresse également à ce procédé (brevet allemand 197 394 ; brevet français 370 420), si l'on élève trop la température, le cyanure de baryum se décompose en cyanamide et carbone :

$$Ba\,(C\,Az)^2 \rightleftarrows Ba\,C\,Az^2 + C$$

mais quoiqu'il y ait réversibilité, la réaction inverse ne se produit généralement plus, parce que le carbone séparé est sans doute graphitique. Il vaut donc mieux, d'après elle, préparer la cyanamide barytique vers 1200°, puis opérer la transformation à une température inférieure (600-800° C) par des hydrocarbures, dans un appareil approprié (brevet allemand 190 955). Il est possible que, lors de cette synthèse, il se forme primitivement du carbure de baryum, qui est ensuite transformé en cyanure, selon une observation bien connue. De fait, le carbure de baryum donne du cyanure par l'action de l'azote vers 900-1000° C ; une addition de chlorure de baryum semble favorable. D'après M. Caro, le cyanure de baryum se formerait d'une façon fort nette si, au mélange de baryte ou de son carbonate et de houille, on ajoute du fluorure de calcium (brevet allemand 212 706).

Quand on synthétise le cyanure potassique d'après le procédé primitif de Scheele et Bunsen, on admet également, en suivant l'opinion de Berthelot (1869), qu'il se forme du carbure de potassium, K^2C^2, qui ensuite fixe l'azote. Cependant, certains chimistes pensent qu'il pourrait aussi se faire la réaction

$$C + Az \rightleftarrows C\,Az$$

qui sans doute est réversible ; mais il se pourrait qu'en présence du métal alcalin, formé par la réduction du carbonate par le charbon, celui-ci fixât le cyanogène, au moment de sa formation.

Une autre théorie admet que le métal donne d'abord de l'azoture ; cette manière de voir peut se défendre, car d'après M. Otto Schmidt (brevets allemands 170 680, 180 118) on obtient du cyanure de sodium avec un excellent rendement en fondant, à température élevée, de l'azoture de magnésium avec des carbonates de sodium et du charbon. On prépare donc d'abord de l'azoture de magnésium :

$$3Mg + 2\,Az = Mg^3\,Az^2$$

puis on effectue la réaction :

$$Mg^3 + Na^2\,CO^3 + C = 2\,Na\,C\,Az + 3\,Mg\,O$$

La réaction va encore bien mieux si l'on emploie du sodium métallique en place du carbonate de soude ; on arrive alors à fixer une quantité d'azote bien supérieure à celle qui serait absorbée par le magnésium ; en d'autres termes, le magnésium agit comme catalyseur.

D'après des brevets très récents, on peut aussi partir des azotures de calcium, de titane, de silicium ou d'aluminium et comme ce dernier produit surtout a un grand avenir industriel pour la préparation de l'ammoniaque synthétique, on peut envisager son emploi direct ou indirect pour la synthèse des cyanures.

La strontiane est peu appropriée pour fixer l'azote et ne se prête pas à la fabrication des cyanures.

Quant à la chaux, il est bien connu que, par action de l'azote de l'air en présence de charbon, à haute température, il se forme

Digitized by Google

non pas du cyanure, mais de la cyanamide calcique : Ca C Az², qui sert actuellement comme engrais azoté.

Si, d'après MM. Frank et Erlwein (brevets américains 775 953 et 785 161), on extrait la cyanamide calcique par l'eau, on obtient de la dicyandiamide (CAz AzH²)² ; celle-ci donne, par fusion avec les carbonates alcalins et du charbon, les cyanures alcalins (et de l'ammoniaque). On peut aussi transformer la cyanamide calcique en cyanure en la chauffant au blanc avec du charbon et du carbonate de soude.

Ainsi qu'il ressort de ce court exposé, qui est loin d'être complet, les tentatives faites pour synthétiser les cyanures en partant de l'azote de l'air ont été fort nombreuses ; toutefois, il ne semble pas que l'on ait pu trouver jusqu'ici un procédé vraiment industriel.

Préparation des cyanures en partant de l'acide cyanhydrique. — On a préparé et l'on prépare encore quelquefois au laboratoire du cyanure de potassium en dirigeant des vapeurs d'acide cyanhydrique dans de la potasse alcoolique ; le cyanure de potassium insoluble se sépare. Cette réaction semble applicable industriellement et la synthèse des cyanures reviendrait, en somme, à celle de l'acide cyanhydrique.

Nous avons déjà parlé de ce mode de préparation dans la première partie de ce travail ; seulement alors l'acide cyanhydrique était obtenu comme sous-produit de l'épuration du gaz d'éclairage ou du gaz de fours à coke ou de hauts-fourneaux.

On sait par une expérience classique, due à Berthelot, que l'étincelle d'induction traversant un mélange d'acétylène et d'azote donne lieu à la formation d'acide cyanhydrique et une série de synthèses plus récentes dérivent jusqu'à un certain point de cette observation.

On a aussi observé la formation de cyanogène quand l'arc électrique jaillit entre des électrodes de charbon dans une atmosphère d'azote δ, d'acide cyanhydrique si, dans les mêmes conditions, on emploie un mélange d'azote et d'hydrogène. D'après une observation de Figuier, il se formerait du cyanure d'ammonium par l'action des effluves électriques sur un mélange de gaz des marais et d'azote :

$$CH^4 + 2\,Az = Az\,H^4\,CAz$$

Cette réaction serait particulièrement intéressante au point de vue industriel, car elle permettrait de synthétiser en même temps de l'ammoniaque et du cyanogène.

Il paraît qu'on peut obtenir de l'HCAz en faisant passer de l'hydrogène et de l'azote à travers l'arc électrique et en insufflant du carbone finement divisé (brevet anglais 16275/10). D'après Lipinski (1) on obtient jusqu'à 19 % d'acide cyanhydrique en faisant agir l'arc électrique sur un mélange de 70 % d'azote, 20 % de méthane et 10 % d'hydrogène ; en d'autres termes, le méthane serait presque complètement utilisé. L'auteur indique un rendement de 23 gr. HCAz par kilowatt-heure. La fabrique d'aluminium de Neuhausen, qui étudie également ce procédé pour pouvoir utiliser le carbure d'aluminium obtenu comme sous-produit, conteste, il est vrai, ces résultats. Elle prend les proportions suivantes : 5-10 % de méthane, 66-81 % d'hydrogène et 13-24 % d'azote, car, d'après elle, il est impossible d'éviter la formation de suie dès que l'on dépasse la proportion de 10 % de méthane.

Comme le méthane est actuellement facilement accessible soit d'après les méthodes synthétiques dues à M. Sabatier, soit comme gaz naturel (on vient de trouver des gisements importants en Hongrie), cette synthèse peut acquérir une grande importance. On trouvera une description du four nécessaire à la synthèse dans un brevet de la société susnommée (brevet allemand 228 639).

Dans d'autres cas, on prend, au lieu de l'azote, du gaz ammoniac ; ainsi on obtient de l'HCAz en faisant passer un mélange d'ammoniac et de carbure d'hydrogène sur différentes substances catalytiques à température élevée (brevets allemands 151 130 et 216 264) ; on peut aussi faire passer un mélange d'ammoniac et de protoxyde d'azote sur du charbon chauffé au rouge.

L'acide cyanhydrique obtenu doit être neutralisé ensuite par un alcali pour être transformé en cyanure ; cette opération se fait déjà en grand actuellement lors de la préparation des cyanures avec les vinasses de betterave.

Préparation des cyanures avec les vinasses de betterave. — C'est à M. Vincent que l'on doit les premiers essais pour utiliser industriellement l'azote contenu dans les mélasses. Dès 1878, la sucrerie de Courrières a fabriqué des méthylamines, qui firent l'admiration des visiteurs lors de l'Exposition universelle, mais la fabrication fut abandonnée vers 1881. Vers la même époque, la Société anonyme de Croix (Nord) a étudié le procédé Ortlieb, qui décompose les méthylamines à température élevée en ammoniaque et en acide cyanhydrique.

Toutes ces tentatives fort intéressantes n'aboutirent pas, et le problème ne fut résolu industriellement, après des travaux considérables, que vers 1898 par la raffinerie de Dessau, avec la collaboration de M. Bueb, le constructeur des fours à gaz verticaux et le vulgarisateur du procédé d'épuration du gaz par voie humide.

Depuis, cette fabrication a été introduite ailleurs ; elle s'exécute actuellement dans une série d'usines, par exemple à Saint-Quentin.

Les vinasses de betterave sont, après distillation de l'alcool, concentrées jusqu'à une densité de 1,4, puis distillées vers 700-800° C en vase clos. Il reste dans les cornues un résidu carbonisé duquel on extrait de la potasse, qui constitue un produit accessoire fort important de cette fabrication. Les gaz formés contiennent de l'ammoniac et de la triméthylamine, qui, d'après une observation déjà ancienne, due à Wurtz, est nettement scindée vers 1000-1100° en acide cyanhydrique et méthane :

$$Az\,(CH^3)^3 = Az\,CH + 2\,CH^4$$

Cette seconde opération se fait dans une cornue cylindrique remplie de briques réfractaires, préalablement chauffées à 1000° ; comme combustible on peut se servir du méthane formé dans la réaction. Il est toutefois fort important d'évacuer rapidement l'HCAz formé, car il est décomposé par la chaleur. Les gaz cyanés qui contiennent de 5-8 % d'AzH³ et environ 10 % d'HCAz sont donc refroidis rapidement ; puis, ils traversent de l'acide sulfurique dilué pour retenir l'ammoniaque, ensuite des laveurs à eau pour dissoudre l'acide cyanhydrique. La solution du sel sodique, obtenu par neutralisation, est ensuite évaporée dans le vide ; à une température supérieure à 30°, il se sépare du cyanure anhydre, qui est turbiné, puis aggloméré à l'aide de presses.

En définitive, il est possible d'obtenir, d'après ce procédé, 25 % de l'azote des vinasses comme ammoniaque et environ 35 % comme cyanogène ; le reste s'échappe comme azote libre. Avec 10 millions de tonnes de betteraves, on obtient donc près de 6 500 tonnes de cyanure de sodium, c'est-à-dire que l'on arriverait à couvrir complètement la production mondiale en cyanures, si la fabrication était exécutée par un nombre suffisant d'usines.

E. Grandmougin.
Professeur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse.

(1) *Zeitschrift für Elektrochemie*, 17e année, p. 671 et année 1911, p. 502 et 877.

Digitized by Google

LÉGISLATION INDUSTRIELLE

LES CONVENTIONS DE WASHINGTON POUR LA PROTECTION INTERNATIONALE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

Le décret du 17 avril 1913, publié au *Journal officiel* du 20 du même mois, a promulgué les conventions internationales signées à Washington, le 2 juin 1911, en vue de modifier :

1° La convention d'union de Paris du 20 mars 1883, relative à la protection internationale de la propriété industrielle, ainsi que le protocole de clôture annexé à cette convention ;

2° L'arrangement de Madrid du 14 avril 1891, pour l'enregistrement international des marques de fabrique ou de commerce;

3° L'arrangement de Madrid du 14 avril 1891, concernant la répression des fausses indications de provenance sur les marchandises.

Les modifications que les conventions nouvelles ont apportées aux conventions antérieures ne présentent pas toutes la même importance.

Celles qui concernent les deux arrangements de Madrid de 1891 ne portent que sur des points de détail : elles ont surtout pour objet de préciser certaines dispositions antérieures et de couper court aux difficultés que leur interprétation pouvait faire naître. C'est ainsi que la nouvelle convention modificative de l'arrangement de Madrid pour l'enregistrement des marques accorde formellement, dans son article 4, 2e alinéa, le droit de priorité à toute marque enregistrée internationalement dans les quatre mois qui suivent la date du dépôt dans le pays d'origine. De même, l'article 8 *bis* de la même convention reconnaît expressément au propriétaire d'une marque, le droit de renoncer à la protection de sa marque, dans un ou plusieurs des pays contractants.

Mais ce sont là des dispositions d'intérêt secondaire, étant donné d'autre part le nombre relativement restreint des États qui ont signé les conventions dont il s'agit. La convention pour l'enregistrement international des marques de fabrique et de commerce n'a été acceptée que par 13 Etats : l'Autriche, la Hongrie, la Belgique, le Brésil, Cuba, l'Espagne, la France, l'Italie, le Mexique, les Pays-Bas, le Portugal, la Suisse et la Tunisie. Quant à la convention pour la répression des fausses indications de provenance sur les marchandises, 8 Etats seulement, le Brésil, Cuba, l'Espagne, la France, la Grande-Bretagne, le Portugal, la Suisse et la Tunisie, y ont jusqu'à présent donné leur adhésion.

Les conventions nouvelles de Washington présentent une importance autrement considérable au point de vue des modifications qu'elles introduisent dans la convention d'union de Paris du 20 mars 1883, ainsi que dans le protocole de clôture qui y est annexé.

D'une part, en effet, ces conventions n'intéressent pas moins de 20 Etats qui y ont adhéré : ce sont l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, le Brésil, Cuba, le Danemark, la République Dominicaine, l'Espagne, les Etats-Unis d'Amérique, la France, la Grande-Bretagne, l'Italie, le Japon, les Etats-Unis du Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la Suède, la Suisse et la Tunisie.

D'autre part, ces conventions modifient profondément à certains égards les dispositions antérieures, et il est important pour les Français de connaître ces modifications, non seulement dans leurs rapports avec les étrangers, mais aussi dans leurs rapports entre eux. On sait, en effet, qu'en vertu de la loi du 1er juillet 1906, « les Français peuvent revendiquer l'application à leur profit, en France, en Algérie et dans les colonies françaises, des dispositions de la convention internationale pour la protection de la propriété industrielle, signée à Paris, le 20 mars 1883, ainsi que des arrangements, actes additionnels et protocoles de clôture qui ont modifié ladite convention, dans tous les cas où ces dispositions sont plus favorables que la loi française pour protéger les droits dérivant de la propriété industrielle et, notamment, en ce qui concerne les délais de priorité et d'exploitation en matière de brevets d'invention. » En somme et par application de ce texte, la convention de Paris de 1883 et les modifications qui y sont apportées par la convention de Washington, font partie intégrante de notre législation.

Ces modifications concernent notamment : 1° l'étendue de la protection de la propriété industrielle ; 2° le droit de priorité; 3° l'indépendance des brevets ; 4° la protection des marques de fabrique et de commerce ; 5° les indications de provenance.

I. Etendue de la protection de la propriété industrielle. — L'article 2 de la convention de Paris ne protégeait les ressortissants des Etats contractants, qu'en ce qui concerne « les brevets d'invention, les dessins ou modèles industriels, les marques de fabrique ou de commerce et le nom commercial. »

L'article 2 de la convention nouvelle complète cette énumération en y ajoutant « les modèles d'utilité, les indications de provenance et la répression de la concurrence déloyale. »

De plus, cet article 2, dans le but de couper court à des difficultés d'interprétation qui avaient été soulevées dans certains pays étrangers, contient un nouveau paragraphe, qui stipule expressément que la protection accordée par la convention, aux sujets ou citoyens d'un des pays de l'union, dans les autres pays de l'union, ne pourra désormais être soumise à aucune obligation de domicile ou d'établissement dans le pays où la protection est réclamée.

II. Droit de priorité. — L'article 4 de la nouvelle convention maintient le droit de priorité que l'ancien article 4 de la convention de Paris accordait à celui qui avait régulièrement déposé, dans l'un des Etats contractants, une demande de brevet d'invention, un dessin ou modèle industriel, une marque de fabrique ou de commerce, à l'effet d'effectuer ce même dépôt dans les autres Etats, et il maintient également la durée des délais de priorité, telle qu'elle était déjà fixée, à 12 mois pour les brevets d'invention et à 4 mois pour les dessins ou modèles industriels et les marques de fabrique ou de commerce.

Mais, en même temps, il ajoute à l'ancien texte un nouveau paragraphe qui a pour objet, disait le rapporteur au Sénat, M. Astier, de porter à la connaissance du public l'intention qu'a le déposant d'user éventuellement de son droit de propriété, de façon à mettre en garde les tiers de bonne foi qui s'approprieraient le brevet ou la marque contre les revendications possibles de ce déposant.

Ce nouveau paragraphe est ainsi conçu : « *d*) Quiconque voudra se prévaloir de la priorité d'un dépôt antérieur, sera tenu de faire une déclaration indiquant la date et le pays de ce dépôt. Chaque pays déterminera à quel moment, au plus tard, cette déclaration devra être effectuée... Les pays contractants pourront exiger, de celui qui fait une déclaration de priorité, la production d'une copie de la demande (description, dessins, etc.) déposée antérieurement, certifiée conforme par l'administration

Digitized by Google

qui l'aura reçue. Cette copie sera dispensée de toute légalisation. On pourra exiger qu'elle soit accompagnée d'un certificat de la date du dépôt, émanant de cette administration, et d'une traduction... Chaque pays contractant déterminera les conséquences prévues par le présent article, sans que ces conséquences puissent excéder la perte du droit de priorité. »

III. Indépendance des brevets. — L'article 4 *bis*, ajouté par l'acte additionnel de Bruxelles du 14 décembre 1900 à la convention de Paris, décidait que « les brevets demandés dans les différents Etats contractants par des personnes admises au bénéfice de la convention aux termes des articles 2 et 3 seraient désormais indépendants des brevets obtenus pour la même invention dans les autres Etats adhérents ou non à l'Union. »

Cet article, qui établissait ainsi le principe de l'indépendance réciproque des brevets, avait soulevé de vives difficultés d'interprétation, et l'on se demandait s'il devait être appliqué d'une manière absolue, aussi bien en cas de nullité ou de déchéance des brevets qu'en ce qui concerne leur durée.

Le nouveau texte tranche ces difficultés et se prononce pour l'indépendance absolue des brevets : « Cette disposition (l'indépendance des brevets), dit le 2e alinéa ajouté à l'ancien texte, doit s'entendre d'une façon absolue, notamment en ce sens que les brevets demandés pendant les délais de priorité sont indépendants, tant au point de vue des causes de nullité et de déchéance qu'au point de vue de la durée normale. »

IV. Protection des marques de fabrique ou de commerce. — La convention de Washington établit à cet égard deux innovations.

La première est relative au droit de déposer dans les Etats contractants les marques de fabrique ou de commerce ayant été l'objet d'un dépôt régulier dans leur pays d'origine.

L'article 6 de la convention de Paris reconnaissait formellement ce droit au déposant. Mais il y apportait une exception dans le cas où le dépôt demandé avait pour objet une marque contraire à la morale ou à l'ordre public : formule vague, imprécise, qui avait donné lieu à des divergences dans les tribunaux d'un même pays. C'est ainsi que le Tribunal fédéral suisse décidait le 29 avril 1888 qu'un industriel français, après avoir fait enregistrer en France une marque consistant dans un nom de fantaisie (Bougies de Lyon), était en droit d'en réclamer l'usage exclusif en Suisse, bien qu'une semblable marque ne puisse être l'objet d'un droit privatif dans ce pays. Quelques années plus tard, le 25 avril 1896, le même Tribunal fédéral suisse consacrait l'opinion contraire et annulait le dépôt d'une marque étrangère, en se fondant sur ce que cette marque consistait dans un signe que la législation suisse n'admettait pas à la protection légale.

Pour faire cesser ces divergences fâcheuses, la convention de Washington énumère limitativement les cas dans lesquels le dépôt pourra être refusé ou annulé. Après avoir rappelé le principe du droit au dépôt, le nouvel article 6 ajoute :

« Toutefois, pourront être refusées ou invalidées :

« 1° Les marques qui sont de nature à porter atteinte à des droits acquis par des tiers dans les pays où la protection est réclamée ;

« 2° Les marques dépourvues de tout caractère distinctif, ou bien composées exclusivement de signes ou d'indications pouvant servir, dans le commerce, pour désigner l'espèce, la qualité, la quantité, la destination, la valeur, le lieu d'origine des produits ou l'époque de production, ou devenus usuels dans le langage courant ou les habitudes loyales et constantes du commerce du pays où la protection est réclamée.

« Dans l'appréciation du caractère distinctif d'une marque, on devra tenir compte de toutes les circonstances de fait, notamment de la durée de l'usage de la marque ;

« 3° Les marques qui sont contraires à la morale ou à l'ordre public. »

Et le protocole de clôture de la nouvelle convention précise les cas où une marque peut être considérée comme contraire à l'ordre public, dans les alinéas 2 et suivants de l'addition à l'article 6 qui sont ainsi conçus :

« Il est entendu que l'usage des armoiries, insignes ou décorations publiques qui n'aurait pas été autorisé par les pouvoirs compétents, ou l'emploi des signes et poinçons officiels de contrôle et de garantie adoptés par un pays unioniste, peut être considéré comme contraire à l'ordre public dans le sens du n° 3 de l'article 6.

« Ne seront, toutefois, pas considérées comme contraires à l'ordre public, les marques qui contiennent, avec l'autorisation des pouvoirs compétents, la reproduction d'armoiries, de décorations ou d'insignes publics.

« Il est entendu qu'une marque ne pourra être considérée comme contraire à l'ordre public par la seule raison qu'elle n'est pas conforme à quelque disposition de la législation sur les marques, sauf le cas où cette disposition elle-même concerne l'ordre public. »

La deuxième innovation introduite par la convention de Washington en matière de marques, concerne les marques dites collectives. Elle est contenue dans l'article 7 *bis* nouveau qui dispose de la manière suivante :

« Les pays contractants s'engagent à admettre au dépôt et à protéger les marques appartenant à des collectivités dont l'existence n'est pas contraire à la loi du pays d'origine, même si ces collectivités ne possèdent pas un établissement industriel ou commercial.

« Cependant chaque pays sera juge des conditions particulières sous lesquelles une collectivité pourra être admise à faire protéger ses marques. »

V. Indications de provenance. — D'après l'article 9 de la convention de Paris, tout produit portant illicitement une marque de fabrique ou de commerce, ou un nom commercial, *pouvait* être saisi à l'importation dans ceux des Etats de l'Union dans lesquels cette marque ou ce nom commercial avaient droit à la protection légale.

L'article 9 nouveau transforme cette faculté en une obligation : désormais, tout produit portant illicitement une marque ou un nom commercial *devra* être saisi à l'importation. De plus, la saisie *devra* être également effectuée dans le pays où l'apposition illicite a eu lieu comme dans le pays où le produit aura été importé.

En résumé, les conventions de Washington réalisent un progrès des plus sérieux dans la voie de la protection internationale de la propriété industrielle inaugurée par la convention d'union de Paris du 20 mars 1883. Non seulement elles solutionnent la plupart des difficultés d'interprétation que soulevaient les conventions antérieures, mais de plus, elles consacrent, notamment en matière de marques, des solutions nouvelles que réclamait impérieusement l'équité. A ce double point de vue, elles donnent satisfaction aux réclamations que formulaient depuis longtemps déjà les commerçants et les industriels des divers Etats de l'Union.

Em. Cohendy,
Professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Lyon.

Digitized by Google

ÉLECTROMÉTALLURGIE

LE HAUT-FOURNEAU ÉLECTRIQUE

(*Suite et fin*) (1).

Hauts-fourneaux d'Hagfors. — A la suite de ces divers essais, la commission chargée des études par Jernkontoret put donner un certain nombre de conclusions au sujet de la fabrication de la fonte électrique, mais comme un certain nombre de ces conclusions ont été en partie influencées par la marche des deux fourneaux d'Hagfors, nous indiquerons tout d'abord ce qui a trait à ces fourneaux.

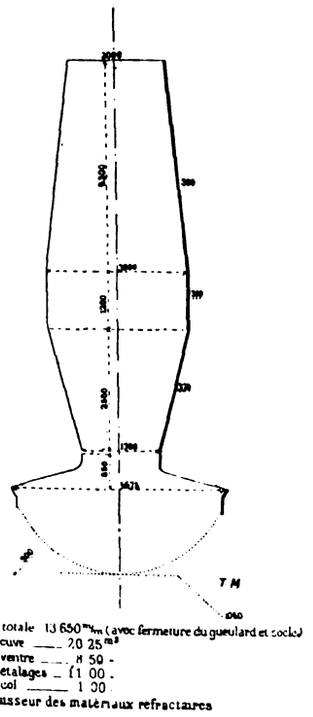


FIG. 5. — Profil du haut-fourneau électrique d'Hagfors.

Les deux hauts-fourneaux de l'usine d'Hagfors (fig. 5) furent successivement mis en marche les 15 mars et 4 août 1912 ; leur construction bénéficia d'un certain nombre d'observations faites sur le fourneau de Trollhættan, en particulier de la nécessité de mieux distribuer la chaleur dans le creuset : avec quatre électrodes en effet, on avait à Trollhættan des zones relativement froides entre les électrodes; le fait se constata nettement lors de la mise hors feu à la fin de la seconde campagne ; le loup retiré du creuset montrait entre les électrodes des zones à minerais incomplètement fondus ; il en résultait que la fonte, très désulfurée quand elle se formait devant les électrodes, pouvait se resulfurer au contact des masses pâteuses froides et par suite ne plus être de cette qualité très pure qu'on a l'habitude d'obtenir en Suède, ou tout au moins n'être pas d'une teneur uniforme en soufre suivant les coulées. Une explication analogue s'appliquerait aux variations constatées du silicium. Refaire le fourneau de Trollhættan pour y mettre six électrodes eût été une dépense considérable que l'on ne crut pas bon d'engager ; mais dans les nouveaux fourneaux d'Hagfors, la présence de six électrodes, deux par phase du courant secondaire triphasé, montra bien que telle était la cause de la désulfuration irrégulière de Trollhættan et les fontes obtenues furent très constantes. On augmenta aussi à Hagfors le diamètre du col et on perfectionna la purification des gaz injectés, de manière à éviter autant que possible les arrêts pour cause de nettoyages de conduites. La pression des gaz insufflés dans le creuset fut aussi portée à 400 mm maximum.

Les dimensions des fourneaux sont un peu différentes ; la forme générale est plus trapue.

Diamètre maximum du creuset.....	4m,675
— au col.....	1m,700
— au ventre.....	3m,000
Hauteur des étalages.....	2m,500
— du ventre	1m,200
— de la cuve.....	4m,300
Volume total de la partie supérieure....	41m³,100

Les résultats de la marche des deux fourneaux en 1912 sont donnés ci-dessous :

	FOURNEAU N° 1	FOURNEAU N° 2
Allumage	15 mars 1912	4 août 1912
Charges à 8 hl. de charbon de bois	1 288	770
Minerai passé en tonnes.....	8 336	4 933
Castine passée en tonnes.....	852	538
Total des matières.....	9 188	5 471

	FOURNEAU N° 1	FOURNEAU N° 2
Kilowatts-heure employés. Kwh.	12 946 100	6 890 500
Fonte obtenue en tonnes.....	4 900,37	2 895,22
Fonte en °/₀ du minerai.....	59,1	58,6
Fonte en °/₀ des matières.....	53,5	52,9
Charge moyenne du four... Kw.	1 940	1 998
Kilowatts-heure par tonne de fonte.....	2 619	2 379
Fonte par kilowatt-an en tonnes.	3,34	3,68
Fonte par cheval-an en tonnes..	2,46	2,71
Charbon de bois par tonne de fonte en hectolitres.....	20,6	21,0
Temps de service réel.....	»	3 448 hl.
Temps d'arrêt °/₀ du total).....	»	115 hl. (4.2 °/₀)

On a pu, à Hagfors, passer une proportion de slig (minerai en poussière impalpable donnée par les ateliers de préparation magnétique) atteignant 25 % de la charge, ce qui correspondait à la proportion maximum possible avec les sources d'approvisionnement. Seuls, des minerais non grillés ont été employés.

La consommation moyenne hebdomadaire de courant par tonne de fonte varia de 2 219 à 3 070 kilowatts-heure, soit 3 t 95 et 2 t 86 par kilowatt-an pour des fontes à 0,4 Si et 0,35 Mn dans le premier cas, 1,80 Si et 2,50 Mn dans le second. Les consommations maxima et minima de combustible furent de 22 hl 7 et 18 hl 7. La consommation d'électrodes atteignit 9 kg au fourneau n° 1 et 7 kg au fourneau n° 2; elle était d'autant plus forte que le lit de fusion était moins riche, la circulation des gaz refroidissants plus rapide, leur teneur en anhydride carbonique plus grande et l'ampérage par centimètre carré d'électrodes plus faible.

Au point de vue des grosses réparations, seul eut lieu en août un remplacement de la voûte du creuset du fourneau n° 1.

La plus grande production hebdomadaire fut de 163 tonnes en fonte Martin, la production moyenne en cette qualité se tenant entre 150 et 160, en fonte Bessemer acide entre 110 et 130. La teneur en soufre varia de 0,01 à 0,025, celle en phosphore de 0,012 à 0,019.

On obtint aisément telle variété de fonte que l'on désirait.

Résultats. — De ces résultats d'Hagfors et de ceux de Trollhættan, la commission d'études de Jernkontoret conclut :

1. — Le charbon de bois se prête bien à la fusion électrique des minerais de fer ; les essais faits à Trollhættan pendant une courte période avec le coke ont permis de se rendre compte qu'il ne convenait pas.

2. — L'emploi de minerai en poussière ou slig ne paraît pas

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 4 (15 août 1913), p. 124.

Digitized by Google

pouvoir être poussé au-delà de 20 à 25 % ; il y a en effet tendance dans la cuve à la formation de masses de charbon de bois et de slig, à la surface desquelles se produit simplement une réduction superficielle ; à l'arrivée dans la zone de fusion, le charbon de bois et le slig réagissent violemment ; il se produit alors des dégagements brusques de gaz capables de désagréger la voûte. La formation de ces masses se fait plus aisément quand le slig a été chargé sans dessication préalable. — On avait espéré que le fourneau électrique permettrait de passer de grandes proportions de tels minerais, sans briquetage coûteux ; il semble donc que le type de l'Elektrometall ne donne pas toute satisfaction à ce point de vue.

3. — La consommation de courant par tonne de fonte varie naturellement suivant la composition de la fonte désirée et celle du lit de fusion ; pour une fonte à 0,10 à 0,50 Si et 0,20 à 0,50 Mn, comme dans les derniers essais de Degerfors, on a pu réaliser une production annuelle de 4 t 22 au kw-an (au cheval-an 3 t 10).

4. — La consommation de combustible a oscillé entre 20 et 24 hl de charbon de bois par tonne, variable suivant la richesse du lit, la composition de la fonte, la nature du charbon de bois traité ; elle est inférieure de 35 à 45 hl à celle des hauts-fourneaux ordinaires au bois marchant dans les mêmes conditions.

5. — La consommation nette d'électrodes a été sur l'ensemble, pour Jernkontoret, de 4 kgs 85 (four à 4 électrodes) par tonne de fonte ; la consommation nette se rapproche beaucoup de la consommation brute avec des électrodes rondes élémentaires assemblables par pas de vis les unes à la suite des autres, au fur et à mesure de l'usure. D'août à décembre 1912, on a pu même ramener la dépense brute à 2 kgs 86. A Hagfors, avec 6 électrodes, on n'a pu encore que descendre à 7 kgs seulement.

6. — Au point de vue de l'entretien et des réparations, on peut dire que, dans un fourneau normal ne subissant pas constamment des modifications dans les lits de fusion, un mois d'arrêts au total par an, sera suffisant ; les réparations affectent surtout la voûte du creuset qui est une partie faible de l'appareil. Les réparations seraient plus fréquentes naturellement avec des fontes riches en silicium ou en manganèse qu'avec des fontes pauvres en ces deux éléments qu'on a principalement eues en vue à Trollhættan.

7. — Les variations de composition de la fonte au point de vue soufre et silicium dans un fourneau à quatre électrodes sont assez grandes, mais les fourneaux à six électrodes ont permis d'obvier à cet inconvénient ; dans ce dernier cas, il n'y a pas de différence entre les fontes obtenues aux fourneaux ordinaires et celles obtenues au fourneau électrique.

8. — La teneur en phosphore avec les minerais purs employés a varié de 0,007 à 0,008 ; elle est ordinairement inférieure à celle des hauts-fourneaux ordinaires au bois, où une grande partie du phosphore est apportée par les cendres du combustible. La teneur en soufre peut être abaissée même avec des minerais n'ayant pas subi de grillage préliminaire, grâce à la possibilité de laitiers très calcaires ; l'usine d'Hagfors, qui désulfurait antérieurement par grillage ses minerais, y a renoncé pour ses fourneaux électriques.

9. — Les gaz du gueulard à haute capacité calorifique (2 000 à 2 400 calories au mètre cube, 55 à 70 % d'oxyde de carbone et 5 à 12 % d'hydrogène en volumes) sont avantageusement employables dans les fours Martin. Il faut remarquer d'ailleurs qu'ici, comme il n'y a pas de Cowper à chauffer, ni de soufflantes à actionner, ni de fours de grillage à desservir, la totalité du gaz, à part celui qui pourrait servir à la production de force pour les appareils accessoires, est disponible ; il en résulte que malgré une bien moins grande abondance de gaz que dans les fourneaux ordinaires, les calories disponibles des gaz par tonne de fonte électrique sont sensiblement égales à celles disponibles dans un haut-fourneau ordinaire.

Au point de vue de la façon dont se répartissent en calories les kw reçus par l'usine, des calculs très intéressants ont été faits sur quatre périodes de marche particulières ; ces calculs ont permis d'établir le tableau suivant où les kw *employés* comprennent les calories de réduction, d'échauffement de la fonte, des laitiers et des gaz, de décomposition des carbonates, de vaporisation de l'eau :

PÉRIODE	I	II	III	IV
Kw mesurés sur le courant primaire par tonne de fonte	2 276	2 481	2 241	1 749
Charge moyenne du four en kw du courant primaire	1 319	1 717	1 680	1 407
Voltage moyen, phase I	65,2	75,—	81,9	78,7
— — II	65,9	83,—	88,2	82,9
Ampérage moyen, phase I	13 731	13 564	11 922	10 012
— — II	13 416	11 817	10 406	9 729
Kw employés	1 454	1 686	1 595	1 301
Kw perdus	842	795	646	448
Rendement du courant primaire... %	62,33	67,96	71,17	74,39
Pertes aux transformateurs..... %	1,83	2,74	2,72	2,80
— en canalisations du courant secondaire..... %	3,31	3,83	3,03	2,90
— par eaux de refroidissement. %	6,53	6,57	6,53	12,94
— par rayonnement et divers par différence..... %	25,—	18,90	16,55	6,97

Telle est actuellement la situation de la question technique de la production de la fonte électrique au charbon de bois en Suède ; les chiffres suivants, qui se rapportent aux années 1908-1912, montrent le développement rapide pris par cette fabrication :

1908.....	122	tonnes
1909.....	302	—
1910.....	890	—
1911.....	5 785	—
1912.....	17 566	—

Au point de vue économique, nous donnerons quelques indications sur les conditions de parallélisme entre les coûts du charbon de bois et du courant électrique permettant d'arriver au même prix de revient dans les conditions moyennes suédoises.

Pour nous rendre compte d'abord de l'utilisation du courant reçu, prenons le cas d'une usine recevant 3 500 chevaux (2 545 kw) de courant ; le rendement des transformateurs abaisseurs de tension pouvant atteindre facilement 97 %, le secondaire disposera de 2 470 kw ; les appareils accessoires divers du fourneau, parce qu'on sait de Trollhættan et Hagfors, prendront 70 kw. Une marge de 8 % doit être prévue entre la consommation du fourneau normale et la consommation forcée, pour obvier aux incidents de marche ; enfin, le mois de grosses réparations à prévoir annuellement réduira encore les kw normalement envoyés au fourneau qui ne représenteront plus que 80 % des kw primaires. Ce coefficient serait porté à 82,5 si on se servait des gaz du gueulard pour la production de force nécessaire au service du fourneau.

Avec les lits de fusion suédois, 53 à 54 de rendement (four d'Hagfors) et en remarquant que les chiffres de consommation électrique en kw à la tonne donnés précédemment, se mesurent sur les hautes tensions, on arrive à une production industrielle de 3 tonnes à 3,1 t. au kw-an (coefficient 80 et 82,5).

L'économie de combustible est, dans les mêmes conditions de rendement, d'environ 36 hl sur des fourneaux ordinaires de même capacité.

La dépense en électrodes pour les fourneaux à 6 électrodes se tiendra autour de 7 kgs (1 kr. 75) ; la redevance à l'Elektrometall doit intervenir (1 kr. 25), de même que les frais de réparation et d'entretien plus élevés à cause de la qualité des matériaux réfractaires (en plus environ 1,50 kr.). Les salaires par contre sont moindres par suite de la suppression des soufflantes, fours de grillage (en moins 0,75 par tonne). Tout cet ensemble de frais spéciaux donne finalement au fourneau électrique un désavantage par tonne de 3,75 couronnes (5 fr 21) (la couronne vaut 1 fr 39).

Digitized by Google

On a alors le tableau de correspondance suivant du prix du kw-an et du prix de l'hectolitre de charbon de bois donnant, dans les mêmes conditions de production, égalité de prix de revient dans deux hauts-fourneaux ordinaire et électrique :

PRIX DU KW-AN		PRIX DE L'HECTOLITRE	
Kr.	Frs.	Kr.	Frs.
25	34,75	0,34	0,47
35	48,65	0,43	0,60
45	62,55	0,52	0,72
55	76,45	0,61	0,85
65	90,35	0,71	0,98
75	104,25	0,80	1,11
85	118,15	0,89	1,24
95	132,05	0,98	1,37

Ce tableau ne tient pas compte des frais d'amortissement des installations ni des intérêts du capital engagé. Or, pour une installation d'un fourneau au bois ordinaire de 7 000 tonnes de production annuelle, il faut compter 250 000 couronnes tout compris, ce qui à 14 % d'intérêt et amortissement donne une charge par tonne de 5 kr. Un fourneau électrique correspondant coûterait 350 000 couronnes, soit alors une charge de 7 couronnes; en tenant compte de la différence de 2 kr. au désavantage du fourneau électrique, le tableau de correspondance devient :

PRIX DU KW-AN		PRIX DE L'HECTOLITRE	
Kr.	Frs.	Kr.	Frs.
25	34,75	0,39	0,54
35	48,65	0,48	0,67
45	62,55	0,58	0,80
55	76,45	0,67	0,93
65	90,35	0,76	1,06
75	104,25	0,85	1,19
85	118,15	0,95	1,32
95	132,05	1,04	1,45

Si on remarque que le prix moyen de l'hectolitre de charbon de bois rendu aux usines atteint 0,63 kr actuellement et ne peut qu'augmenter dans l'avenir, et que beaucoup de centrales électriques produisent en Suède du courant à moins de 40 couronnes le kw-an, on voit quel avenir peut être réservé au nouveau procédé en Suède.

Hauts-Fourneaux d'Hardanger

Dans tout ce qui précède, nous ne nous sommes occupés en somme que des fourneaux système Elektrometall marchant au charbon de bois. Il a existé en Norvège des appareils du même type ayant eu pour but de consommer du coke comme combustible : ces appareils étaient installés dans l'usine de la Société Hardanger, non loin d'Odda. Les résultats économiques qu'ils donnèrent ne furent pas assez favorables pour qu'on pût continuer de les maintenir à feu et, en mai 1913, la Société cessa définitivement la fabrication de la fonte électrique.

Le premier haut-fourneau (fig. 6) fut allumé à Hardanger le 7 novembre 1911 et, à part une longue période d'arrêt en 1912, du 13 avril au 10 juillet, causée par une grève du personnel, marcha jusqu'au 20 février 1913. A ce moment, l'appareil était à fin de campagne et le second haut-fourneau de l'installation (l'installation devant toujours marcher à un fourneau, deux appareils étaient nécessaires) fut mis en route le 20 février 1913. Dans la campagne du premier fourneau, il fut coulé un total de 3 275 tonnes, soit par journée de travail (385 journées) 8 t 507 seulement. La production mensuelle maximum réalisée fut en septembre 1912 avec 406 tonnes, soit par jour 13 t 533.

La faiblesse de cette production pour un fourneau calculé pour 3 500 chevaux peut s'expliquer par diverses raisons : tout d'abord les cokes consommés, tenant toujours 0,8 à 0,9 S, nécessitaient, pour l'obtention des fontes très désulfurées que l'on avait en vue, des laitiers très calcaires : les minerais norvégiens employés de Klodeberg, Rödsand, Sydvaranger, accessoirement suédois de Persberg, étaient toujours fortement siliceux, et ceux de Klodeberg en outre peu riches en fer (44 à 45). Il en résultait que le lit ne rendait souvent pas plus de 38 % quand on utilisait le minerai de Klodeberg seul ou presque seul comme jusqu'au 10 avril 1912, pas plus de 50 % au maximum avec le lit plus riche utilisé du 10 juillet au 20 février 1913 avec briquettes du Sydvaranger et slig de Rödsand. Il y avait donc assez loin de ces chiffres à ceux obtenus à Trollhættan ou à Hagfors. En second lieu, les minerais de Klodeberg sont assez zincifères et les cadmies obstruaient souvent les canalisations d'injection dans le creuset, rendant le refroidissement de la voûte moins certain, d'où nécessité de réduire l'envoi de courant. Une troisième cause parut résider dans un empli fréquemment assez abondant de slig de Rödsand, bien qu'on ait cru que, grâce à l'agglomération par léger frittage dans un four Petersson installé dans l'usine pour désulfurer ces sligs qui tenaient jusqu'à 0,12 S bruts, on pourrait en passer de grandes quantités; mais ce frittage était très faible et souvent même, avant entrée au fourneau, les petits agglomérés retombaient en poussière. Enfin la nécessité de scories très basiques pour la désulfuration (51 à 59 % CaO + MgO) provoquait la formation de quantités assez notables de carbure de calcium dans le creuset.

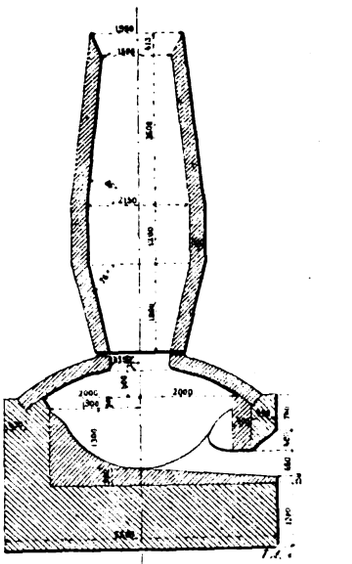


Fig. 6. — Profil du haut-fourneau électrique d'Hardanger.

Aussi de nombreux incidents retardaient-ils constamment la marche et, pour le premier fourneau, on eut ainsi des productions journalières moyennes mensuelles allant de 3 à 13,5 t. seulement.

La consommation de courant par tonne fut très forte tant à cause du faible rendement du lit que par suite des pertes par rayonnement qui prenaient une importance considérable. On arrivait à 4 000 kwh. Celle en coke se maintint autour de 390 kgs.

Dans ces conditions qui étaient bien loin de celles espérées au début, 20 à 23 tonnes par jour, emploi prépondérant de slig de Rödsand fritté, consommation à la tonne de 325 kg de coke et 2 500 kwh, l'installation fut mise hors feu et le courant qu'elle avait traité à la station centrale du Tyssedahl, cédé à une autre société.

Ajoutons que, par suite de la différence de densité du coke et du charbon de bois, le profil était plus ramassé qu'à Trollhættan ou Hagfors; le creuset avait un diamètre maximum de 4 000 mm ; le col avait 1 250, le ventre 2 150. Les hauteurs des étalages, ventre et cuve étaient de 1 800, 1 200 et 3 500, donnant à la partie supérieure du fourneau une hauteur de 6 m. 500 et un volume de 19 m³ 2. Le fourneau marchait avec 6 électrodes.

Fourneau Californien

Le fourneau californien d'Héroult (fig. 7) ou de Pitt River a été mis en route en 1909 à la suite d'une série d'essais entrepris par Héroult et Dorsey A. Lyon sur la fusion des magnétites riches du Shasta Country, à quelque 250 kilomètres au Nord de San-Francisco. L'éloignement de la Californie des régions productrices de fonte, la présence de minerais riches, la possibilité d'obtenir le charbon de bois et le courant électrique dans de bonnes conditions avaient fait penser qu'une sidérurgie électrique pourrait facilement prospérer dans cet Etat.

Digitized by Google

Comme nous l'avons indiqué, le fourneau d'Héroult reproduisait la forme essentielle des hauts-fourneaux suédois mis en service à peu près au même moment à Domnarfvet ; mais il n'y avait pas de circulation refroidissante des gaz dans le creuset et l'on utilisait les gaz du gueulard à réchauffer et à déshydrater, avant leur entrée dans le fourneau, les divers constituants de la charge.

Le tableau suivant donne quelques chiffres comparatifs pour le fourneau d'Héroult et celui de Trollhættan :

	HÉROULT	TROLLHÆTTAN
Hauteur totale.....m.	8,30	13,7
Diamètre extérieur du creuset.....m.	3,96	5,65
— — de la cuve.....m.	1,79	3,20
Volume intérieur de la cuve.....m³	7,90	25,50
Surface exposée au refroidissement extérieur.....m²	105,5	189,—
Force maximum.....kw	1 500	1 850

La partie supérieure fut finalement cylindrique sur toute sa hauteur; on ne trouva, en effet, aucun avantage à la forme ordinaire du haut-fourneau que l'on avait essayée primitivement; les 6 électrodes d'arrivée de courant avaient 216 mm de diamètre et pénétraient profondément dans la charge, on avait alors un voltage normalement plus faible, mais un ampérage plus fort qu'en Suède.

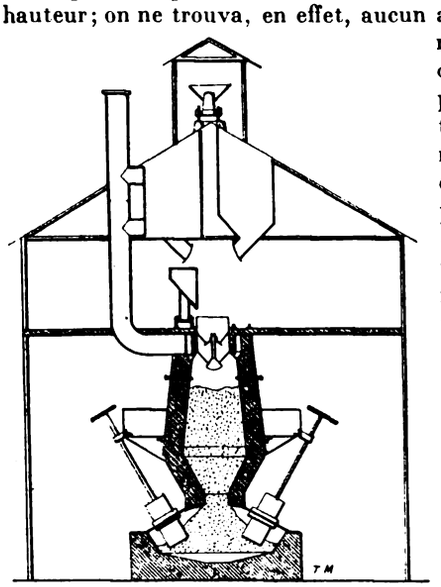


Fig. 7.— Schéma du fourneau électrique californien

Les gaz dégagés réduisent les matières descendantes de la charge et sont brûlés à une certaine distance au-dessous du gueulard pour diminuer la consommation de courant ; le pouvoir calorifique des gaz est d'ailleurs épuisé par leur passage dans de petites caisses à minerai surmontant le fourneau.

Comme résultats, en fontes grises, on consomma, avec un rendement du lit supérieur à 65 %, 1 940 kwh par tonne et 20 hectolitres de charbon de bois ; la production atteignit aisément 16 tonnes par 24 heures.

Four de Tinfos

Il nous reste seulement à parler maintenant des appareils de fusion utilisés en Norvège, à Notodden-Tinfos, pour avoir terminé la revue des divers fours de fusion électrique des minerais de fer se rapprochant des hauts-fourneaux. Le premier four de Tinfos (fig. 8) a été mis en marche en août 1912 ; une série d'expériences avait précédé sa construction ; on avait tout d'abord essayé dans les usines de la Tinfos Papirfabrik, la fusion des minerais dans un four analogue à un four de carbure, four que l'on avait remplacé ensuite par un four de 500 chevaux, donc de petites dimensions, mais de principe tout nouveau. Avec ce dernier four on avait coulé en 1910 quelques centaines de tonnes (450 tonnes vendues à 63-69 couronnes, soit de 88 à 97 francs la tonne). Les conditions de production avaient paru assez satisfaisantes pour que la Tinfos Papirfabrik ait cru pouvoir entreprendre sur une vaste échelle, avec un appareil de plus grandes dimensions la production industrielle de la fonte.

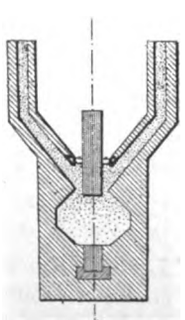


Fig. 8. — Schéma de l'ancien four électrique de Tinfos.

Le fourneau de Tinfos, dû à M. Hans Bie Lorentzen, est un four tenant à la fois des fours ouverts à électrodes et des fours à cheminée de réduction préalable des minerais par les gaz dégagés de la réaction. Il peut donc être considéré comme un appareil de transition entre les fours ouverts et les fours suédois de Lindblad, Stalhane et Grönwall, ou américain de Dorsey A. Lyon.

Un creuset A (fig. 9, cas de four à courant monophasé, avec une seule électrode suspendue), où se fait la fusion des matières communique par sa partie supérieure avec une ou plusieurs cheminées étroites B, par où arrivent les matières à réduire; pour faciliter le chargement, ces cheminées se réunissent à leur partie supérieure dans une chambre C, fermée par un appareil de distribution des minerais et castine. Les matières entrent par suite dans le creuset par les orifices inférieurs de ces cheminées et dans leur descente sont réduites et réchauffées par les gaz de la réaction ; l'utilisation du pouvoir calorifique de ces gaz est d'ailleurs rendue complète par leur combustion au moyen d'air arrivant par des orifices tels que *a*.

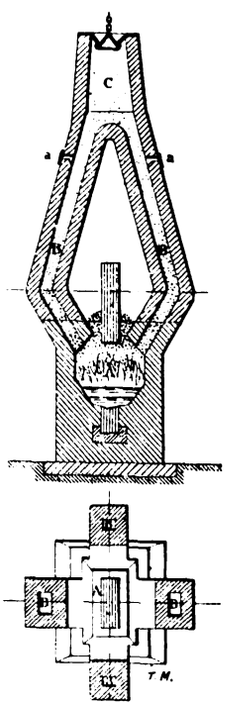


Fig. 9. — Four électrique Hans Bie Lorentzen.

Le réducteur, coke en l'occurrence, est introduit dans le creuset autour des électrodes ; il entre donc de suite dans la zone des températures élevées et ne risque pas d'être attaqué par un long contact avec les gaz de la réduction, comme dans le cas des hauts-fourneaux électriques ordinaires où le combustible est chargé au gueulard au même moment que les matières à réduire.

Pour éviter un appel d'air à travers le coke autour des électrodes, et pour faire en même temps circuler les gaz dans les cheminées de réduction, un aspirateur fonctionne sur la chambre C et est réglé de façon à ce que l'air ne pénètre pas dans le creuset.

L'usine de Tinfos est située aux environs immédiats de Notodden, sur les bords du lac d'Hitterdal; ses minerais proviennent de l'île Lango entre Langesund et Kragero, ou de Klodeberg sur la côte d'Arendal. Des analyses de ces minerais ont donné :

	LANGÖ	KLODEBERG-ARENDAL		
Fe	48	42	à	58
P	0,03	0,02		0,05
S	0,01	0,01		0,05

Le lit de fusion est donc pauvre par rapport aux lits de fusion étudiés précédemment en Suède ou en Californie.

Trois fours de 1 600 chevaux sont prévus, fonctionnant chacun sur une phase du courant triphasé secondaire. Le premier four, mis en route régulière, le 28 septembre 1912, produit, par 24 heures environ 10 tonnes, avec une consommation de 350 kilogrammes de coke à la tonne. Un second four a été mis ultérieurement en service, avec mêmes caractéristiques de marche. Ces résultats paraissent satisfaisants, eu égard au lit de fusion : ils correspondent à une production au cheval-an de 2 t 28 (au kw-an 3 t 12).

Ajoutons, pour être complet, qu'un four de même système, mais de plus petites dimensions, a été en marche en 1911, également en Norvège, dans les usines de Mis Cappelen à Ulefos; il a produit en tout 300 tonnes de fonte.

Paul Nicou,
Ingénieur au Corps des Mines.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Locomotives compound types « Consolidation » et « Décapod » de la Cie du Chemin de fer du Nord.

I. — Locomotive « Consolidation »

Dans le but de dégager la circulation sur la ligne d'Amiens à Montdidier et Ormoy, qui constituait autrefois l'unique artère de décharge de la grande ligne Arras-Longueau-Creil, la Compagnie du Nord a doublé les voies et amélioré le profil de l'ancienne ligne de Picardie et Flandres, entre Montdidier, Chaulnes, Cambrai et Douai ; à peu près à la même époque, elle construisait la ligne de Lens à Brebières.

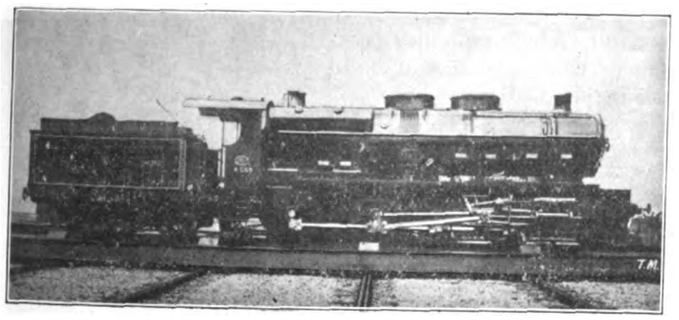


Fig. 1. — Vue de la locomotive « Consolidation ».

Dans la situation ainsi créée, les transports des houilles du Nord et du Pas-de-Calais peuvent se répartir sur trois grandes lignes, dont la dernière en date sert de voie de décharge et de secours aux deux lignes anciennes.

Toutefois, alors que, sur ces dernières lignes, le profil, dans le sens de la charge, ne présentait pas des rampes supérieures à 5 mm et des pentes supérieures à 6 mm, on n'a pu éviter, sur la voie Cambrai-Chaulnes, que les rampes supérieures à 8 mm et que les pentes supérieures à 12 mm.

Ce profil aurait donc réduit l'utilisation des trains et aurait ainsi conduit à en augmenter le nombre si l'on n'avait pu disposer de machines plus puissantes que celles autrefois employées.

Non seulement les machines nouvelles devaient réaliser une augmentation de puissance par rapport aux anciennes locomotives, mais elles devaient, en outre, permettre un accroissement de vitesse, pour ne pas augmenter la durée du parcours, malgré son allongement de près de 30 kil., par la voie Cambrai.

Dans ce but, au commencement de l'année 1911, la Compagnie du Nord commanda un lot de 60 locomotives type « Consolidation »; les premières unités livrées ont été tout récemment mises en service (fig. 1).

Les caractéristiques de ces machines sont les suivantes (fig. 2) :

Timbre			16 kil.
Grille (surface)			$3^{m2}22$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille	avant		$1^{m}62$
	arrière		$1^{m}365$
Tubes	Serve	Nombre	90
		Diamètre extérieur	$70^{m/m}$
	Gros tubes de surchauffe	Nombre	24
		Diamètre extérieur	$133^{m/m}$
Distance entre plaques tubulaires			$4^{m}50$
Surface de chauffe	Foyer		$17^{m2}38$
	Tubes de chaudière		$195^{m2}60$
	Totale		$212^{m2}98$
Surface de surchauffe			45^{m2}
Capacité	Eau		$6^{T}500$
	Vapeur		$3^{T}760$
	Totale		$10^{T}260$
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique.			$1^{m}639$
Puissance			1 620 chx.
Cylindres HP extérieurs.	Diamètre		$420^{m/m}$
	Course		$640^{m/m}$
Cylindres BP intérieurs.	Diamètre		$570^{m/m}$
	Course		$700^{m/m}$
Roues motrices : diamètre			$1^{m}550$
Bissel : diamètre des roues			$1^{m}040$
Effort maximum de traction	en compound		17 150 kil.
	admission directe		23 400 kil.
Pression au réservoir intermédiaire			8 kil.
Poids	à vide		$74^{T}635$
	en ordre de marche		$82^{T}330$
Poids adhérent			$72^{T}275$
Empatement rigide			$5^{m}960$
Empatement total			$8^{m}460$
Capacité du tender	Eau		17 000 l.
	Combustible		4 000 kil.
Poids du tender	à vide		$17^{T}175$
	en charge		$38^{T}575$
Diamètre des roues du tender			$1^{m}2475$
Longueur totale, machine et tender			$17^{m}458$

La chaudière, du type Belpaire, est pourvue d'un surchauffeur Schmidt.

Le diamètre des cylindres HP étant de 420 mm, celui des cylindres BP aurait du être de 600 mm d'après le rapport pratiquement admis, mais, avec ces dimensions, le groupe de cylindres B P n'aurait pu trouver place entre les longerons ; pour tourner la difficulté sans compromettre le rapport nécessaire entre les volumes des cylindres HP et BP, on n'a donné à ces derniers que 570 mm de diamètre, mais on a porté leur course à 700 mm.

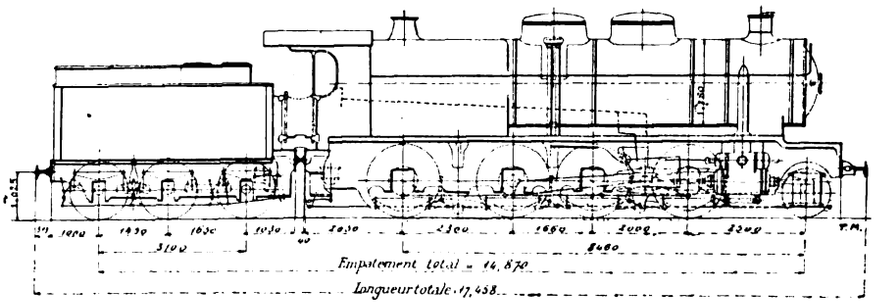


Fig. 2. — Schéma de la locomotive « Consolidation ».

Les cylindres HP sont pourvus de tiroirs cylindriques de 200 mm; les cylindres BP sont munis de tiroirs plans équilibrés par des couronnes compensatrices.

Un levier spécial actionne un régulateur permettant l'admission directe de la vapeur dans le réservoir intermédiaire des cylindres ; cette disposition permet d'augmenter la puissance qu'il est possible d'obtenir du démarrage avec la marche ordinaire en compound, qui d'ailleurs, est généralement suffisante.

Ces machines sont, à l'avant, pourvues d'un bissel; il n'était pas possible de les munir d'un bogie en raison de la nécessité de pouvoir les tourner sur des ponts de 17 m de diamètre.

Le bissel (fig. 3 à 6) est construit d'une façon toute particulière;

(1) Machines figurant à l'Exposition internationale de Gand, 1913 (Section française).

Digitized by Google

son châssis, en forme d'affût de canon (1), est constitué par deux longerons entretoisés ; la charge porte sur une crapaudine sphérique dans laquelle vient s'engager un pivot (2) placé sous une entretoise du châssis de la machine, et mobile latéralement dans des glissières (3) dont est pourvue cette entretoise.

L'avant du châssis repose sur l'essieu au moyen de pièces en acier moulé, qui constituent à la fois les glissières des boîtes et les appuis des ressorts ; l'arrière porte, par une crapaudine et un pivot sphérique (5), sur un balancier (6) qui transmet la charge sur les ressorts de suspension (8) de l'essieu couplé AV de la machine ; des sellettes à couteaux perpendiculaires (7), constituant une suspension à la cardan, assurent l'appui du balancier sur les ressorts.

Les longueurs du châssis du bissel, de part et d'autre du pivot de charge, ont été déterminées de façon à obtenir, sur l'essieu avant de la machine et sur l'essieu du bissel, des poids dans le rapport de $\frac{17}{10}$, de telle sorte que la charge de l'essieu accouplé étant constamment de 17 tonnes, celle de l'essieu du bissel ne descende jamais au-dessous de 10 t, qui est le poids minimum nécessaire à la stabilité de cet essieu.

L'invariabilité des charges sur chacun des deux essieux AV est ainsi obtenue ; en outre, cette invariabilité se produit également sur chacune des roues de ces essieux, en raison de la disposition des appuis sur pivots sphériques et du jeu du balancier du bissel.

Lorsque la machine s'engage dans une courbe, l'essieu du bissel se déplace suivant un mouvement qui, *a priori*, semble devoir être circulaire autour d'un point dont le pivot arrière du châssis serait le centre ; s'il en était ainsi, les glissières du pivot d'appui de la machine sur le châssis du bissel devraient être courbes ; on a toutefois préféré l'adoption de glissières rectilignes, perpendiculaires à l'axe de la machine, mais la conséquence a été l'obligation de donner un jeu longitudinal au pivot arrière du bissel.

Ce jeu est assuré par le montage du balancier sur

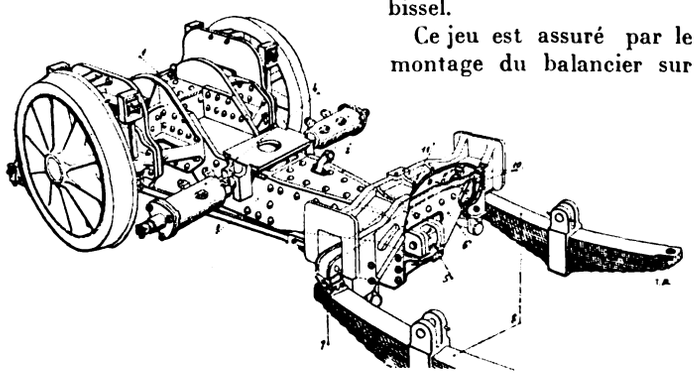


Fig. 3. — *Vue d'ensemble.*

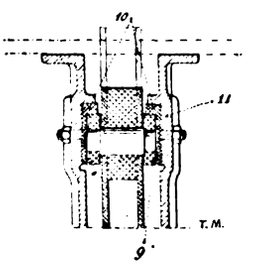


Fig. 4. — *Coupe horizontale.*

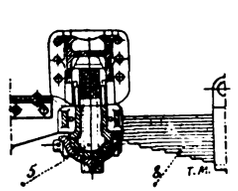


Fig. 5. — *Coupe longitudinale.*

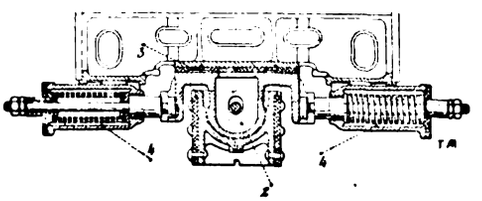


Fig. 6. — *Coupe transversale par l'axe du pivot de charge.*

Fig. 3 à 6. — Disposition du bissel.

des couteaux permettant des déplacements de l'avant vers l'arrière et inversement.

Dans la marche en alignement droit, le châssis du bissel est maintenu constamment en position de parallélisme avec l'axe longitudinal de la machine par deux puissants ressorts (4), situés de part et d'autre du pivot de charge ; la tension initiale de ces ressorts est de 1 500 kg, mais elle atteint 4 250 kg quand le jeu latéral est à son maximum.

Dans les courbes, cette disposition aurait eu pour résultat de transmettre au balancier des réactions transversales considérables; pour éviter que ces réactions ne s'exercent sur les bras des ressorts de suspension, les extrémités du balancier ont été pourvues de coulisseaux (9) articulés sur des axes horizontaux, de telle sorte que les réactions se transmettent sur les appuis verticaux (10) d'une entretoise (11) solidaire des longerons de la machine.

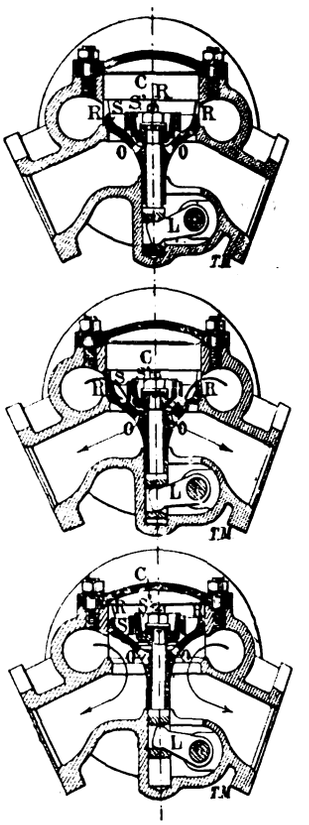


Fig. 7. — Dispositif du régulateur à soupapes.

Chaque couple de cylindres est commandé par un régulateur qui lui est propre ; ces deux régulateurs sont identiques et ne présentent de différences qu'en ce qui concerne leurs dimensions.

Deux soupapes S et S' (fig. 7) sont actionnées directement par un levier, qui, dans une première partie de sa course, soulève d'abord la soupape S' ; cette première action a pour effet de mettre en communication les tuyaux d'admission et la chambre C par les ouvertures O de la soupape S ; la chambre C ne communiquant avec la chaudière que par les ouvertures R, de section inférieure à celle des ouvertures O, la pression diminue sur la soupape S, dès l'ouverture de la soupape S', et la soupape S peut être aisément ouverte par un achèvement de la course du levier L, pour établir la mise en communication directe des tuyaux d'admission et de la chaudière.

Aux essais, les machines « Consolidation » ont permis de remorquer :

1° Un train de 972 tonnes sur une ligne comportant des rampes de 8 mm, à des vitesses variant de 25 à 50 kil à l'heure, avec une consommation kilométrique moyenne de 21 kg 93 de charbon et de 141 l 5 d'eau ; sur les parties de ligne en rampe de 5 mm, la vitesse soutenue fut de 42 kil à l'heure, avec un effort de traction de 7 t 5, et, sur les rampes de 8 mm, la vitesse soutenue fut de 25 kil. avec un effort de traction de 8 t 10 ;

2° Un train de 1 502 tonnes sur une ligne ne comportant que des rampes de 5 mm, à des vitesses variant de 20 à 43 kil à l'heure avec une consommation kilométrique moyenne de 27 kg 13 de charbon et 187 l 3 d'eau. La vitesse soutenue fut voisine de 30 kil à l'heure avec un effort de traction supérieure à 9 t ;

3° Un train de 1 664 tonnes en palier à une vitesse soutenue de 65 kilomètres à l'heure, et un effort de traction de 7 t 100.

II. — Locomotive « Décapod »

La locomotive « Consolidation », malgré la grande puissance développée, ne permettait guère de remorquer, sur des rampes de 13 mm, que des charges de 750 tonnes, ce qui était d'ailleurs un joli résultat; la Compagnie du Nord s'est proposé d'aller plus loin encore, et de remorquer, sur ces mêmes rampes, des charges d'au moins 950 tonnes à la vitesse de 15 à 20 kil. à l'heure.

Dans ce but, fut récemment mise en marche une machine type

Digitized by Google

« Décapod » (fig. 8), qui est presque entièrement semblable à la machine « Consolidation », sauf, bien entendu, la différence résultant de l'adjonction d'un 5e essieu accouplé.

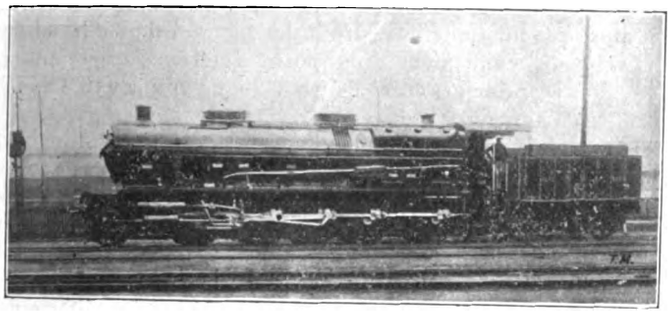


FIG. 8. — Vue de la locomotive « Décapod ».

La seule particularité consiste dans la fixation spéciale des cylindres ; il était, en effet, impossible de loger entre les longerons, espacés de 1m,25, les deux cylindres BP ; on y est parvenu cependant de la manière suivante (fig. 9).

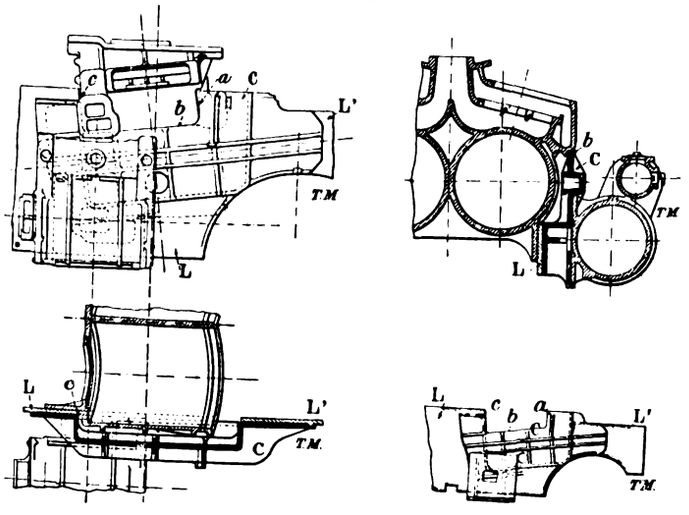


FIG. 9. — Disposition des cylindres de la locomotive « Décapod ».

Les longerons sont coupés à hauteur du logement des cylindres BP, et leurs sections sont réunies par une coquille C (fig. 2), en acier moulé, rivée sur les extrémités L et L' du longeron ; le cylindre BP est assujetti en partie sur la coquille et en partie sur l'assemblage de la coquille et du longeron ; ce cylindre prend appui sur une échancrure *abc* existant à la partie supérieure de la coquille.

A l'arrière inférieur, la coquille comporte un patin destiné à

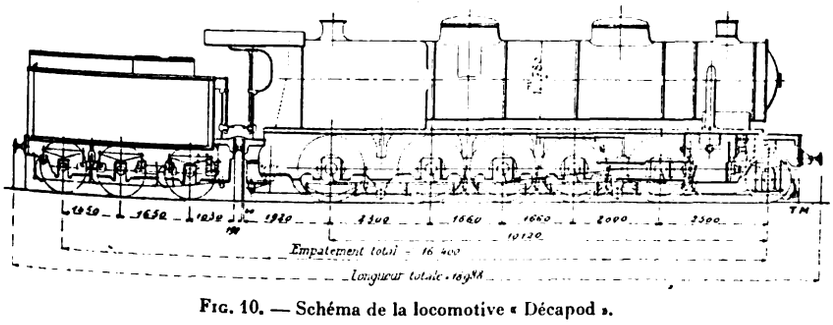


FIG. 10. — Schéma de la locomotive « Décapod ».

porter le cylindre HP ; un emboîtage de l'assemblage évite le travail des boulons.

Les caractéristiques principales de cette machine sont les suivantes (fig. 10) :

Timbre	16 k.
Grille (surface)	3m²22
Hauteur du ciel du foyer : avant	1m62
Hauteur du ciel du foyer : arrière	1m365
Tubes composés : Nombre	90
Tubes composés : Diamètre extérieur	65 à 70 mm
Tubes gros tubes de surchauffe : Nombre	24
Tubes gros tubes de surchauffe : Diamètre extérieur	133 mm
Distance entre plaques	6 m.
Surface de chauffe : Foyer	17m²38
Surface de chauffe : Tubes	234m²25
Surface de chauffe : Totale	251m²63
Surface de surchauffe	62m²23
Capacité : Eau	7T850
Capacité : Vapeur	4T425
Capacité : Totale	12T275
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique	1m639
Puissance	1800 chx.
Cylindres HP. : Diamètre	490 mm
Cylindres HP. : Course	640 mm
Cylindres BP. : Diamètre	680 mm
Cylindres BP. : Course	700 mm
Pression du réservoir intermédiaire	8 kil.
Diamètre des roues : Motrices	1m55
Diamètre des roues : du bissel	1m04
Effort maximum théorique de traction : en compound	23T617
Effort maximum théorique de traction : en ad. directe	31T941
Poids : à vide	89T94
Poids : en ordre de marche	99T02
Poids adhérent	88T37
Empatement rigide	5m32
Empatement total	10m12
Longueur totale	18m288
Capacité du tender : Eau	17 000 l.
Capacité du tender : Combustible	4 000 kil.
Poids du tender : à vide	17T175
Poids du tender : en charge	38T575
Diamètre des roues	1m2475
Jeu transversal de l'essieu central	± 5 mm

Le grand empatement de cette machine ne s'oppose pas à sa bonne inscription dans les courbes en raison du jeu du bissel : 65 mm au pivot, et du jeu de l'essieu arrière : 20 mm ; à l'arrière les têtes des bielles d'accouplement comportent une articulation cylindrique.

A. SABOURIN.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Les progrès récents de la Télégraphie sans fil.

Les derniers efforts des techniciens de la T. S. F. ont été dirigés vers la résolution de deux problèmes différents :

1° Amélioration de la syntonie entre le poste émetteur et le poste récepteur d'un système à étincelles par la production d'une onde unique ;

2° Mise au point d'un système de T. S. F. sans étincelle.

Le premier problème est actuellement résolu d'une façon satisfaisante et l'on paraît approcher de la solution du second. Nous examinerons successivement ces deux questions.

I. CIRCUIT OSCILLANT A ONDE UNIQUE. — Lorsqu'on accouple, à la manière de Tesla, un circuit oscillant à une antenne, les oscillations amorties qui sont produites, par chaque décharge du condensateur *c* (fig. 1) à travers l'éclateur S, se composent de la superposition de deux courants amortis possédant des fréquences différentes.

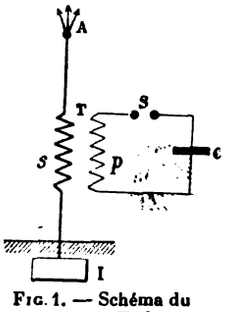


FIG. 1. — Schéma du montage Tesla.

Si l'on appelle λ la longueur d'onde propre des circuits accouplés, les longueurs des ondes émises λ' et λ'' sont données par les formules :

$$\lambda' = \lambda\sqrt{1+K} \qquad \lambda'' = \lambda\sqrt{1-K}$$

K étant le facteur d'accouplement (1). La différence entre les

(1) $K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$, dans laquelle L_1 et L_2 représentent la self de chacun des circuits et M leur coefficient d'induction mutuelle.

Digitized by Google

fréquences d'oscillation des deux ondes superposées est d'autant plus grande que l'accouplement entre le circuit excitateur primaire, et le circuit oscillant secondaire (antenne) est plus important. Or, il est bien évident que, pour obtenir une bonne syntonie entre le poste transmetteur et le poste récepteur, il serait désirable que les ondes émises possèdent une période d'oscillation unique, ce qui est impossible à réaliser avec le système précédent.

Avec ce système, pour obtenir une seule onde, il faudrait, en effet, théoriquement, adopter un accouplement rigoureusement nul ; mais ceci ne permettrait plus évidemment un échange d'énergie entre le circuit excitateur primaire et l'antenne, puisque cela nécessiterait qu'il n'y ait plus d'induction mutuelle entre les enroulements primaire *p* et secondaire *s* du transformateur T.

Aussi, avec ce système, on est conduit, en pratique, à faire un compromis, et à fonctionner avec un accouplement très lâche, de façon à ce que les périodes d'oscillation des deux courants amortis, superposés, ne soient pas trop différents l'un de l'autre. Néanmoins, comme l'accouplement doit en pratique demeurer suffisant pour qu'il subsiste un échange d'énergie nécessaire entre le circuit excitateur et l'antenne, la différence entre les deux fréquences demeure toujours assez accusée pour qu'on puisse la déceler au moyen d'un circuit oscillant récepteur peu amorti tel qu'un ondemètre.

Il n'en est pas de même avec le nouveau système employé par la Société Française Radio-électrique. Ce nouveau dispositif consiste, en principe, en l'emploi d'un système oscillant primaire (circuit I), d'un circuit oscillant secondaire (circuit II) et d'un lien rigide (circuit III) entre ces deux circuits, de telle sorte que le système oscille d'une seule pièce avec une fréquence bien déterminée et unique. Le schéma (fig. 2) montre la constitution du circuit intermédiaire. Il comporte le secondaire S, du premier transformateur de couplage T_1 et le primaire P_2 du second transformateur de couplage T_2 ; les transformateurs T_1 et T_2 sont placés de façon qu'il n'existe pas d'induction mutuelle entre les enroulements n'appartenant pas au même transformateur. Dans ces conditions, il est possible de démontrer théoriquement et de vérifier par l'expérience que, si les constantes des divers circuits sont convenablement choisies, le système tout entier ne possède qu'une seule période d'oscillation propre, nettement définie. Cette propriété est, du reste, indépendante du degré d'accouplement et, par conséquent, on peut fonctionner avec un accouplement aussi grand qu'on le désire et obtenir une onde unique quel que soit cet accouplement.

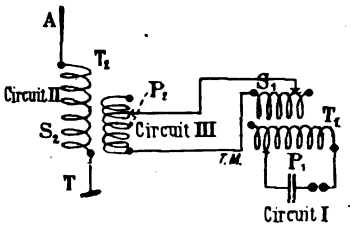


Fig. 2. — Schéma du montage d'un circuit oscillant à onde unique.

La preuve mathématique de cette propriété se déduit immédiatement des équations générales publiées par M. Béthenod (1). Si l'on appelle K_1 le coefficient d'accouplement du transformateur T_1, K_2, celui du transformateur T_2, λ la longueur d'onde du circuit oscillant et de l'antenne, la longueur d'onde émise est donnée par l'expression :

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - (K_1^2 + K_2^2)}$$

Dans la pratique, on monte le circuit intermédiaire en dérivation ainsi que l'indique la figure 3. La figure 4 donne le schéma des connexions d'un poste émetteur, reposant sur ce principe, et la figure 5 donne la vue extérieure de l'appareil d'émission.

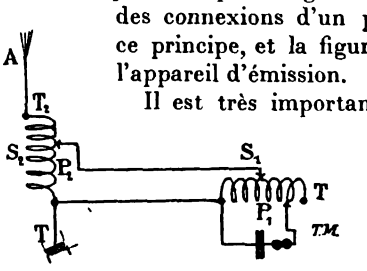


Fig. 3. — Schéma du montage en dérivation du circuit intermédiaire.

Il est très important de remarquer que, dans le système ainsi constitué, la période d'oscillation des ondes émises est très différente de la période propre que possède chacun des circuits considéré isolément, de telle sorte qu'un circuit oscillant récepteur (constitué par exemple, par une antenne reliée à la terre au moyen d'un détecteur thermique tel qu'un bolomètre) ne doit pas être accordé sur la fréquence propre des dits circuits. En définitive, le produit L C de la self-induction par la capacité ne doit pas avoir la même valeur dans les circuits d'émission et dans les circuits de réception ; c'est là une propriété qui montre l'originalité du système.

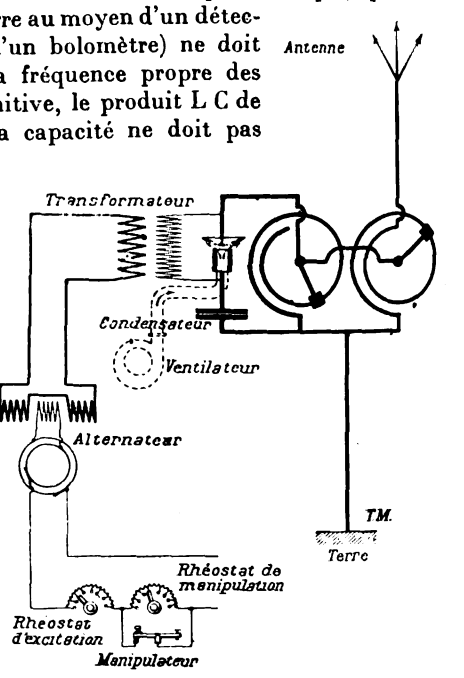


Fig. 4. — Schéma des connexions d'un circuit oscillant à onde unique.

Si l'on applique, à la réception, le même montage qu'à l'émission, l'ensemble récepteur possède une fréquence propre unique, qu'il suffit de faire correspondre à l'onde émise par le poste émetteur pour obtenir l'effet maximum de réception. Ceci peut être obtenu encore quel que soit l'accouplement des divers circuits de réception (on établit des appareils

---

(1) *Bulletin de la Société Internationale des Electriciens*, 1910, t. X, p. 125. — On peut également se rendre compte de cette propriété sans avoir recours aux formules et, cela, par le raisonnement très simple suivant :

Le système représenté par la fig. A, ne possède évidemment qu'une seule période propre d'oscillations, c'est-à-dire ne peut donner lieu à des battements. D'un autre côté, si l'on associe en série *n* systèmes ainsi composés, en les accouplant comme l'indique la fig. B, il n'existera encore en toute certitude, qu'une seule période propre d'oscillation, si les *n* systèmes associés sont tous identiques. Maintenant, si nous couplons également en série (*n*—1) des circuits identiques qui contiennent les condensateurs C_1, C_2, C_3, C_4, etc... (fig. C), il est évident que le nouveau système obtenu demeure absolument équivalent à celui de la fig. B ; mais l'ensemble de ces (*n*—1) circuits en série peut être considéré comme un circuit unique dont la self-induction est (*n*—1), tandis que la capacité se trouve réduite à $\frac{C}{n-1}$.

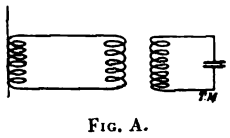


Fig. A.

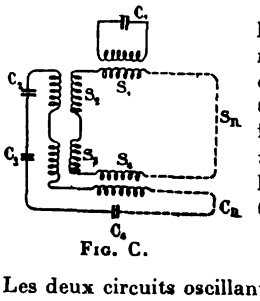


Fig. C.

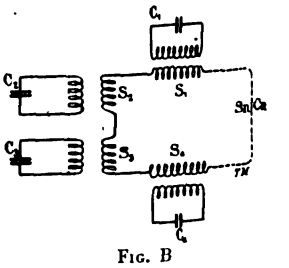


Fig. B

Finalement, l'on peut admettre que le circuit isolé C_1 de la fig. C forme le circuit (I) par exemple du montage, tandis que le circuit (II) est constitué par l'ensemble des (*n*—1) circuits en série C_1, C_2, C_3, C_4... C_n en raison de l'identité :

$$(n-1)\ L.\ \frac{C.}{n-1} = L.\ C.$$

Les deux circuits oscillants ainsi définis sont donc bien accordés, et

Digitized by Google

à onde unique pour des accouplements allant de 20 à 70 %), ce qui permet d'obtenir un excellent rendement en même temps qu'une syntonie très aiguë. Il en résulte un accord rigoureux à la réception et par conséquent une élimination très facile des transmissions étrangères, même ayant des longueurs d'onde très voisines de celle que l'on reçoit.

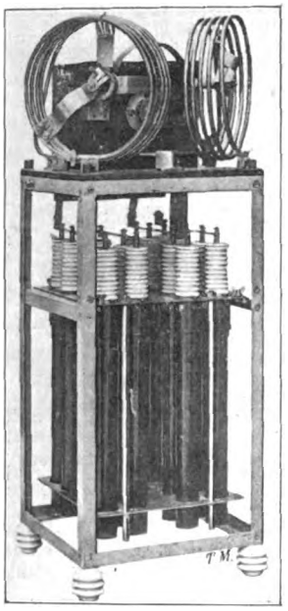


Fig. 5. — Vue extérieure de l'appareil d'émission.

Ce dispositif réalise le même avantage que les montages à excitation *par choc*, mais il n'a pas l'inconvénient d'augmenter l'amortissement, et par suite, il est d'un bien meilleur rendement.

Ces diverses considérations ajoutant leurs effets les unes aux autres, on peut conclure qu'une station à onde unique de 5 kw, par exemple, a la même portée qu'une station utilisant le montage Tesla et consommant 10 kw, et la syntonie est meilleure.

II. Circuit oscillant sans étincelle. — Au lieu d'employer les étincelles, il est un moyen plus direct, et théoriquement plus simple, de produire les oscillations de haute fréquence dans l'antenne, et qui consiste à l'accorder simplement sur un circuit parcouru par le courant alternatif d'une machine. Les avantages que l'on retirerait d'un pareil système sont bien connus: c'est la syntonie théorique, c'est donc la possibilité d'installer plusieurs stations dans une même région sans qu'elles se gênent mutuellement, ce qui donne même la vision du multiple en radiotélégraphie pour des distances telles que la traversée de l'Atlantique, et sans doute sera-t-il possible d'échanger ainsi plusieurs centaines de mots par minute entre Paris et New-York alors qu'un câble sous-marin permet d'en passer à peine 20 s'il est simple et 35 s'il est duplexé.

Mais il va sans dire que tout ceci représente l'avenir, prochain peut-être, mais enfin l'avenir. Nous examinerons rapidement l'état actuel de la question.

Puisque les oscillations électriques parcourent 300 000 kilomètres dans une seconde, puisque la longueur d'onde est le chemin parcouru par une oscillation jusqu'à l'instant où la suivante se produit, on voit que l'accord sera établi entre l'antenne et la machine si la longueur d'onde de l'antenne *correspond* au chemin parcouru par une oscillation avant l'éclosion de la suivante. Une machine donnant 300 000 oscillations par seconde s'accorde donc sur une antenne de 1 kilomètre de longueur d'onde ; une machine donnant 30 000 oscillations par seconde s'accorde sur une antenne de 10 kilomètres de longueur d'onde.

En principe, deux difficultés fondamentales apparaissent et sont liées l'une à l'autre d'après le principe que nous venons d'exposer.

1° Il est difficile de construire des alternateurs d'une fréquence aussi élevée ;

2° Il est encombrant et coûteux de réaliser des antennes d'une aussi grande longueur d'onde.

Aujourd'hui, on est très avancés vers la solution de ces deux questions. Différents procédés ont été proposés pour la construction des machines à haute fréquence. Nous citerons un système qui a permis à l'ingénieur allemand, Rudolph Goldschmidt (1), de réaliser des alternateurs de 5 kw de la fréquence de 50 000 périodes.

Le principe de l'alternateur Rudolph Goldschmidt est dû à M. Boucherot (2), qui avait remarqué, dès 1893, que dans tout alternateur, débitant un courant de fréquence F, il se produisait aussi des courants accessoires dont les fréquences sont croissantes et en progression selon les termes impairs 3F, 5F, 7F, etc.

Le circuit inducteur est lui-même le siège de courants de fréquences (excitation par courant continu), 2F, 4F, 6F, etc.

M. Boucherot indiquait que l'on pouvait, au moyen des remarquables propriétés des condensateurs, obtenir que le courant principal débité par la machine soit, non pas son courant ordinaire de fréquence F, mais un courant de fréquence NF, soit 4F, par exemple, ce qui permet d'obtenir un courant de 48 000 périodes avec une machine établie comme un alternateur à 12 000 périodes.

Le triage des courants de fréquences différentes au moyen des propriétés des condensateurs et des bobines de self-induction a, d'ailleurs, été employé depuis longtemps par M. Maurice Leblanc.

Selon ces données, M. Rudolph Goldschmidt a donc réalisé un alternateur qui permet de multiplier la fréquence initiale de 12 000 périodes à 48 000 périodes.

Un autre système de machine à haute fréquence que nous devons citer est fondé sur le principe de la mise en cascade de 4 machines de telle sorte que le courant final est 4 fois le courant élémentaire de chaque machine.

M. Marius Latour a démontré que l'établissement de machines polyphasées présenterait un avantage de principe considérable sur tous les alternateurs de haute fréquence monophasés.

Or, c'est ce qui se trouve actuellement réalisé par M. Béthenod.

La seule difficulté d'emploi des alternateurs diphasés, en télégraphie sans fil, était jusqu'ici la nécessité de deux antennes orientées à 90° l'une de l'autre, ce qui avait empêché toute application pratique, puisque ce sont précisément les antennes qui coûtent le plus cher dans une station de télégraphie sans fil importante, mais grâce à un dispositif nouveau du montage électrique et dans le détail duquel nous ne pouvons entrer ici, une phase se trouve inversée lorsque le courant arrive dans l'antenne et ceci sans perte de rendement, de telle sorte que cet alternateur diphasé peut être connecté directement à une antenne unique.

Le problème de l'emploi de la haute fréquence est largement simplifié si l'on établit des antennes de grande longueur d'onde. Nous exposerons ici un procédé qui vient d'être soumis à des épreuves pratiques.

Habituellement, lorsqu'on veut augmenter la longueur d'onde d'une antenne déterminée, on la munit d'une self-induction, c'est-à-dire d'un certain nombre de spires de fils. Cela découle immédiatement de la formule :

$$\text{Longueur d'onde} = K\sqrt{L\,C}.$$

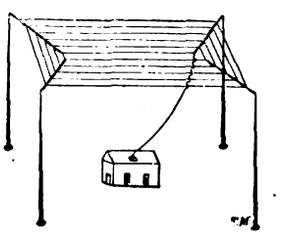


Fig. 6. — Schéma d'une antenne système Béthenod.

En augmentant L, on fait croître la longueur d'onde. L'inconvénient est que les bobines de fils n'ont aucun rayonnement et lorsqu'on les place à la base de l'antenne, c'est-à-dire dans la partie rayonnante, on fait tomber considérablement la portée du poste ; et il est impossible de les placer ailleurs parce que leur présence dans la région à haute tension de l'antenne amènerait des effets de tension funestes aux bobines elles-mêmes, ou bien produirait des nœuds, des coupures, dans l'antenne, c'est-à-dire une diminution de longueur d'onde, soit l'effet inverse de celui recherché.

le circuit intermédiaire sans capacité (III) se trouve constitué par les n enroulements S_1, S_2 S_3, S_4... S_n montés en série. En définitive, les montages des figures B et C étant entièrement équivalents et par conséquent le système complet de la fig. C posséde une période d'oscillation propre *unique*.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 4 (15 février 1912), p. 138.
(2) *La Lumière électrique* du 25 mars 1893, page 554.

Digitized by Google

Une des nouvelles antennes de M. Girardeau (fig. 6) est constituée en deux nappes : une nappe montante pouvant être réduite à un fil et une nappe horizontale (ou oblique) sur laquelle une portion de chaque fil constituant l'antenne se trouve enroulée en spirale. Chaque tour de spirale produit un accroissement progressif et continu de la self-induction et sans aucune gêne pour le rayonnement, puisque la spirale se trouve placée dans la partie horizontale de l'antenne qui ne rayonne pas. La position verticale remplit donc intégralement son rôle de radiateur des ondes, celles-ci n'étant influencées par les spirales que quant à leur longueur.

Les expériences effectuées entre Bruxelles et Paris sur les longueurs d'onde :

300 m — 800 m — 1 100 m — 1 700 m — 2 000 m — 2 400 m — 2 500 m — 5 500 ont permis de formuler les résultats suivants :

A. — La longueur d'onde d'une antenne à spirale unique est 4 fois la longueur du fil ;

B. — La longueur d'onde d'une antenne à spirales multiples est plus grande ou plus petite que 4 fois la longueur du fil selon les dispositions des spirales.

C. — La multiplication de longueur d'onde n'est nullement limitée par les conditions d'isolement entre les différentes spires, mais par un autre facteur qui intervient dans la conclusion suivante.

D. — La multiplication de longueur d'onde la plus avantageuse correspond à une certaine valeur du rapport $\frac{L}{C}$. L self-induction de l'antenne et C capacité ; autrement dit, il est défavorable d'augmenter L au-delà d'une certaine limite pour une valeur de capacité déterminée.

Dans une limite restant à préciser mais déjà connue approximativement, ces antennes facilitent beaucoup la solution pratique de la télégraphie sans étincelles, car elles simplifient la construction des alternateurs en permettant d'abaisser notablement la fréquence désirable sans nuire à la portée.

Même si l'on devait renoncer à multiplier la longueur d'onde par plus du coefficient 3 (et il est déjà prouvé que l'on pourra multiplier favorablement par plus de 3), on est amené à demander aux constructeurs des machines à 20 000 périodes au lieu de 60 000. Le problème est autrement simple et la confiance qu'on pourra placer dans un alternateur de 20 000 périodes sera bien plus de trois fois celle qu'on mettrait dans l'alternateur le plus ingénieux de 60 000 périodes. En définitive, tout cela donne bon espoir pour l'application prochaine de la T. S. F. sans étincelles.

Quoiqu'il en soit, il n'y a pas lieu d'attendre les nouveaux prodiges que ne manquera pas d'apporter la science des ondes électriques pour développer les communications par télégraphie sans fil.

Dans l'industrie, c'est la pire des politiques que de négliger des moyens pratiques actuels pour attendre les perfectionnements que nous laissent constamment espérer les inventeurs.

Il serait d'ailleurs particulièrement illogique d'attendre la mise au point des systèmes pouvant fournir éventuellement des communications à la vitesse de 200 mots à la minute, lorsqu'il existe des moyens pratiques de débiter 100 mots à la minute, au moyen du système à étincelles et de manipulateurs automatiques. C'est déjà une énorme vitesse et l'on ne sait pas même si le trafic pourrait seulement atteindre 20 ou 30 mots à la minute dans un délai d'une dizaine d'années. D'ailleurs, les stations de télégraphie sans fil que l'on établirait aujourd'hui, avec des procédés ayant fait leurs preuves, se prêteront admirablement à l'installation des systèmes sans étincelles lorsque ceux-ci seront au point ; les dépenses supplémentaires seront relativement faibles : environ 15 à 20 % du prix total de la station. V. B.

HYDRAULIQUE

Nouveaux systèmes de pompes rotatives.

Les pompes employées aujourd'hui pour les usages industriels et agricoles sont de trois systèmes principaux : les pompes à pistons, les pompes rotatives et les pompes centrifuges.

Les premières assurent une étanchéité satisfaisante et permettent d'atteindre des pressions élevées, mais leur vitesse est limitée et ne dépasse guère 150 tours par minute.

Les pompes rotatives comprennent plusieurs classes : les pompes à pistons et cylindres tournants, les pompes à palettes, à excentrique ou à engrenages. Dans ces deux dernières classes, les joints n'ont lieu, en général, que par une arête et sont mal assurés.

Les joints latéraux dans cette catégorie sont un point faible.

Les pompes centrifuges exigent une vitesse considérable qui ne permet leur emploi que dans le cas de grandes forces.

POMPE ROTATIVE RÉVERSIBLE SYSTÈME MONIN. — La pompe rotative réversible Monin construite sur un principe entièrement nouveau, appartient à la 1re classe des pompes rotatives.

Elle comprend essentiellement (fig. 1) un bâti cylindrique B fermé en avant et en arrière par deux plateaux et dans lequel viennent déboucher les tubulures d'aspiration et de refoulement A et R.

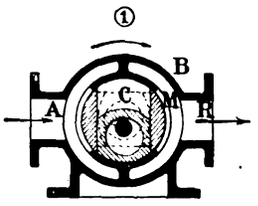


FIG. 1. — *Coupe en élévation par un plan perpendiculaire à l'arbre moteur.*

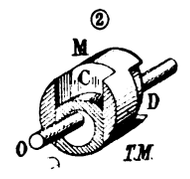


FIG. 2. — *Vue en perspective de l'ensemble des organes mobiles.*

Dans l'alésage de ce bâti peut tourner une masse M représentée en perspective par la figure 2 ; cette masse porte sur ses deux faces deux rainures en croix dans lesquelles peuvent coulisser deux blocs semblables C et D. Ces blocs sont traversés par deux excentriques diamétralement opposés qui font corps avec l'arbre moteur O, dont l'axe occupe une position excentrée par rapport à l'axe du bâti B.

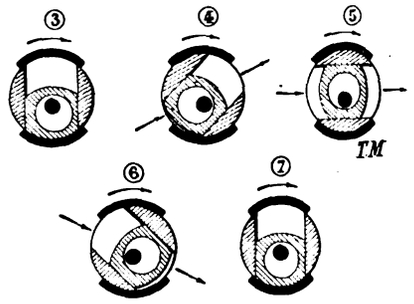


FIG. 3 à 7. — *Positions successives occupées par la masse M et le coulisseau d'avant C, pendant un tour complet de l'arbre moteur.*

FIG. 1 à 7. — Vues schématiques de la pompe rotative système Monin.

L'arbre moteur et ses excentriques, en tournant, entraînent l'ensemble des coulisseaux et de la masse M. Les figures 3, 4, 5, 6 et 7 montrent les dispositions successives occupées par la masse M et le coulisseau d'avant C, pendant un tour de l'arbre O.

On voit que l'eau est d'abord aspirée par la face inférieure du coulisseau et refoulée par la face supérieure (fig. 4). Puis les organes s'inclinent progressivement dans le sens indiqué par les flèches, l'aspiration se faisant à gauche et le refoulement à droite (fig. 5). Le coulisseau continue son mouvement en aspirant en haut et refoulant en bas (fig. 6). Enfin il achève ce mouvement en revenant occuper une position identique à la position initiale (fig. 7).

Le coulisseau d'arrière effectue une manœuvre semblable, avec cette seule différence que les phases de cette manœuvre sont décroisées d'un angle droit par rapport à celles du coulisseau d'avant.

La disposition des parois fixes entre lesquelles s'effectue le mouvement des organes mobiles indique bien que les débouchés d'aspiration et de refoulement se trouvent exactement ouverts et fermés aux moments voulus et cela sans interposition d'aucune soupape. Le jeu de l'appareil est ainsi entièrement automatique.

Les avantages principaux de cet engin élévatoire sont :

1° Tous les organes mobiles sans exception sont animés de mouvements de rotation rigoureusement uniformes. Ces organes mobiles étant d'autre part symétriques, sont toujours équilibrés et l'appareil est susceptible de fonctionner aux plus grandes vitesses, sans chocs, ni vibrations, ni pertes de travail.

2° Il n'y a *ni soupapes, ni clapets, ni tiroirs, ni engrenages, ni articulations* d'aucune sorte.

Digitized by Google

L'ensemble des organes mobiles forme un tout compact, dans lequel ils se maintiennent et se guident mutuellement.

3° Le mouvement relatif que prennent les coulisseaux dans leurs rainures étant absolument rectilignes, ces coulisseaux jouent le rôle de deux véritables *pistons à joints longs* présentant une étanchéité parfaite. Il réunit les avantages du fonctionnement uniforme des engins rotatifs et de l'étanchéité des machines à pistons, sans présenter les inconvénients de ces systèmes.

4° *L'appareil est réversible*, c'est-à-dire qu'en changeant le sens de sa marche, on intervertit en même temps le sens de circulation de l'eau. On peut donc à volonté faire que l'un ou l'autre des deux tubulures soit l'aspiration ou le refoulement.

5° Le même appareil peut être *utilisé indistinctement comme pompe ou comme moteur hydraulique*. Si on l'entraîne par son arbre, il constitue une pompe pour l'élévation des liquides ou la compression de l'air. Si au contraire, on lui applique une charge hydraulique, par l'une des tubulures il fonctionne comme récepteur en fournissant de la force motrice.

6° La possibilité d'entraîner l'appareil à de très grandes vitesses fait que son *encombrement* et son *poids* sont *très faibles* par rapport au débit qu'il peut engendrer.

7° Enfin, le nombre de ses organes étant réduit au strict minimum : trois organes fixes, le bâti et ses deux plateaux ; et quatre organes mobiles, l'arbre à excentriques, la masse et ses deux coulisseaux. En tout sept pièces.

Poulie-pompe Hamm (système Dispot). — La pompe système Dispot, appartient au système rotatif à palettes ; mais dans celle-ci les palettes se déplacent automatiquement pour assurer le refoulement continu du liquide. Sa construction, très ingénieuse, est la suivante : Une poulie P est calée sur un arbre que fait mouvoir un moteur quelconque. Cette poulie tourne concentriquement dans une enveloppe circulaire A munie d'une tubulure d'entrée E et d'une tubulure de sortie S (fig. 8).

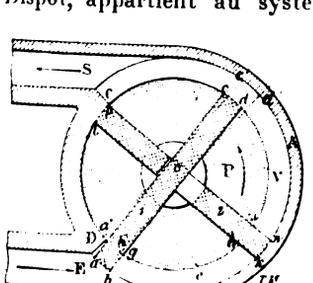


Fig. 8. — Coupe schématique de la poulie pompe Hamm.

Deux palettes 1 et 2 logées dans cette poulie et disposées diamétralement à angle droit, peuvent se déplacer librement dans leur logement, leur course étant limitée à la largeur de l'encoche nécessitée par le croisement. L'enveloppe présente autour de la poulie un espace annulaire d'épaisseur *e* qui sert de passage à l'eau ; cet espace étant seulement supprimé entre les deux tubulures sur un parcours correspondant à un angle droit. La rotation ayant lieu dans le sens de la flèche, si l'on considère le volume *bghk*, compris entre la paroi de l'enveloppe, la surface de la poulie et les deux palettes, nous avons une portion de liquide qui est prise à l'arrivée, déplacée et transportée au refoulement par un mouvement de rotation uniforme sans que son volume change. On peut solidifier par la pensée, la masse d'eau transportée *bghk* et le fonctionnement est le même.

On voit que le liquide ne subit aucun brassage, son mouvement est continu et uniforme sans arrêts, ni à coups, et il n'est pas soumis comme dans les pompes à pistons, à des vitesses variables, ni obligé de passer dans des orifices de sections brusquement différentes. Dans la poulie-pompe, il n'y a pas plus de pertes de charge que dans une conduite de section constante où se déplacerait un liquide qui ne rencontre comme résistance que son seul frottement contre les parois de la conduite ; dans les pompes centrifuges, les sections sont constamment variables et le liquide changeant de direction d'une façon continue les remous y sont importants. Le jeu des palettes sert seulement à créer un isolement entre l'aspiration et le refoulement pour le transport du liquide.

Leur mouvement est assuré automatiquement, sans aucun ressort ni guidage, d'une façon très curieuse : elles sont entièrement libres dans leur logement. Dans le secteur COD la position de la palette 1 est déterminée puisque sa longueur est égale au diamètre de la poulie plus la largeur *e*.

Lorsqu'elle arrive en *a' b' c' d'*, si nous considérons la face *c' d'*, de la palette, cette surface est soumise à la pression du refoulement et la face *a' b'* à la pression de l'aspiration. Nous avons donc comme un petit piston *a' b' c' d'* et celui-ci va se déplacer sous l'effort auquel il est soumis aussitôt qu'il sera dégagé du secteur CD et il prendra la position *a b c d* et le volume V est en communication avec le refoulement.

Si la pompe tourne en sens inverse, le sens des pressions est renversé et la palette est appliquée en sens inverse contre la paroi de l'enveloppe. On voit ainsi que cette pompe est réversible et cela instantanément. Pour le cas où l'appareil doit démarrer sous charge, il est prévu une rampe de guidage qui n'est nécessaire que pour le départ jusqu'au moment où le mouvement de la pompe a déterminé une différence de pression entre les tubuleurs E et S.

Dans cette pompe l'étanchéité est satisfaisante : l'enveloppe et la poulie étant concentriques, le joint CD présente une grande surface de contact et le dispositif est bien supérieur au rapprochement qui a lieu par une génératrice, comme cela se produit dans les pompes rotatives, qui présentent en général un rotor excentré. Leur ajustage est d'ailleurs plus difficile. Ce large contact critiquable pour un gaz, est excellent pour un liquide.

Pour les parois latérales, le contact a lieu sur une très petite longueur *mn* et le contact se fait à frottement doux.

Dans sa construction, on a eu surtout en vue la diminution des frottements. Les palettes se butent l'une l'autre à leur croisement et glissent sans pression sous la paroi intérieure de l'enveloppe.

Fig. 9. — Poulie montée sur l'arbre de l'induit du moteur électrique.

Cette pompe qui ne présente aucun organe délicat, peut tourner à de très grandes vitesses ; il n'y a que trois pièces mobiles ; la poulie est en bronze et bien équilibrée ; les palettes sont en ébonite ; se trouvant immergées dans l'eau, leur masse est à peu près nulle.

Fig. 10. — Vue d'ensemble de la poulie-pompe et de son moteur électrique.

Sa consommation en énergie est faible étant données les résistances passives peu importantes qui existent. La partie mobile de ce modèle est représentée fig. 9 et l'ensemble fig. 10.

La pompe est construite pour des débits de 500 à 10.000 litres à l'heure et des hauteurs d'élévation jusqu'à 30 mètres.

Elle est surtout applicable aux usages domestiques, n'étant pas construite pour des puissances supérieures à 1 cheval. J. B.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

La bauxite et le four électrique. — En dehors de l'aluminium, le premier produit retiré de la bauxite a été le corindon artificiel, utilisé comme abrasif sous une foule de noms pour le polissage, la fabrication des meules et des pierres à polir. Originaire de la Bohême, l'industrie du corindon s'est surtout développée en France, où l'usine de La Bathie emploie 3 000 chevaux, et en Amérique, où une usine de 3 600 chevaux, fournis par le Niagara, donne une production annuelle de 13 000 tonnes. La bauxite peut subir au four électrique plusieurs transformations. Par fusion, accompagnée d'une purification réductrice plus ou moins complète, on obtient toute la série des abrasifs alumineux ; le terme ultime est l'alumine pure, utilisable pour la fabrication de l'aluminium. Le traitement réducteur peut même conduire à des alliages complexes et finalement à l'aluminium et au carbure d'aluminium. Ce carbure que l'on trouve dans beaucoup de combinaisons, est essentiellement nuisible à tous ces produits, dont il amène une rapide désagrégation au contact de l'humidité de l'air.

La réduction effectuée dans une atmosphère d'azote, au moyen de longs fours rotatifs, fournit le nitrure d'aluminium, produit industriel nouveau très intéressant : traité par une solution alcaline, il est décomposé en ammoniaque et alumine pure. Le bénéfice obtenu par le sel ammoniac diminue d'autant le prix de revient de l'alumine, et par suite permet d'obtenir l'aluminium à un prix plus bas.

(Communication de M. *G. Flusin*, Société Internationale des Electriciens, 4 juin 1913.)

GÉNIE MARITIME

Essais de 3 navires propulsés par turbines à engrenages. — Ce mémoire complète les renseignements fournis par M. Parsons au précédent meeting (1). Il s'agit de 3 navires : *Curzon*, *Elgin* et *Hardinge*, qui font le service entre Ceylan et la péninsule indienne. Ils ont tous les trois 76 mètres de long, 11m,60 de largeur, déplacent 870 tonnes à 1m,83 de tirant d'eau et doivent filer 16 nœuds 1/2. Leurs chaudières sont du système Yarrow, d'une surface de chauffe totale de 650 m². La vitesse atteinte en essai a été de 17 nœuds 8 à 482 tours 8 pour le *Hardinge*, avec une puissance de 2 390 chevaux torsiométriques et une consommation de vapeur aux turbines seules de 5k,6 de vapeur par cheval torsiométrique. Il faut y ajouter 1k,34 pour les différents auxiliaires.

On avait installé un phonographe pour enregistrer le bruit des engrenages, mais à l'audition, le bruit se confondait avec le grincement habituel de l'appareil.

L'auteur signale qu'un navire de 3 000 chevaux, l'*Oneida*, fut équipé en 1857 avec des engrenages à alluchons qui ont fonctionné pendant 17 ans.

(Communication de M. *I. Inglis*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

Embrayages pour turbines de croisière. — La disposition préconisée par M. H.-E. Yarow et due à MM. Yarow père, Marriner et Cotton, s'applique à un ensemble composé d'une turbine principale conduisant directement l'arbre d'hélice et d'une petite turbine de croisière qui est reliée à cet arbre par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur et d'un embrayage. Quant cette petite turbine est en marche, elle échappe dans la turbine principale. Les inventeurs se sont proposé de réaliser un mécanisme d'accouplement exempt de chocs, et il fallait pour cela que les deux tronçons d'arbre fussent embrayés l'un avec l'autre au moment où la vitesse des deux était la même ; on reconnaît ce moment, grâce à un artifice basé sur un effet optique. Le tambour qui enveloppe extérieurement l'embrayage, coupé perpendiculairement à l'axe en deux parties solidaires chacune de l'un des arbres, porte un filetage continu taillé sur les deux parties. Si ces deux parties tournent à la même vitesse, le filetage présente une apparence continue à l'œil de l'observateur, tandis que si la vitesse est différente, la discontinuité apparaît immédiatement et le déplacement axial des filets semble plus rapide d'un côté que de l'autre. Le mécanicien peut ainsi embrayer au moment convenable.

Dans une variante, chacun des tronçons d'arbre conduit par courroie une petite poulie ; ces poulies sont calées sur des axes au prolongement l'un de l'autre et tournent en sens inverse. Les extrémités des axes qui se regardent portent toujours un pignon conique, et un 3e pignon, satellite des deux autres, est monté sur un tambour qui enveloppe le mécanisme et qui est fileté à l'intérieur. Selon que c'est l'un des arbres ou l'autre qui tourne le plus vite, le pignon satellite et son tambour sont entraînés dans un sens ou dans l'autre, et les filets paraissent se déplacer vers la droite ou vers la gauche, ou bien, au contraire, paraissent fixes quand la vitesse de rotation est la même pour les deux autres.

(Communication de M. *Harold E. Yarrow*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

Expériences sur l'attraction qui s'exerce entre deux navires en marche (1). — Ces expériences, faites à la suite de la collision du *Hawke* et du *Titanic*, ont eu lieu sur deux petits navires dont l'un était un yacht de 96 tonnes et de 27 mètres et l'autre un canot automobile de 2,6 tonnes et 8,94 mètres. Dans une première série d'expériences, les vitesses étaient les mêmes pour les 2 navires et variaient de 3,6 à 5 nœuds. Une deuxième série a été faite avec des vitesses différentes pour les 2 navires. Les dimensions du gouvernail du canot avaient été déduites par similitude de celles qui correspondaient à un navire plus grand dont le canot représentait le modèle, le gouvernail fut, selon les expériences, manœuvré ou fixe. Les expérimentateurs ont trouvé que, plus la différence des vitesses était grande, plus le risque de collision était petit, si le petit bateau était plus rapide que le grand ; au contraire, si le grand cherchait à dépasser le petit, les risques augmentaient. Pour des navires de grandeur proportionnée aux 2 bateaux expérimentés, et pour des vitesses ne différant pas de plus de 10 %, les risques de collisions apparaissaient encore à un écartement de 3 fois 1/2 la longueur du petit bateau, sauf action convenable des gouvernails. Plus le tirant d'eau du navire attiré était grand, plus le risque était sérieux. Il n'y avait que peu de danger, même à 1/2 longueur de distance, si la barre était convenablement orientée à l'origine, mais l'angle de barre nécessaire pour obtenir telle modification de route devait être plus grand.

(Communication de MM. *A. Gibson* et *Hannay Thomson*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

Performances du navire à moteur « Suecia ». — Ce navire, pour passagers et marchandises, est destiné aux services entre la Suède et la Plata et il peut porter 6 500 t de marchandises.

Sa machine comporte deux principaux moteurs Diesel-Burmeister et Wain, de 1 000 chevaux indiqués, chacun à 4 temps et 8 cylindres, et deux moteurs auxiliaires Diesel de 200 chevaux effectifs.

Les essais ont eu lieu en décembre 1912. On a fait la comparaison avec un vapeur de mêmes dimensions et de mêmes formes, le *Princessan Ingebord*, et l'on a ainsi trouvé que le rendement des 2 hélices relativement rapides (diamètre 3m,05) du *Suecia* était équivalent à celui de l'hélice unique plus lente (diamètre 5m,33) du navire à vapeur. Ce point est très intéressant.

La consommation des moteurs principaux a été, en essai, de 134 grammes par cheval indiqué, et 154 grammes si l'on y ajoute le pétrole consommé par les auxiliaires. Le premier chiffre correspond, d'après des essais à l'atelier, pour lesquels un rendement de 80 % fut relevé, à 167 grammes par cheval sur l'arbre.

(Communication de M. *I. Knudsen*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

La sécurité à la mer. — D'après la statistique des accidents maritimes entre 1892 et 1911, on trouve que, dans l'Atlantique-nord, il a été fait en 20 années 9 500 voyages entre la Grande-Bretagne et l'Amérique, correspondant à 350 000 passages d'hommes d'équipage et 9 390 000 passages de voyageurs, et il n'y a eu pendant cette période que 165 accidents qui ont coûté la vie à 1 057 marins et 80 passagers, soit respec-

1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI n° 12 (15 juin 1913) p. 478.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 11 (1er juin 1912), p. 424.

Digitized by Google

tivement 1 sur 332 et 1 sur 117 400. Les victimes se répartissent entre les causes suivantes :

Naufrages, 39 % ;
Echouages, 16 % ;
Collisions, 28 % ;
Accidents à bord, 17 %.

Il ne s'agit que de la Grande-Bretagne, avant l'année du *Titanic*.

(Communication de M. *Percy A. Willhouse*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

MÉTALLURGIE

Le rôle des oxydants dans la fonderie de cuivre et leur emploi. — Il y a quelques années, M. Portevin a observé que la grande majorité des pièces en bronze, provenant d'un métal fondu dans un four à huile lourde avec chauffage direct du métal par la flamme d'un chalumeau soufflé, étaient criblées d'une multitude de petites soufflures. A la loupe, on constatait que ces cavités avaient une forme ronde sans inclusions de matières étrangères et à parois brillantes et non oxydées. L'auteur a naturellement pensé qu'elles provenaient de bulles de gaz *réducteurs* préalablement dissous dans le métal liquide, bulles dues vraisemblablement au mode de chauffage créant dans le four une atmosphère très réductrice. Pour faire cesser cet état de choses, il a eu l'idée d'ajouter avant la fusion un corps oxydant, tel qu'un oxyde métallique. Le bronze utilisé devant contenir une petite quantité de plomb (la composition type étant : Cu, 88 ; Sn, 6 ; Zn, 3 ; Pb, 3), on a eu recours à l'oxyde de plomb sous forme de litharge ou mieux de minium.

La façon de procéder était la suivante : le bain métallique de 300 kilos environ était fondu et amené à la température convenable ; on le décrassait et on projetait à la surface environ 0,5 % de minium ; on brassait et on procédait à la coulée avec les précautions d'usage.

Le résultat obtenu a entièrement vérifié les prévisions : l'accident signalé a complètement disparu. Ainsi, une atmosphère trop réductrice paraît présenter des inconvénients auxquels, il est vrai, on peut apporter un remède ; de même qu'une atmosphère oxydante est aussi une cause de défauts par production d'inclusions d'oxydes (Cu^2O dans le cuivre pur, SnO^2 dans les bronzes, ZnO dans les laitons ordinaires).

A ce sujet, on peut remarquer qu'il a été publié à maintes reprises, dans les manuels ou les périodiques spéciaux, des compositions de flux de fonderie contenant des substances telles que le bioxyde de manganèse, le salpêtre, etc., c'est-à-dire des oxydants dont le rôle n'était pas éclairci. Ce qu'on vient de dire en donne l'explication. Cette action des oxydants peut se faire sentir quel que soit l'ordre de grandeur des inclusions gazeuses ; elles étaient visibles à l'œil nu dans le cas précédent, mais elles peuvent être complètement invisibles et avoir une action marquée sur les propriétés du métal et sur sa porosité.

(Communication de M. *A. Portevin*, Congrès de l'Association technique de fonderie, Paris, 25 mai-1er juin 1913.)

Le coefficient d'écoulement et son importance dans la coulée en lingotières métalliques. — Une analyse rapide des conditions de coulée et du phénomène de solidification en lingotière conduit à envisager, pour l'obtention de lingots dans les meilleures conditions d'utilisation, deux facteurs dont l'action s'ajoute à celle de tous ceux qui concourent à agir sur la marche de la solidification du lingot et les particularités qui l'accompagnent : 1° *la section de débit*, ou section totale des orifices qui alimentent un même lingot ; 2° *le coefficient d'écoulement* ou rapport de cette section de débit à la section du lingot.

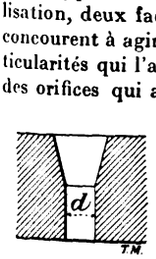


FIG. 1.

L'auteur ne s'occupe que du cas du cuivre et de ses alliages : laiton, demi-rouge, cuivre manganésé, etc.

Dans le cas d'un lingot cylindrique, l'alimentation se fait par un trou placé dans l'axe du lingot ou de plusieurs trous distribués symétriquement et régulièrement autour de cet axe. Ces trous comportent une partie évasée formant entonnoir (fig. 1) et une partie cylindrique de diamètre d. Si n est le nombre de trous alimentant un même lingot, $\frac{n\pi d^2}{4}$ est la *section d'écoulement*. Si S est la section de la lingotière, *le coefficient d'écoulement* sera $K = \frac{100\ n\pi d^2}{4\ S}$.

La partie cylindrique a pour but de maintenir constant le diamètre des trous ; en effet, après la coulée, il arrive souvent que le métal figé dans les trous y demeure adhérent ; il faut donc déboucher les trous avec un poinçon, et l'action répétée de cet outil ne tarderait pas à agrandir le trou s'il était uniquement conique. Le diamètre de ces trous d'écoulement est choisi très faible ; il est, en général, de 5, 6, 8 et 10 mm, ce qui fait que, d'une part, dans le cas où l'on emploie de vieilles matières et en particulier des tournures, ils jouent le rôle de filtre en arrêtant les fils et morceaux de fer et, d'autre part, ils obligent à verser le métal fondu à une température suffisante sous peine de le voir se figer dans les trous au début de la coulée. Ils imposent ainsi au fondeur une limite inférieure pour la température de coulée.

Les axes des trous desservant un même lingot ne sont pas parallèles, mais concourent tous en un même point de l'axe du lingot, à 10 ou 13 cm au-dessous de la trémie.

Le métal liquide qui tombe dans la lingotière reste à l'état fluide un temps variable, puis se solidifie progressivement en commençant par le bas. Cette période de séjour du métal à l'état liquide dans la lingotière, qui est réglée par la vitesse de propagation de la solidification de bas en haut du métal, a une très grande importance pour l'obtention de lingots utilisables. Il faut, en effet, pour que les impuretés et les gaz entraînés ou emprisonnés par la coulée aient le temps de remonter, que la vitesse de prise ou de solidification ne soit pas trop grande, sous peine d'avoir des lingots ou barreaux renfermant des crasses ou des soufflures ; par contre, avec une vitesse de solidification lente, le métal liquide reste longtemps en contact avec la paroi de la lingotière, il se produit des piqûres à la surface et, de plus, comme le retrait accompagnant la solidification, au lieu de s'effectuer progressivement, se fait sentir sur une plus grande hauteur du métal à peine solidifié, il peut occasionner des ruptures de barreaux dans la lingotière, surtout dans le cas où ils ont une grande longueur et une faible section.

Ainsi donc, la vitesse de propagation verticale de la solidification dans la lingotière doit avoir une valeur déterminée. Or, cette vitesse dépend d'un nombre considérable de facteurs, les uns relatifs à la nature de l'alliage, d'autres à la lingotière, d'autres à l'enduit et à la façon de l'appliquer ; d'autres, enfin, aux conditions de la coulée, notamment à la vitesse de montée du métal dans la lingotière. Or, ce dernier facteur croît avec le débit du métal liquide, lequel dépend de la section de débit et décroît avec la section de la lingotière. Nous sommes donc naturellement conduits à considérer le rapport de ces deux sections ou *coefficient d'écoulement*. A égalité de tous les facteurs, le coefficient d'écoulement apparaît comme devant avoir une valeur déterminée, mais il ne faut pas perdre de vue qu'il est modifié par une multiplicité de facteurs. Pour fixer les idées, en voici quelques-uns dont l'influence se fait sentir le plus souvent en pratique et, par suite, qu'on est fréquemment conduit à envisager :

1° *Influence des dimensions de la lingotière.* — Plus le lingot sera gros, plus, toutes choses égales d'ailleurs, son refroidissement se fera lentement et plus le coefficient K d'écoulement devra être faible. C'est ainsi que, pour du laiton à 60 % Cu et 40 % Zn, on peut prendre K = 10 à 9 pour des diamètres D de lingotières variant de 25 à 40 mm, K = 7 pour D = 50, K = 4 à 3 pour D = 100 à 125. Pour le laiton en plaques destinées à faire de la planche (62 % Cu, 38 % Zn), K varie de 3 à 4, 5 pour des sections de lingotières passant de 18 × 700 mm à 36 × 1100 mm.

2° *Influence de la nature du métal.* — A égalité de lingotière, le cuivre rouge demande un coefficient K plus élevé ; lorsque K = 3 à 4 pour du laiton à 60 % Cu, il faut K = 5 à 6 pour du cuivre rouge. De même, en admettant K = 6 pour du cuivre rouge, il faut, dans les mêmes conditions, K = 6,5 pour du cuivre manganésé. Il semble que K croît avec la température de fusion, et, par suite, avec la viscosité du métal au moment de la coulée.

3° *Influence du métal de la lingotière et de sa température.* — Si on remplace le métal de la lingotière par un autre de plus grande conductibilité calorifique, le refroidissement de l'alliage étant plus rapide, il faut augmenter le coefficient d'écoulement.

La température des lingotières a une importance primordiale ; le coefficient K est choisi pour la température à laquelle conduit la fréquence des coulées. Si l'on s'écarte de cette température, on a des résultats défectueux, et c'est pour cela que la première coulée dans une lingotière froide est très souvent inutilisable.

Il faut donc, en présence d'un mauvais résultat, ne pas oublier ce facteur qui, dans une fabrication établie régulièrement pour des coefficients K convenables est, avec la qualité du métal et la température de coulée, une des principales causes d'insuccès.

(Communication de M. *A. Portevin*, Congrès de l'Association technique de fonderie, Paris, 25 mai-1er juin 1913.)

Digitized by Google

A propos de l'acier moulé. — La fabrication de pièces moulées a un double caractère métallurgique et mécanique ; métallurgique, parce qu'il faut employer pour la fonte un métal convenable, c'est-à-dire ayant la composition convenable et les propriétés désirées ; mécanique, parce qu'il faut fabriquer les moules convenables pour la coulée des pièces. Dans les fonderies de fer, la préparation du fer liquide est un travail de seconde fusion ; dans la fonderie de bronze, où l'on coule surtout des alliages, on charge ceux-ci dans les creusets suivant le mélange correct, et, en même temps que la fusion s'opère, l'alliage se forme. Dans les fonderies d'acier, au contraire, la préparation de l'acier liquide est presque toujours équivalente à sa fabrication avec les matières premières les plus diverses, que ce soit du fer cru seul ou du fer cru avec des riblons de fer et d'acier de tous genres. Le procédé de la coulée dans la fonderie d'acier est donc toujours précédé d'un procédé employé dans les forges, qu'il s'agisse d'un petit convertisseur ou de fours Martin, ou de fours à creusets ou électriques.

Quand on fabrique de l'acier dans un but quelconque, on exige tout d'abord de la matière produite des propriétés physiques, savoir une grande résistance, la facilité d'usinage, la ténacité, l'élasticité. Or, quand on fabrique de l'acier, on a l'habitude de n'essayer d'obtenir qu'une composition chimique déterminée, et il semblerait que la qualité de l'acier dépende entièrement de cette dernière. En réalité, cette qualité, c'est-à-dire l'ensemble des propriétés mécaniques exigées, dépend de toute une série de causes dont les effets singuliers s'ajoutent les uns aux autres, les éléments purement chimiques et les éléments purement physiques agissant ensemble.

Les propriétés chimiques importantes sont les suivantes :

1° la composition chimique, savoir :

a) la présence en quantités convenables d'éléments donnant certaines caractéristiques au métal ;

b) la présence d'éléments diminuant la qualité de l'acier, par exemple P, S, Cu, As.

2° La manière dont ces éléments chimiques sont combinés au fer ou sont dissous dans ce dernier.

3° L'absence de gaz dissous ou enfermés dans la matière.

4° L'absence d'oxyde.

5° Pas de liquation.

Les propriétés physiques importantes sont :

1° La répartition uniforme de la matière servant de base dans toute la masse.

2° La concentration atomique, c'est-à-dire la manière dont les plus petites particules sont réunies en fonte formant des cristaux ou des groupes de cristaux.

3° La grosseur du grain des cristaux et par suite la proportion des espaces vides.

Il est sans doute impossible de fabriquer un acier parfait sous tous rapports ; en tout cas, des défauts dans un sens ou dans l'autre sont compensés par des avantages d'une autre propriété, ce qui explique bien des différences dans les propriétés physiques de l'acier, différences qu'on ne peut pas expliquer autrement.

Le conférencier explique alors combien il est désirable d'essayer d'obtenir une texture cristalline aussi fine que possible et parle d'un autre phénomène de cristallisation encore peu connu. Il s'agit de savoir si le carbone est additionné au fer sous la forme élémentaire et se combine d'abord avec les atomes du fer pour former du carbure de fer, ou bien si ce dernier est déjà présent dans la matière dont on opère la fusion. On comprendra facilement que, dans ce dernier cas, la cristallisation se fasse dans des conditions bien plus favorables que lorsqu'un travail chimique doit être encore accompli pour la formation du carbure de fer, et que par suite on obtient une qualité supérieure. Des conditions semblables se présentent avec le creuset suivant qu'on fond ensemble du fer cru et du fer affiné ou bien du fer tendre avec du carbone pur, c'est-à-dire de la poudre de charbon de bois et des charbons de matières animales. Les conditions pour les autres éléments du fer sont les mêmes que pour le carbone. Nous n'avons pas d'alliage du fer avec du silicium, mais avec des siliciures de fer. Le manganèse également n'est représenté que comme carbure de manganèse. Et ici également, la manière dont ces éléments sont ajoutés au fer est importante. Le phosphore, le soufre, l'arsenic ne se présentent pas non plus sous la forme élémentaire, mais comme sulfure de fer, sulfure de cuivre, sulfure d'arsenic, etc., par exemple, logés entre les cristaux de ferrite ou de perlite. Les cristaux de corps étrangers troublent le contact, et par suite la cohésion entre les cristaux de fer ou de carbure de fer, et c'est de là que provient la grande diminution des qualités mécaniques de l'acier avec une teneur en corps étrangers relativement faible.

C'est de la même manière que l'influence des gaz et des scories emprisonnées se fait sentir. Un grand nombre d'analyses des soufflures de gaz ont montré qu'elles contiennent surtout de l'hydrogène et de l'azote, et des quantités plus ou moins faibles d'oxyde de carbone. Or, comme il est possible, maintenant, en donnant à l'acier une teneur correspondante en silicium, de maintenir l'hydrogène en dissolution au-delà du point de solidification, de sorte qu'il ne se dégage qu'aux températures inférieures, c'est-à-dire à environ 1100° et ensuite à 700°, on peut diminuer considérablement l'influence nuisible de l'hydrogène. La cause de formation d'espaces vides est en première ligne l'azote et l'oxyde de carbone. Toutefois, il faut remarquer que l'acier liquide ne contient sans doute jamais d'oxyde de carbone et sa présence dans les espaces vides doit être attribuée à sa formation avec de l'oxygène dissous, pendant la solidification. Si l'acier ne contient pas d'oxygène en dissolution, il ne peut pas se former d'oxyde de carbone. Nous avons un moyen de rendre l'oxygène inoffensif : c'est la désoxydation ; mais elle a un désavantage : les scories. L'effet de soufflures et de scories est le même ; elles détruisent la cohésion des cristaux du fer et diminuent les qualités de résistance, avec la différence toutefois que, quand on ne fait rien pour empêcher les soufflures, elles prennent quelquefois de si grandes proportions qu'elles rendent l'acier totalement inutilisable, ce qui n'est pas à craindre dans la même mesure des scories.

Le conférencier montre alors comment il est possible, avec chacune des différentes méthodes de fabrication de l'acier, d'influencer favorablement les éléments fournissant une bonne qualité. Par exemple, les fours électriques permettent de fabriquer un acier équivalent à l'acier au creuset, dans des conditions bien plus favorables que le creuset. La question reste de savoir jusqu'à quel point les fours électriques peuvent faire concurrence aux autres fours de fusion de l'acier usuel dans les fonderies. Deux facteurs entrent en jeu. Il s'agit de savoir d'abord si on doit exiger une qualité particulière pour certaines pièces en acier moulé, exigence qui ne peut pas être satisfaite avec un four ordinaire et pour laquelle on paye volontiers un prix plus élevé. Dans ce cas, le four électrique sera encore avantageux, même s'il ne travaille pas dans des conditions aussi économiques qu'un four Martin. Il s'agit ensuite de savoir si, dans certaines circonstances, le four électrique ne peut pas travailler, pour les qualités d'acier ordinaires, aussi économiquement que le four Martin ; dans ce cas, il faudrait donner la préférence au four électrique à cause de la fabrication de meilleures qualités et aussi à cause de sa plus grande sécurité de fonctionnement.

Enfin, pour terminer, le conférencier s'occupe encore d'une branche spéciale de la fabrication de l'acier, savoir celle de la fonte malléable. Dans la fabrication de la fonte malléable, il s'agit de fabriquer, en qualité de fer homogène, des pièces qui ont des dimensions si faibles qu'il n'est pas possible de les faire fondre en fer homogène tendre à point de fusion élevé, à une température telle que les moules soient remplis exactement. On se contente donc de fondre des pièces en fonte brute ou en une qualité intermédiaire entre la fonte brute et le fer homogène, donc en tout cas avec une teneur en carbone plus élevée ; ce fer peut être coulé parfaitement par suite de son point de fusion bas, et on affine toute la pièce de fonte par un procédé de recuit lent et coûteux, la transformant en fer malléable.

Le conférencier a lui-même prouvé il y a six années que le four à réverbère, en particulier le four Martin, convient bien mieux que le cubilot à la fabrication de la fonte malléable, parce qu'avec le four à réverbère on peut produire du fer avec une teneur en carbone bien inférieure et qu'il permet ainsi de couler des pièces ayant des épaisseurs différentes, avec une teneur en carbone telle que la matière ait, dans tous les cas, la température nécessaire pour remplir les moules. Ce qui était vrai, il y a 6 ans pour le four Martin, l'est encore bien plus pour le four électrique, dans lequel on peut obtenir, sans difficulté, des températures qu'on ne pourrait jamais atteindre dans un four Martin, même tout nouveau. L'expérience a montré que, grâce au four électrique, on peut couler d'une façon continue des pièces de deux à trois millimètres d'épaisseur en fer homogène tendre. Et si l'on pense que ce fer homogène fourni par le four électrique est bien meilleur et la plupart du temps meilleur marché que la fonte malléable, on peut affirmer aujourd'hui, avec une certaine certitude que la fabrication de fonte malléable disparaîtra dans plus ou moins longtemps et sera remplacée par la fabrication électrique de fer homogène.

(Communication de M. *Gerlenkirchen*, Verein deutscher Giessereifachleute, 14-17 mai 1913.)

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Types de revêtements à adopter sur les ponts et ouvrages d'art. — Sept rapports particuliers furent présentés ; le rapporteur général, M. P. C. Cowan, résume les différents mémoires et le Congrès prend les conclusions suivantes :

1° Les revêtements dépendront du type des ouvrages et du trafic qu'ils devront permettre ; il faut aussi tenir compte de considérations locales telles que : climat, nature des matériaux indigènes, importance des crédits disponibles ; mettre toujours la question sécurité en tête des considérations devant intervenir ;

2° Pour les ponts de peu d'importance, employer des revêtements de même nature que ceux des voies contiguës ;

3° Tenir compte de la question d'évacuation des eaux et de la nécessité d'éviter les infiltrations ; on pourra adoucir le profil transversal quand le profil longitudinal donnera une pente continue de 0,02 par mètre ;

4° Employer des matériaux assurant l'imperméabilité et la résistance et donnant une surface unie mais non glissante ;

5° Les planchers en bois sont peu recommandables, bien que légers et peu coûteux, en raison de l'entretien qu'ils nécessitent ; les laisser aux grands pays producteurs de bois ;

6° Le macadam est lourd et perméable ; il peut convenir quand il est établi sur une couche de fondation isolante et imperméable ;

7° Sur les ponts massifs et de peu d'ouverture donnant passage à une circulation peu intense, le macadam lié par des produits goudronneux, bitumineux ou asphaltiques, peut convenir ;

8° Le pavage de bois, avec épaisseur de 7^{cm}, 5 à 12^{cm}, 5, posé sur béton ou sur plancher créosoté, est une formule des plus recommandables ;

9° L'asphalte convient quand la pente est faible et la circulation peu intense, surtout pour les poids lourds ;

10° Pour les ponts à lourd trafic, les pavages en pierres, posées sur béton et jointoyées au ciment ou au brai, constituent le revêtement normal ;

11° Sur les ponts mobiles, et les ponts non rigides, recommander l'emploi de matières fibreuses, telles que les vieux câbles de mines, enduits parfois de goudron, de bitume ou d'asphalte.

(Rapports présentés au III^{e} Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

Pavage en bois. — Huit rapports furent présentés ; les conclusions prises sur la proposition de M. Boulnois se résument comme suit :

1° Le pavage de bois doit reposer sur une fondation de béton assez forte pour supporter la circulation ; il convient dans la plupart des cas, à l'exception peut-être des rues desservant des Docks ou gros centres de trafic industriel ;

2° Les bois tendres doivent être toujours imprégnés ; le choix des essences est de la plus grande importance ;

3° Il y a intérêt à poursuivre les expériences de laboratoire sur le choix du bois et des préservatifs à injecter ;

4° Il faut éviter l'infiltration de l'eau dans les joints ;

5° Les bois durs semblent peu recommandables pour les voies à circulation très intense, à moins qu'on ne trouve le moyen d'éviter la dislocation des joints et la détérioration de la sous-couche du béton ; il faut, avec ces bois, solidariser les pavés pour éviter l'arrondissement des arêtes ; les bois tendres et résineux sont les meilleurs, à condition d'éviter qu'ils ne pourrissent en les soumettant à un traitement antiseptique ; il faut ne faire que des joints faibles et étanches ;

6° Le pavage de bois imprégnés, à joints imperméables, donne toutes les garanties nécessaires au point de vue de l'hygiène, à condition qu'on soumette la surface à de fréquents lavages ;

7° L'emploi de gravier est recommandable pour éviter le glissement, surtout quand on utilise les bois durs ; ne prendre toutefois que des matériaux très fins afin d'éviter la détérioration des bandages caoutchoutés.

(Rapports présentés au III^{e} Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

Modes d'éclairage des voies publiques et des véhicules. — Le Rapporteur général, M. le Colonel Holden, du Royal-Automobile-Club de Londres, résume les 9 rapports présentés et fait approuver les résolutions suivantes :

1° Nécessité absolue d'un bon éclairage des rues principales des villes et faubourgs ;

2° L'éclairage des rues doit être uniforme et non éblouissant ;

3° L'éclairage des véhicules est aussi nécessaire que celui des rues ;

4° Tout véhicule, en marche ou en stationnement, doit avoir un feu visible de l'arrière et de l'avant ; lorsqu'il s'agit d'une automobile, il faut deux feux à l'avant et un fanal à l'arrière ; quand elle est susceptible de faire de la grande vitesse, elle doit avoir à l'avant un phare capable d'éclairer la route sur 45 mètres ; la puissance du phare peut être ramenée à celle d'une lanterne ordinaire dans les agglomérations convenablement éclairées ;

5° Les obstacles, les barrières des passages à niveau notamment, doivent être peints par tranches alternées de couleur blanche et foncée ; la nuit ils doivent être éclairés au moyen de lampes fixes ;

6° Une couleur fixe devrait être uniformément adoptée, pour les signaux de danger.

Le Congrès a, en outre, émis le vœu que les feux de couleur soient supprimés sur les automobiles, et que les troupeaux d'animaux signalent leur présence la nuit.

(Rapports présentés au III^{e} Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

De la construction et de l'entretien des routes. Fonctions du pouvoir central et des autorités locales. — Cette question n'a pas conduit à des résultats très nets ; le rapporteur français, M. l'Inspecteur général Marion, proposait de renforcer et de centraliser le contrôle de l'Etat, de supprimer le rôle des petites autorités en matière de voirie et de créer de grandes circonscriptions, d'améliorer la situation faite au personnel.

Le Congrès reconnaît l'impossibilité de conclure pour ou contre la centralisation qui est affaire d'ordre purement politique, mais qu'il y a intérêt à ce que la circonscription de voirie soit assez étendue et disposo d'un personnel bien rémunéré.

(Rapports présentés au III^{e} Congrès International de la Route, Londres, juin 1913.)

Les méthodes scientifiques pour la construction des villes salubres. — Les statistiques montrent l'influence bienfaisante de la lumière là où elle est abondante. Si l'on examine les plans des grandes villes, on constate qu'aucune méthode n'a présidé à leur établissement. On peut dire qu'un tiers des étages n'est pas assez éclairé, un tiers l'est mal, l'autre tiers est dans l'obscurité. Les cours fermées des bâtiments à étages déciment des populations entières.

Il faut faire place aux rayons directs du soleil. Cette conception amène des modifications jusque dans les détails de la construction : chambre, escaliers, suppression des cours fermées, etc... Non seulement la salubrité, mais aussi l'esthétique sont améliorées.

Il faut une orientation convenable, et tenir compte de la course du soleil, de la latitude des lieux.

On peut calculer avec précision, au moyen de tables donnant la déclinaison du soleil, dans les différentes périodes de l'année, le nombre d'heures pendant lequel ses rayons frapperont une paroi d'orientation déterminée. On peut ainsi déterminer la largeur d'une rue bordée de bâtiments d'une hauteur donnée en fonction de son orientation. Il faut faire les calculs pour le jour le plus sombre de l'année : le 21 décembre, et obtenir l'éclairage direct de la base du bâtiment. ce jour-là pendant 1 h 20. Les rues Nord-Sud auront la largeur la plus faible, les rues Est-Ouest sont les moins bien partagées à cet égard.

Les méthodes actuelles sont des erreurs barbares. Il faut faire une énergique campagne dans l'intérêt de la santé publique.

Un immeuble est une marchandise que l'on devrait estimer suivant la valeur de son éclairage, de son aération, de son hygiène, au lieu de considérer le décor et le confort apparent. (En réalité le confort réel n'est compatible qu'avec l'hygiène).

Un immeuble mal orienté est condamné tôt ou tard à devenir malsain.

En résumé, il faut songer à l'orientation des bâtiments, à leur groupement : séparer la ville du commerce, l'industrie des habitations. Ne pas situer les écoles, les hôpitaux, au petit bonheur. Une politique du terrain est indispensable pour empêcher les spéculations.

Limiter le nombre d'habitants sur la surface du terrain

(Communication de M. *Augustin Rey*, Société des Ingénieurs civils 6 juin 1913.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DE BREVETS D'INVENTION

CHIMIE

Explosif. — Cet explosif est à base d'oxygène liquide et d'un carbure liquide. Il est caractérisé par ce fait que le carbure liquide est aggloméré avec des substances inertes et poreuses, dans le but de réaliser un effet progressif et accélérateur ou un effet brisant à volonté.

Par exemple, un explosif brisant particulièrement applicable aux mines est composé de

Alcool 98°, 31 parties (en poids),

Silice fossile 25 parties (en poids), auxquels on ajoute au moment de l'emploi :

Oxygène liquide (à 95 %), 44 parties (en poids).

Si l'on veut un explosif moins brisant, on emploie de l'alcool hydraté.

(*A. Nodon*, Gironde. Brev. fr., cl. 14, n° 448 732, 4.XII.11.)

ÉLECTRICITÉ

Condensateurs électriques (Procédé de fabrication). — On métallise, par projection d'un métal réduit en poudre et volatilisé, l'une des faces de plaques en matière isolante et on superpose un certain nombre de ces plaques de telle sorte que la face métallisée de l'une soit en contact avec la face isolante de la suivante.

Ce procédé peut être appliqué à la fabrication de condensateurs sous la forme de bouteilles de Leyde.

(*Société de Métallisation*, Seine. Brev. fr., cl. 12 n° 448 775, 5.XII.11.)

Excitation des machines électriques servant à la commande d'appareils réversibles. — Pour commander électriquement les appareils réversibles, notamment les laminoirs, on emploie souvent le système connu Léonard, et l'on sait qu'il y a intérêt : 1° à ce que l'excitation de la génératrice soit faite rapidement ; 2° à ce que les à-coups soient amortis par le compoundage du moteur de l'appareil réversible.

La figure 1 montre comment cette invention permet de satisfaire à la première condition. L'excitation *z* de la génératrice *y* étant prise sur une source quelconque (1, 2) et réglable par un rhéostat 5, on intercale, en série sur cette excitation — une dévoltrice 3 à excitation série 4, calée en bout de la génératrice ou commandée, si l'on préfère, par un moteur quelconque. Les inducteurs *z* de la génératrice ont une résistance calculée de façon que le voltage nécessaire pour le courant d'excitation normal soit égal au voltage de la source d'alimentation (1, 2) diminué du voltage produit par la dévoltrice-série 3 quand elle est parcourue, ainsi

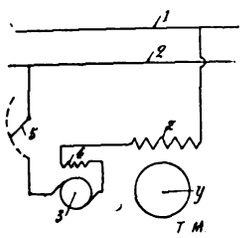


Fig. 1.

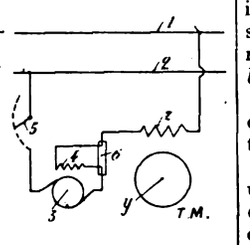


Fig. 2.

que ses inducteurs propres 4, par le courant d'excitation normal. Au moment où l'on commence d'exciter la génératrice, la dévoltrice, n'étant parcourue par aucun courant, ne produit aucune tension, et le voltage aux bornes de l'excitation *z* se trouve supérieur au voltage normalement nécessaire, ce qui réduit le retard de l'établissement du courant d'excitation dû à la self des électros ; à mesure que le courant s'établit, la dévoltrice s'excite et abaisse ainsi le voltage aux bornes des inducteurs *z* de la génératrice, jusqu'à l'obtention du voltage et

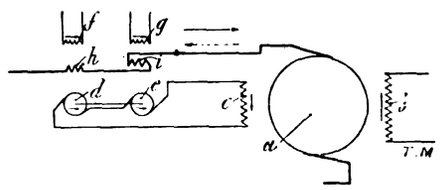


Fig. 3.

du courant normaux. Il convient de noter que la dévoltrice 3, fonctionnant constamment en moteur, restitue à peu près intégralement à la génératrice la puissance qu'elle absorbe ; la self de ses électros est faible et ne diminue en rien l'efficacité du procédé.

L'excitation de la dévoltrice peut, comme le montre le schéma de la figure 2, être prise sur un shunt 6 en série avec l'excitation 4 de la génératrice *y*, en sorte que cette dévoltrice 3 possède un retard propre à son excitation, par suite de la différence de self-induction entre 6 et 4, retard qui favorise ainsi l'excitation rapide de la génératrice *y*.

De plus, on peut utiliser cette dévoltrice pour décompounder la génératrice du groupe Léonard, en la munissant d'un second enroulement inducteur, pris en série ou en shunt sur le courant principal.

Pour répondre à la deuxième condition, le nouveau procédé permet de maintenir le courant de compoundage toujours dans le même sens, quel que soit le sens du courant principal, et cela automatiquement, sans l'intervention d'un inverseur et sans coupure du courant, en d'autres termes sans interventions mécaniques.

Comme le montre le schéma de la figure 3, le moteur réversible *a* du groupe Léonard, en plus de son excitation normale *b*, possède une excitation inverse *c*. Cette excitation *c* est alimentée par deux excitatrices *d*, *e*, dont les induits sont réunis en série. Ces deux excitatrices, manchonnées entre elles, tournent à vitesse constante et sont commandées d'une façon quelconque. Elles possèdent chacune deux excitations : une excitation constante *f*, *g*, et une excitation en série *h*, *i* (ou en shunt) sur le courant principal du moteur *a*. Les excitations fixes *g*, *f*, produisent des tensions égales et de même sens dans les induits *d*, *e*, tensions qui s'ajoutent pour alimenter l'enroulement inverse *c*. A vide, les enroulements *h*, *i* n'agissent pas, et le moteur *a* est excité par la différence entre les ampères-tours des enroulements *b* et *c*, *b* étant évidemment très supérieur à *c*.

Les enroulements-série *h*, *i* sont disposés en sens inverse l'un de l'autre sur les deux excitatrices ; ils ont le même nombre de spires.

Quant le moteur est chargé et parcouru par un courant circulant dans le sens de la flèche en traits pleins, les enroulements *f* et *h* sont additionnels sur l'excitatrice *d*, tandis que les enroulements *g* et *i* sont différentiels. Le voltage de *d* augmente, celui de *e* diminue ; mais l'augmentation du voltage de *d* est très limitée par la saturation des inducteurs, qui pourra être choisie d'ailleurs en conséquence, en sorte que la diminution du voltage de *e* peut être beaucoup plus grande que l'augmentation de celui de *i*; le voltage de *e*, pour les fortes charges, pourra même s'inverser. Le courant circulant dans l'enroulement *c*, et produit par la somme des voltages *d* ét *e*, sera donc diminué, et même, si le voltage de *e* s'inverse, le courant *c* pourra descendre près de zéro. L'excitation totale du moteur sera donc augmentée puisque *c* est inverse.

Lorsque le courant principal circulera dans le sens de la flèche en traits pointillés, les excitations *f* et *h* seront différentielles, tandis que les excitations *g* et *i* seront additionnelles ; le voltage *d* diminue, le voltage *e* augmente ; pour les mêmes raisons que précédemment, la diminution est beaucoup plus grande que l'augmentation et l'excitation inverse *c* est diminuée, ce qui renforce encore le champ du moteur *a*.

On voit donc que ce champ est renforcé automatiquement par l'action du courant principal, quel que soit le sens de ce courant.

(*Société Schneider et C*ie, Paris. Brev. fr., cl. 12, n° 448 415, 25.XI.11.)

Machines électriques à mouvement alternatif. — On sait que les machines électriques à mouvement alternatif peuvent être employées à la production du courant alternatif, à sa transformation ou à son utilisation. Lorsqu'on produit du courant alternatif, celui-ci peut être en phase ou en quadrature avec la différence de potentiel entre bornes, et, dans ce dernier cas, il n'y a pas besoin de moteur mécanique, l'appareil fonctionnant à la manière d'un moteur synchrone surexcité. Cette fonction peut être combinée avec celle de transformateur de tension. Lorsqu'on utilise le courant alternatif à la production de travail mécanique, on peut, ou non, transformer le mouvement alternatif obtenu en mouvement continu.

Le principe de ce genre de machines peut être résumé ainsi pour la compréhension de ce qui suivra : un flux constant produit par une bobine à courant continu se dérive en deux flux variables par variations de réluctances d'entrefers ; les deux flux variables traversent deux bobines à courant alternatif convenablement connectées entre elles et dans lesquelles

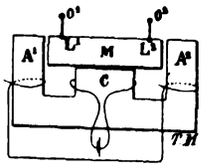


Fig. 1.

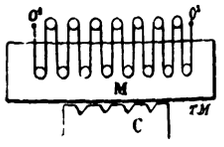


Fig. 2.

se développe la puissance électrique. La réunion de deux ou plusieurs appareils permet d'obtenir que les flux traversant les bobines à courant alternatif, soient alternatifs.

Dans tous ces appareils, l'emploi de ressorts est indispensable pour l'obtention des résultats dans des conditions industrielles acceptables. Ces ressorts qui sont comprimés ou rallongés un grand nombre de fois par seconde sont d'une réalisation coûteuse.

La présente invention a pour objet la substitution aux ressorts de dispositifs électromagnétiques donnant des résultats identiques, par une accumulation d'énergie analogue à celle qui se produit dans un ressort en travail.

Diverses dispositions peuvent être employées à cet effet.

La fig. 1 représente schématiquement une telle machine dans laquelle l'effet ressort ou élastique est obtenu par attraction magnétique et suspension combinées. On ne reviendra pas

Digitized by Google

sur le fonctionnement électro-magnétique de l'ensemble qui est connu et dont le principe est rappelé ci-dessus. Le flux constant est ici dans la branche centrale C, et se dérive dans les branches latérales A^1, A^2. Ce flux passe dans la partie mobile M en franchissant un entrefer ; il y a attraction de M par C, et comme M est suspendu, en deux points fixes O^1, O^2 par deux lames flexibles $O^1 L^1$ et $O^2 L^2$, cette partie mobile est toujours sollicitée à revenir dans la position moyenne comme si des ressorts l'y appelaient.

La force élastique obtenue est d'autant plus grande que l'attraction magnétique est plus grande et les suspensions plus courtes. A-t-on besoin d'une force élastique très grande, on peut alors augmenter l'attraction magnétique par diminution de la surface d'entrefer pour un flux donné, ainsi qu'il est représenté dans la variante, fig. 2. D'autre part, les suspensions ne peuvent être courtes qu'à condition de donner une faible épaisseur aux lames flexibles ; ce qui oblige à en employer un grand nombre. On peut alors les superposer et adopter en outre la disposition de rubans flexibles passant un grand nombre de fois sur les appuis, représentée encore dans la variante de la figure 2.

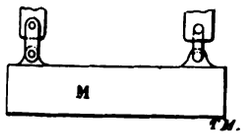


FIG. 3.

On peut aussi employer pour la suspension, des bielles articulées sur tourillons, des arbres coudés ou à manivelles, comme dans la variante de la figure 3.

Dans ces diverses variantes, la partie mobile se soulève en même temps qu'elle se déplace horizontalement ; mais ce déplacement vertical, ou, plus généralement, à angle droit de celui qui correspond au fonctionnement, avec ressorts, du système, peut être évité. La fig. 4 montre comment les surfaces de l'entrefer compris entre M et C, au lieu d'être lisses sont dentées ; dans la position moyenne de la partie mobile, les dents de celle-ci sont exactement vis-à-vis de celles de C et la réluctance est minimum. Si la partie mobile se déplace à droite ou à gauche, la réluctance augmente et il en résulte une force de rappel analogue à celle d'un ressort. Pour qu'elle soit proportionnelle au déplacement il faut que la réluctance varie suivant une certaine fonction de celui-ci, lequel ne doit évidemment pas dépasser une certaine fraction de la largeur d'une dent. La partie mobile peut alors être suspendue par des lames flexibles plus longues et plus épaisses, ou soutenue par des billes comme dans la fig. 4.

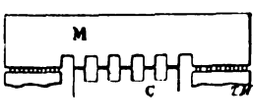


FIG. 4.

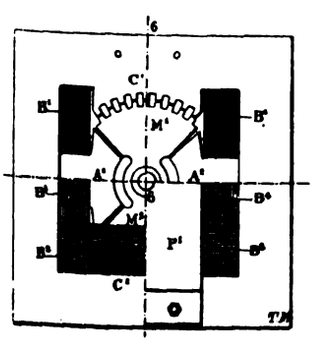


FIG. 5

Les fig. 5 et 6 montrent l'ensemble d'un appareil établi sur ce principe et destiné à la production de courant en quadrature sur la différence de potentiel entre bornes, c'est-à-dire jouant l'office de capacité électro-magnétique.

Dans la fig. 5 la partie inférieure de droite est une vue en bout de l'appareil ; la partie inférieure de gauche une vue en bout, palier enlevé ; la partie supérieure une coupe suivant 5-5 de la fig. 6.

Dans la fig. 6, la partie inférieure est une vue à 90° de la fig. 5 ; la partie supérieure une coupe suivant 6-6 de la figure 5.

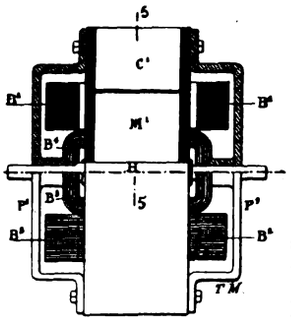


FIG. 6.

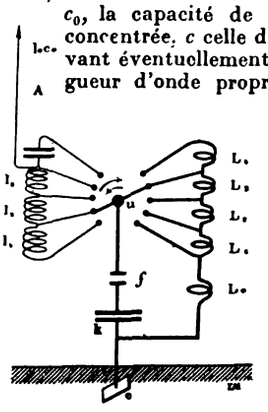
Par rapport à celui de la fig. 1, le système est doublé, et dans les bobines à courant alternatif, le flux est alternatif. Les branches C^1 et C^2 sont le siège de flux constants développés par les bobines à courant continu B^1 et B^2 qui les enveloppent ; les branches A^1 et A^2 sont le siège de flux alternatifs et les bobines B^3 et B^4 qui les enveloppent parcourues par du courant alternatif. Les parties mobiles M^1 et M^2 sont solidarisées mécaniquement et supportées par un arbre H reposant dans des paliers P^1 et P^2 ; elles décrivent de petits arcs de cercle ayant comme centre le centre de l'arbre.

(*P. Boucherot*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 448 154 18.XI.11.)

Montage d'émission pour poste radiotélégraphique avec variation rapide de la longueur d'onde. — Si l'on considère un poste à excitation indirecte dans lequel l'accouplement est direct, c'est-à-dire est assuré par exemple de façon électrostatique en intercalant le condensateur du circuit oscillant primaire entre l'antenne et la terre, l'on sait que les constantes des appareils doivent satisfaire l'égalité bien connue :

$$\frac{l_0+l+L}{L}=\frac{k}{\frac{cc_0}{c+c_0}} \qquad (1)$$

si l'on désigne par : l_0 la self-inductance de l'antenne ; l, celle de la bobine de self-induction servant éventuellement à allonger la longueur d'onde propre du système antenne-terre ; L celle du circuit oscillant primaire ; c_0, la capacité de l'antenne supposée concentrée, c celle du condensateur servant éventuellement à raccourcir la longueur d'onde propre du système antenne-terre ; et enfin k, la capacité du circuit oscillant primaire.



Si l'on veut donc augmenter ou diminuer la longueur d'onde d'émission en agissant sur l ou c, il convient de modifier en même temps L, de façon que l'égalité précédente demeure satisfaite.

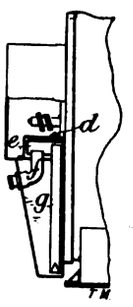
Pour obtenir, au moyen d'une seule manœuvre, de telles variations simultanées de l ou ou de L, l'on peut adopter le montage représenté par la figure sur laquelle A est l'antenne, e la terre et f l'éclateur. La self-inductance L du circuit oscillant primaire se compose d'un certain nombre de bobines de self induction L_0, L_1, L_2, L_3, etc. ; de même la self-inductance d'antenne l et le condensateur d'antenne c se composent de plusieurs éléments tels que l_2, l_3, l_4, etc., ou c_1, etc., dont le choix dépend du nombre des longueurs d'onde à réaliser et de leurs valeurs respectives par rapport à la longueur d'onde propre des antennes.

Cette invention est relative à un groupement spécial de ces divers éléments, tel que l'intercalation de self-inductances l_2, l_3, l_4, etc., ou de capacités c_1, etc., entre l'antenne et la terre, dans le but d'augmenter ou de diminuer la longueur d'onde du poste, soit accompagnée automatiquement d'une modification du nombre de bobines de self-inductance L_0, L_1, L_2, etc., de façon que le réglage satisfasse toujours à l'égalité (1), ces opérations simultanées étant obtenues au moyen d'un simple commutateur double u (analogue, par exemple, à celui utilisé pour la charge ou la décharge des accumulateurs).

(*E. Girardeau*, Seine. Brev. fr., cl. 12 n° 448 710, 3.VIII.12.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

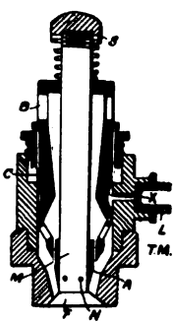
Compteur humide à gaz avec dispositif pour pression élevée du gaz. Il est caractérisé par une chambre étanche à l'eau située à la partie antérieure au-dessous de la vis sans fin du tambour. Elle est fermée par un capot d. Dans cette chambre est disposé un tuyau de jonction e qui fait communiquer les tuyaux f de la douille de vidange avec un tuyau g allant presque jusqu'au fond du collecteur.



(*H. Pipersberg*, Luttringhausen, Rhld. Brev. all., cl. 42 *c*, n° 260 670, 28.XI.12.)

MACHINES THERMIQUES

Carburateur. — Ce carburateur se visse sur le cylindre du moteur. L'air entre par B et passe dans un tube de Venturi C où il rencontre le liquide combustible arrivant par les passages X. Il passe ensuite dans le cylindre par la valve F qui peut être réglée mécaniquement.



Une autre quantité d'air passe par un dispositif réglable à la main S, à la partie inférieure du tube M et rencontre le mélange gazeux par les ouvertures N plus ou moins obturées par le manchon A de telle façon que cet air secondaire ne peut pas pénétrer dans le mélange si l'arrivée d'air principale n'est pas entièrement utilisée.

L'arrivée du combustible est régularisée par un pointeau.

(*F. V. Kelley*, London. Brev. angl., cl. 7, n° 2 244, 29.1.12.)

Conduite des foyers pas aspiration et soufflage simultanés. — La fig. 1 est une vue schématique d'ensemble montrant une chaudière avec les conduits de gaz et les appareils de réglage du gaz. La fig. 2 est une vue partielle montrant le cas où le dispositif est adopté avec un réchauffeur.

Le procédé consiste à régler en concordance les pressions en deux points du circuit d'air ou de gaz, en faisant varier, solidairement l'une avec l'autre les quantités d'air de soufflage et d'aspiration.

Sur le conduit a d'échappement des gaz de la chaudière b à la cheminée c, est disposée

Digitized by Google

une tuyère *d* d'insufflation d'air, qui est reliée par un tuyau *e* à un ventilateur *f* hors circuit, suivant un type connu.

Le refoulement *g* du ventilateur est en outre relié à un tuyau *h* allant au conduit *i* d'arrivée

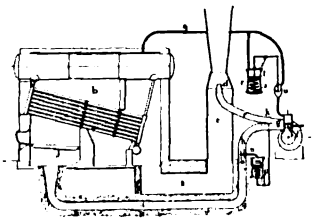


Fig. 1.

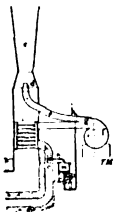


Fig. 2.

d'air sur la grille *j* du foyer. A la bifurcation des tuyaux *e* et *h*, est disposée une vanne *k* reliée à un piston ou à une membrane flexible *m* soumis sur une face à une pression sensiblement constante, de préférence la pression atmosphérique, et, sur l'autre face à une pression prise par un tuyau *n* à la partie rétrécie d'un multiplicateur de dépression *o* du genre Bourdon, placé dans le tuyau *h* ou relié à ce tuyau suivant toute disposition convenable. L'équilibre des pressions entre les deux faces du piston *m* se fait à l'aide d'un ressort *p*, ou d'un contrepoids.

Le fonctionnement est le suivant :

En marche normale, le ventilateur *f* refoule par le tuyau *h* une partie de l'air qu'il débite, pour alimenter la grille *j* ; une autre partie de l'air, dans le rapport désiré avec la première, est insufflée par la tuyère *d* à la base de la cheminée *o* pour produire une dépression et, par suite, une aspiration des gaz du foyer. La vanne *k*, placée entre les deux tuyaux *e* et *h*, occupe alors la position indiquée sur la figure 1 et qui est déterminée par l'action exercée sur cette vanne par le piston *m* sous l'effet du débit régnant dans le conduit *i*.

Si la résistance augmente dans le foyer, par exemple si l'on vient de charger la grille, le débit tend à diminuer dans le circuit. La dépression au point rétréci du multiplicateur *o* étant moindre, le piston *m* s'abaisse et déplace la vanne *k* vers le haut, à la position indiquée en pointillé. Le passage de l'air dans le tuyau *i* est ainsi augmenté et le passage dans le tuyau *e* diminué ; il en résulte une augmentation de pression au-dessous de la grille et, en même temps une diminution de la dépression engendrée dans la cheminée *c* à l'orifice de la tuyère *d*.

Grâce à ces deux actions simultanées, la différence de pression entre ces deux points reste sensiblement constante. Mais la résistance ayant augmenté dans le circuit, par suite de la couche de charbon plus importante, le débit est moindre et par suite aussi la perte de charge, il en résulte que le point du circuit où la pression descend à une valeur déterminée, notamment à la pression atmosphérique, se trouve reculé plus loin : au lieu d'être à l'intérieur de la couche de charbon après le chargement de la grille, il est ramené à la surface extérieure de cette couche.

Si on le désire, l'air refoulé par le tuyau *h* au lieu d'être envoyé directement à la grille, peut d'abord traverser un réchauffeur *v* disposé sur le parcours des gaz du foyer (fig. 2).

(*Louis Prat*, Seine. Brev. fr., cl. 15, n° 448 676, 25.IX.12.)

Graissage à circulation avec adduction d'huile fraîche. — Ce graissage se fait à l'aide d'une pompe sans soupapes qui fonctionne avec un piston de refoulement et un piston de distribution. L'huile qui a déjà accompli un circuit, sera de nouveau aspirée par la pompe à chaque course et améliorée sous le rapport de la qualité par l'adjonction d'une quantité déterminée d'huile fraîche. La vitesse de circulation de l'huile et la quantité de l'huile de graissage fraîchement amenée se règlent d'après la vitesse de rotation du moteur qu'il s'agit de graisser.

Pour cela on donne au piston de refoulement de la pompe la forme d'un piston différentiel, dont l'une des parties, de préférence celle de section transversale plus grande, aspire l'huile de circulation par un conduit, tandis que l'autre partie, de section transversale plus petite, aspire l'huile fraîche par un autre conduit. Les deux parties de piston, à chaque course de refoulement, envoient les quantités d'huile précédemment aspirées dans un conduit commun, dans lequel l'huile de circulation, mélangée avec l'huile fraîche, est dirigée vers les points de graissage.

Le piston de distribution fonctionne, en même temps, en reliant, pendant la course d'aspiration, les chambres d'aspiration et de refoulement des deux parties du piston différentiel simultanément avec les conduits d'adduction de l'huile séparés respectifset ultérieurement, pendant la course de refoulement, simultanément avec le conduit commun de sortie de l'huile.

Dans la forme d'exécution représentée dans les fig. 1 (coupe AB de la figure 2) et 2 (coupe CD de la figure 1), on suppose que le réservoir

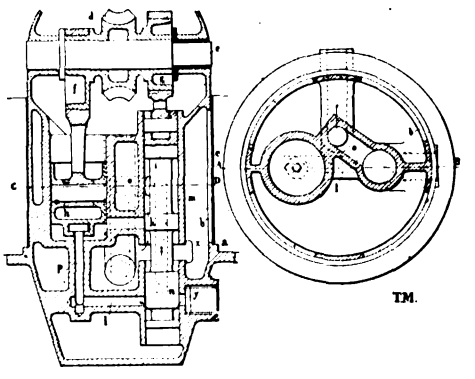


Fig. 1.

Fig. 2.

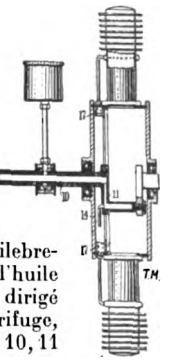
a recevant l'huile de circulation se trouve dans l'enveloppe du moteur. La pompe à huile est installée dans le réservoir, de façon que l'huile arrive d'elle-même à la chambre de refoulement de la pompe. A cet effet, il est ménagé à la circonférence de l'enveloppe de la pompe des ouvertures *b* qui sont recouvertes d'un tamis *c*, de sorte que l'huile pénétrant dans la pompe est préalablement débarrassée des impuretés qu'elle pourrait contenir.

L'actionnement de la pompe qui peut être provoqué par l'arbre de distribution ou encore par l'arbre à manivelle, s'effectue, par une roue hélicoïdale *d* ou par une vis sans fin, qui est montée sur l'arbre *e* de la pompe. En outre, ce dernier porte deux excentriques *d* et *g*, dont le premier meut le piston de refoulement *h*, affectant la forme d'un piston différentiel, et le dernier le piston de distribution *i*.

Celui-ci règle l'entrée de l'huile de circulation venant de *a* dans la chambre de refoulement de la pompe se trouvant au-dessous du piston *h*, cette entrée s'effectuant par les canaux *x* et *k*. Le piston *h* porte encore à la partie inférieure une pièce *p* de diamètre plus petit qui se meut dans un alésage cylindrique correspondant. L'huile fraîche entrant dans le corps de pompe par une ouverture *y* est amenée à cet alésage cylindrique par un canal *l*, le piston de distribution *i* réglant également à son tour l'adduction. Le piston de distribution *i* est traversé par un canal *n*, par lequel le canal *l* se dirigeant vers la forure cylindrique pour la section de piston *p* est mis temporairement en communication avec une chambre annulaire *m*. Cette dernière est en communication par un canal *o* avec le conduit se dirigeant vers les points de graissage.

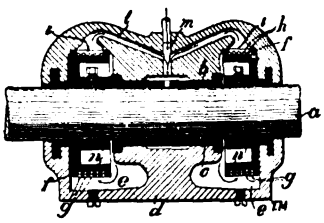
(*Daimler Motoren Gesellschaft*, Allemagne. Brev. fr., cl. 5, n° 448 028, 6.IX.12.)

Graissage de cylindres pour moteurs à combustion à cylindres rotatifs. — Le lubrifiant est amené aux cylindres par le vilebrequin creux, par le bouton du vilebrequin, et par une rigole-collecteur annulaire fixée à la boîte du vilebrequin de même que par une tuyauterie dirigée dans le sens de la force centrifuge. La rigole 17 est disposée sur le côté intérieur de la boîte du vilebrequin et est alimentée avec de l'huile fraîche par un tuyau 14 dirigé dans le sens de la force centrifuge, tuyau raccordé à l'alésage 10, 11 du vilebrequin.



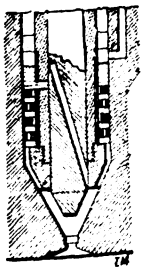
(*A. Horchund und Co, Motorwagenwerke A.-G.*, Zwickau. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 261 013 14.I.12.)

Graissage à circulation pour coussinets d'arbres. — L'huile contenue dans un collecteur est continuellement soulevée par l'aspiration et conduite aux portées, caractérisé par les bagues de réglage *n*, montées de chaque côté des coquilles de coussinet et tournant dans une bague *f* fixée au palier *d*. Cette bague est munie de fines rainures *h* parallèles entre elles et courant sur une moitié de la surface intérieure du palier. Ces rainures sont reliées en bas avec le collecteur *e* du palier *d* par des fenêtres *g* et en haut avec le canal d'arrivée d'huile *l*, *m* conduisant aux portées par une fenêtre commune *i* de la paroi de la bague.



(*Ignaz Nowack*, Roswadze, b. Leschnitz, O. S. Brev. all., cl. 47 *e*, n° 260 964, 25.V.11.)

Injecteur. — Ce dispositif est destiné à l'introduction de combustible dans les moteurs à combustion à l'aide d'air fortement comprimé, toute la charge de combustible étant amenée au-dessus de l'injecteur. Il est caractérisé par un canal spécial percé dans la tige de soupape, et permettant le passage d'une petite partie de la charge du combustible. Cette petite quantité de combustible passe d'une chambre située au-dessus de l'injecteur dans une chambre près de l'extrémité de sortie de la soupape à combustible située contre l'intérieur du cylindre. Ce canal a une forme telle que le mouvement de la tige de soupape le ferme ou l'ouvre.



(*Rud. Kirsten*, Dresde. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 260 677, 5.XI.11.)

Moteur à combustion interne. — Des nombreuses expériences faites, il résulte qu'en réchauffant l'air d'insufflation on peut :

a) Considérablement diminuer la différence existant entre la pression d'insufflation et celle

Digitized by Google

de la compression (75-33) sans que la puissance de la machine soit changée.

b) Diminuer la pression de compression sans empêcher la combustion, et sans qu'elle soit moins parfaite.

Il s'ensuit donc qu'on peut réaliser le cycle à combustion suivant :

La compression de l'air dans le cylindre est poussée jusqu à 36 kilos par centimètre carré environ : une chambre auxiliaire de capacité déterminée est mise en relation avec le cylindre, elle est ensuite isolée lorsqu'elle est remplie d'air comprimé très chaud, et à la pression maximum de compression.

Lorsque le piston moteur est dans le voisinage du point mort haut, la pompe spéciale envoie le combustible dans la chambre auxiliaire voisine de la soupape 9, en dessus ou en dessous de la dite soupape.

Le piston moteur parcourt alors une fraction de sa course descendante, pour permettre à l'air contenu dans la chambre de combustion d'être à une pression voisine de 28 kilos par centimètre carré.

On ouvre alors la soupape d'admission de combustible 9. L'air contenu dans la chambre auxiliaire, introduit le combustible dans le cylindre, à cause de la différence de pression 36 k — 28 k = 8 kilos par centimètre carré environ, pendant le temps que dure l'ouverture de la soupape d'admission. La soupape 9 se ferme, le combustible brûle, les produits de la combustion se détendent.

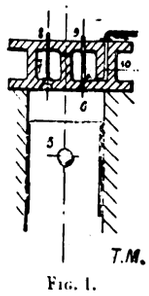


Fig. 1.

Les phases du cycle continuent ensuite, qu'il soit à deux temps ou à quatre temps.

Dans la méthode proposée, l'air d'insufflation est à une température très élevée voisine de sept cents degrés, il est directement produit par le piston moteur, et emmagasiné dans une chambre auxiliaire, en communication avec le cylindre moteur.

L'abaissement de température, produit par la détente de cet air au travers de la soupape

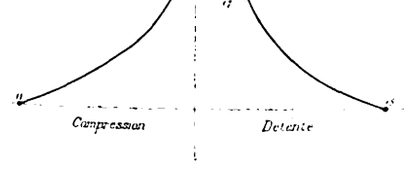


Fig. 2.

9 est très faible, et ne trouble pas la période de combustion.

Si les deux soupapes 8 et 9 restent accidentellement ouvertes, le moteur à combustion ne peut pas se transformer en un moteur à explosion à haute compression :

a) Parce qu'il n'y a pas de réserve d'air d'insufflation qui puisse se vider dans le cylindre moteur, et augmenter considérablement la compression ;

b) Parce que toute la charge de combustible ne peut être admise dans le cylindre moteur que pendant la période de combustion, au moment où la pompe spéciale refoule ce combustible.

Cette disposition augmente la sécurité de la machine, tout en la simplifiant considérablement au point de vue mécanique ; elle permet aussi l'emploi de tous les combustibles.

Dans la fig. 1 ; 5 est le piston, 6 la chambre principale de compression, 7 la chambre auxiliaire, 8 la soupape établissant la communication entre le cylindre et la chambre auxiliaire, 9 la soupape d'admission.

Dans la fig. 2 est représenté un diagramme développé dans lequel la courbe 11 à 12 représente la compression, 13 à 14 la combustion, 14 à 15 la détente des produits de la combustion, 16 à 17 le temps pendant lequel le combustible est refoulé, 13 à 14 la durée d'ouverture de la soupape d'admission ; ces différentes phases pouvant varier avec la nature du combustible employé.

(*L. G. Sabathé*, St-Etienne. Brev. fr., cl. 5, n° 448 296, 21.XI.11.)

Moteur à explosion. — Le mouvement alternatif des bielles est transmis à l'arbre moteur par l'intermédiaire d'une pièce métallique décrivant une courbe gauche fermée. Ce système de moteur est caractérisé essentiellement par :

1° L'application, à la pièce d'entraînement, d'un pignon à denture oblique, dont chaque dent engrène successivement avec une couronne dentée entourant l'arbre moteur, de telle sorte que la dite pièce d'entraînement prend constamment un point d'appui empêchant le décalage des organes les uns par rapport aux autres et la torsion des tiges des pistons.

2° La disposition des divers organes du moteur dans un carter de forme cylindro-ogivale, afin que le moteur ne présente qu'une faible résistance à l'avancement lorsqu il est appliqué à un aéroplane.

La fig. 1 montre le moteur en coupe longitudinale, la fig. 2 en est une coupe transversale, faite suivant la ligne A-A de la fig. 1.

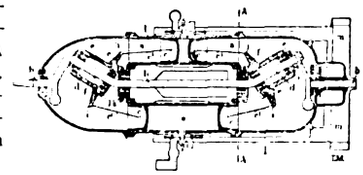


Fig. 1.

Ce moteur comporte un certain nombre de cylindres *a* placés parallèlement à l'arbre moteur *b* et disposés de telle sorte que leurs axes constituent les génératrices d'un cylindre ayant pour axe l'arbre *b*.

Dans chacun de ces cylindres peuvent se mouvoir en sens inverse deux pistons *c*, de telle sorte que ce cylindre ne présente qu'une seule chambre d'explosions, une soupape d'admission, et une soupape d'échappement.

On réalise ainsi une augmentation double de puissance, sans avoir une augmentation égale de poids.

L'arbre moteur *b* présente, à ses extrémités, deux portées *d*, inclinées sur l'axe moteur d'une quantité égale.

Sur chacune de ces portées *d* peut tourner librement, sur des couronnes de billes *e*, une pièce métallique *f* constituant un cône de révolution, dont la base est perpendiculaire à l'axe de la portée.

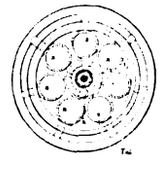


Fig. 2.

Chaque piston *e*, engagé dans les cylindres *a*, est muni d'une tige c^1, s'articulant, au moyen d'une rotule *i*, sur l'une des pièces métalliques *f* (fig. 1), en des points convenables de celles-ci. La base de chaque cône *f* forme un pignon conique *j*, engrenant constamment en un de ses points avec une couronne dentée également conique *k*, entourant l'arbre moteur *b* et placée perpendiculairement à celui-ci.

Lorsque le moteur ainsi disposé est actionné, les tiges des pistons *c*, repoussées par ceux-ci, agissent symétriquement sur les deux pièces *f*, dont chacun des points décrit une courbe gauche fermée, ainsi qu'il a été expliqué plus haut, imprimant à l'arbre *b* un mouvement de rotation.

Pendant ce déplacement de chaque pièce *f*, les dents du pignon conique *j*, porté par la dite pièce, engrènent successivement avec les dents de la couronne *k*, de sorte que cette pièce *f* prend constamment un point d'appui sur la dite couronne.

La pièce métallique *f* conserve donc une position déterminée par rapport au système et ne peut être entraînée, par suite des réactions se produisant entre l'organe moteur et l'organe entraîné, ce qui évite toute torsion des tiges des pistons et assure le bon fonctionnement du moteur.

L'ensemble des organes de celui-ci est contenu dans un carter *l*, de forme cylindro-ogivale, qui peut être refroidi de toute manière convenable : par exemple, au moyen d'un ventilateur *m*.

Le moteur ainsi disposé sera employé avec avantage pour l'aviation, car il ne présente qu'une faible résistance à l'avancement et un poids très réduit.

La figure 3 montre une variante d'exécution du moteur qui vient d'être décrit.

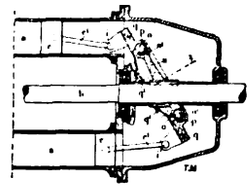


Fig. 3.

Dans cette variante, l'arbre moteur *b* est rectiligne ; sur cet arbre sont calés deux plateaux ou disques *n* (dont un seul est représenté fig. 3). Ces disques *n* sont excentrés et leur plan forme un même angle avec l'arbre *b*.

La périphérie de chaque disque *n* présente une gorge n^1, dans laquelle est engagée une couronne de billes *o*, engagée, d'autre part, dans une autre gorge *p*, présentée par une pièce métallique circulaire *q*, sur laquelle sont articulées les tiges c^1 des pistons *c*.

Cette pièce métallique *q* présente, en son centre, une ouverture circulaire q^1, dans laquelle est engagé l'arbre moteur *b*, et elle peut tourner autour d'un axe fictif *x*, perpendiculaire au plan du disque *n*.

La pièce métallique circulaire *q* porte une denture conique *j* engrenant, comme dans la disposition précédente, avec une couronne à denture conique *k* entourant l'arbre moteur *b*.

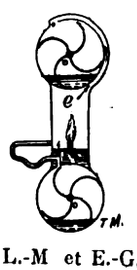
Lorsque le moteur est actionné, la pièce *q*, sous l'action des pistons, décrit une courbe gauche fermée, et ce mouvement est transmis par l'intermédiaire des billes *o*, au disque *n* qui, par suite de son déplacement, entraîne l'arbre *b*.

Dans ce mouvement, les dents *j* de la pièce *q* engrènent successivement avec les dents de la couronne *k*, ce qui assure le bon fonctionnement du moteur, en détruisant la composante oblique de l'arbre et en s'opposant ainsi aux réactions se produisant, entre l'organe moteur et l'organe entraîné, comme il a été dit précédemment.

(*Salmson, Canton et Unné.* Brev fr., cl. 5, n° 448 421, 25.XI.11.)

MINES

Indicateur de grisou. — Son principe repose sur la modification d'une flamme. Il est caractérisé par le fait que le récipient *e* contenant la flamme est fermé à l'air extérieur par des couches de liquide à travers lesquelles l'air nécessaire à la combustion est amené et enlevé.



(Dr. *Bruno Donath*, Berlin. Brev. all., cl. 74 *b*, n° 260 827, 19.XI.12.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M et E.-G,

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

La production des combustibles minéraux en France en 1912 (1).

La production du charbon en France en 1912 a augmenté de plus de 2 millions de tonnes par rapport à l'année 1911 et de plus de 4 550 000 tonnes sur l'année 1907. Voici d'ailleurs la progression :

Années	Houille et anthracite	Lignite	Total
1907.....	35 989 000 t	765 000 t	36 754 000 t
1911.....	38 521 000	709 000	39 230 000
1912.....	40 560 000	748 000	41 309 000

87 % du lignite provient des Bouches-du-Rhône.

La production de houille et d'anthracite se répartit ainsi :

	1911	1912
Nord et Pas-de-Calais .	26 140 000 t	27 801 000 t
Loire.	3 692 000	3 779 000
Saône-et-Loire, Allier, Puy-de-Dôme. . .	3 162 000	3 287 000
Gard et Hérault. . .	2 261 000	2 352 000
Tarn et Aveyron . .	1 872 000	1 955 000
Divers	1 392 000	1 386 000
TOTAUX. .	38 521 000	40 560 000 t

L'augmentation provient donc presque exclusivement du Pas-de-Calais, dont la production s'accroît en un an de 1 661 000 tonnes. Les progrès les plus marquants sont ceux des mines de Lens (268 000 t) et de Courrières (241 000 t).

Les mines françaises les plus productives sont les suivantes pour 1912 :

Lens (Pas-de-Calais)	3 908 000 t
Anzin (Nord).	3 411 000
Courrières (Pas-de-Calais). . . .	3 096 000
Bruay (Pas-de-Calais).	2 742 000
Aniche (Nord).	2 405 000
Béthune (Pas-de-Calais)	2 309 000
Liévin (Pas-de-Calais).	2 075 000
Nœux (Pas-de-Calais).	1 914 000
Marles (Pas-de-Calais).	1 903 500
Blanzy (Saône-et-Loire)	1 801 500
Dourges (Pas-de-Calais)	1 450 000
Roche-la-Molière (Loire). . . .	944 000
Escarpelle (Nord).	921 000
Grand'Combe (Gard).	860.500

La production des principaux pays houillers a été la suivante en 1912 :

Etats-Unis (houille et anthracite) . .	438 083 000 t
Angleterre (houille et anthracite). . .	271 892 000
Allemagne (houille et lignite). . . .	259 435 000
Autriche-Hongrie (houille et lignite). .	42 078 000
France (houille et lignite)	41 309 000
Belgique	22 983 000

Les principaux travaux effectués en 1912 sont les suivants :

A Gouy-Servins, le puits n° 1 est à 605 m, le puits n° 2 à 644 m. On a recoupé à 612 m une couche de 80 cm. Le charbon est à 31 % de matières volatiles et 3,5 % de cendres. A Vimy, les puits ont atteint respectivement 226 et 180 mètres. Des sondages viennent d'être entrepris autour de Maubeuge pour rechercher le prolongement du bassin du sud du Hainaut. Enfin, un gisement est soupçonné dans les Alpes, en Tarentaise, entre Moutiers et Bourg-St-Maurice.

Les importations de houille crue, en France, qui avaient atteint 14 907 000 t en 1910, sont montées à 16 232 000 t en 1911, pour fléchir ensuite à 15 966 000 t en 1912, d'une valeur de 359 millions de fr.

Pour cette dernière année, ces importations se répartissent ainsi :

Angleterre	9 022 000 tonnes
Belgique.	3 507 000 —
Allemagne	3 182 000 —
Autres pays. . . .	255 000 —

D'autre part, les exportations françaises de houille, qui n'étaient que de 1 279 000 t en 1910, ont atteint 1 336 000 t en 1911 et 1 911 000 t en 1912. La Belgique seule, en 1912, nous a acheté 1 222 000 t.

A titre rétrospectif, il est bon de rappeler que la production houillère de la France a suivi depuis 1820 la progression suivante :

1820	1 094 000 tonnes
1840	3 003 000 —
1860	8 310 000 —
1880	19 508 000 —
1890	26 083 000 —
1900	32 325 000 —
1910	38 350 000 —
1912	41 309 000 —

Quant à la consommation totale de la houille en France, elle s'est accrue comme l'indique le tableau suivant :

1820	1 349 000 tonnes
1840	4 257 000 —
1860	14 270 000 —
1880	28 846 000 —
1890	36 653 000 —
1900	48 803 000 —
1910	56 530 000 —
1912	59 622 000 —

Pour cette dernière année, ce dernier chiffre se décompose ainsi :

Production de houille crue et de lignite.		41 309 000 t
A ajouter : Importation de houille crue. . .	15 967 000 t	
A ajouter : Importation d'agglomérés et de coke transformés en houille.	4 721 000 t	
	20 688 000 t	20 688 000 t
Total.		61 997 000 t
A déduire : Exportation de houille crue. . .	1 911 000 t	2 375 000 t
A déduire : Exportation d'agglomérés et de coke transformés en houille.	464 000 t	
Consommation totale de houille . . .		59 622 000 t

La France ne produit donc encore que 69 % de sa consommation houillère.

La production et la consommation de l'aluminium dans le monde en 1911-12 (1)

La production mondiale de l'aluminium, qui n'était que de 8 000 t à peine, a atteint 43 800 t en 1910 et 46 700 t en 1911. Le prix du kilog qui était de 2 fr 50 en 1900, est tombé à 1 fr 50 en 1911.

La production de 1911 se répartit ainsi :

Etats-Unis	18 000 tonnes
France	10 000 —
Allemagne, Autriche-Hongrie et Suisse.	8 000 —
Angleterre	5 000 —
Canada	4 000 —
Norvège	900 —
Italie	800 —

Les Etats-Unis, qui consomment 22 000 t d'aluminium par an, n'en produisent donc pas assez pour leurs besoins, bien qu'à eux seuls, ils en fournissent beaucoup plus que tous les autres pays. L'aluminium américain est d'ailleurs extrait, en partie, de la bauxite importée de France et du Canada.

On trouve la bauxite, en France, en grandes quantités dans le département du Var, puis dans l'Hérault et les Bouches-du-Rhône. La France a consommé 2 600 t d'aluminium en 1906 et 5 000 t en 1911. Nos exportations de ce métal, qui n'étaient que de 1 440 t en 1906, sont montées à 4 100 t en 1911 et 6 600 t en 1912.

La France exporte par an pour 3 millions de fr de bauxite. En quantité, l'exportation a été de 144 00 t en 1912 et 154 000 t en 1911 ; en 1910, la quantité exportée n'avait été que de 114 000 t. Les principaux pays importateurs de bauxite sont : l'Angleterre, 40 000 t ; les Etats-Unis, 33 000 t ; les Pays-Bas, 31 000 t ; la Russie et l'Allemagne, 26 000 t chacune. Le Var est le principal producteur de cette matière première, qui couvre d'une poussière rouge le petit port de Saint-Raphaël où on en embarque de grandes quantités. C'est sur la ligne de Carnoules à Gardanne que se trouvent les principales extractions de bauxite. M. V. Cambon, dans son livre *La France au travail*, fait remarquer qu'elles s'étendent dans les Bouches-du-Rhône aux Baux (bourg qui a donné son nom au minerai) ; puis on trouve encore de petites exploitations isolées dans le Gard, l'Hérault, à Bédarieux, dans l'Ardèche, les Pyrénées-Orientales, et l'Ariège. Tourves, près de Brignoles, est l'un des centres d'exploitation les plus actifs.

La bauxite est de l'alumine hydratée, accompagnée d'un peu de silice, de fer, de titane, etc. On doit lui faire subir un raffinage qui s'exécute dans des usines, distinctes des usines hydro-électriques où se fabrique l'aluminium. Le produit obtenu par ce raffinage est l'alumine et c'est cette alumine qu'on traite au four électrique dans les usines hydro-électriques.

C'est la Société Electro-Métallurgique Française qui fut la première, en France, à fabriquer l'aluminium électrolytique. C'est elle qui appliqua les procédés Héroult, dans une usine située à Forges, dans l'Isère. Ces essais ayant été satisfaisants, la Société installa une usine à la Praz, près de Modane, sur l'Arc, puis une autre à Saint-Michel-de-Maurienne ; elle a une autre installation très puissante à l'Argentière, près de Briançon, sur la Durance. Aujourd'hui, cinq autres grandes Compagnies, en plus de celle-ci, fabriquent, en France, l'aluminium : Société d'Electro-Chimie, à Prémont, à Saint-Michel-de-Maurienne, sur l'Arc ; Société E. Péchiney et C^ie^, qui a des usines métallurgiques à Calypso, sur l'Arc, et aux Plans, sur l'Arc ; Société des forces motrices de Chèdde, usine à Saint-Michel-de-Maurienne ; Société Electrochimique des Pyrénées, usines à Auzat (Ariège) ; Société Electrométallurgique du Sud-Est, usine à Venthon, sur la Durance. Dans une conférence du Musée social, M. H. Cahen a indiqué que l'industrie française de l'aluminium disposait, actuellement, de 10 usines et de 140 000 HP. dont la plus grande partie est localisée dans la région des Alpes. La puissance de ces usines varie de 10 000 à plus de 20 000 HP et elles sont toutes alimentées par la houille blanche, dont cette industrie constitue une application d'importance considérable.

L'Allemagne a importé, en 1911, 10 454 t d'aluminium ; en 1902, l'importation n'atteignait que 1 100 t. En 1911, les participants à l'importation de l'aluminium, en Allemagne, ont été : l'Autriche-Hongrie, 1 561 t ; la Suisse, 3 431 t ; la France, 2 893 t ; l'Angleterre 1 285 t. Les exportations allemandes d'aluminium n'ont jamais dépassé 1 192 t, chiffre de 1905, et en 1911, elles n'ont été que de 763 t. La Suisse, par contre, est surtout exportatrice. L'année la plus remarquable, au point de vue de l'importation, a été 1905 avec 217 t ; en 1911 il n'est entré que 57 t, tandis que les exportations ont été de 3 462 t. La Suisse est, après la France, un important vendeur d'aluminium, et cela à cause de sa richesse en forces hydrauliques. L'Angleterre a produit 5 000 t en 1911 et n'en a consommé que 3 000 t.

L'Economiste français, auquel nous empruntons les chiffres ci-dessus, fait remarquer qu'à côté de son emploi croissant pour la fabrication d'ustensiles de ménage, ainsi que pour la construction d'appareils dirigeables, automobiles, appareils pour la brasserie, etc., l'aluminium s'est frayé également un chemin dans l'industrie électrique remplaçant le cuivre, dans les fils conducteurs de courant.

(1) D'après les statistiques du Comité des forges de France (Bulletin n° 3182 et circulaire n° 523).

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 5 (1^er^ mars 1913), p. 208.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

La Technique Moderne

TRAVAUX PUBLICS

LES AGRANDISSEMENTS DU PORT DE MARSEILLE

(Planche II.)

Les statistiques les plus récentes — les statistiques italiennes elles-mêmes — ont démontré que lescraintes, autrefois conçues, et si fortement formulées, visant la concurrence désastreuse que devait faire le port de Gênes à celui de Marseille, n'étaient pas fondées (1).

La comparaison des chiffres représentant, pour chacun des deux grands ports méditerranéens, le mouvement des entrées et sorties de navires, donne les résultats suivants :

	Marseille	Gênes	
1907.....	16 877 000	13 549 000	En tonneaux de jauge
1908.....	17 766 000	14 015 000	
1909.....	18 296 000	15 387 000	
1910.....	18 299 000	15 050 000	
1911.....	19 633 000	14 838 000	

Marseille a donc bénéficié d'un accroissement ininterrompu dont l'importance a été de 2 756 000 tonnes pendant la période quinquennale considérée, alors que, pendant cette même période, le trafic de Gênes ne prenait qu'une faible augmentation au début, et diminuait, depuis 1909, de 300 000 tonneaux de jauge par an

Si l'on examine les chiffres comparatifs des importations et exportations, et si l'on a soin d'écarter les importations de charbon, qui seront toujours à Gênes supérieures à ce qu'elles sont à Marseille, en raison de la production intérieure des deux pays, on voit qu'en 1911, le trafic par Marseille a surpassé de 3 500 000 t le trafic par Gênes ; avec le charbon, la différence serait encore de 1 027 000 tonnes en faveur de Marseille (8 176 000 contre 7 149 000).

Voilà, certes, des résultats que n'avaient pas prévus les économistes libéraux, qui voyaient, dans l'autonomie du port de Gênes et dans le régime douanier français, autant de causes certaines de déchéance pour le port de Marseille, et qui préconisaient la création en France de ports autonomes établis sur le modèle de l'organisation gênoise.

S'il entrait dans le cadre de la présente étude de rechercher les causes économiques des heureux résultats constatés en faveur de Marseille, nous verrions sans doute que les prophéties anciennes avaient bien cependant quelque raison, que les théories libre-échangistes concordaient en somme avec les véritables intérêts de Marseille et que si les résultats furent, en fait, très bons alors qu'on les craignait très mauvais, cela tint surtout aux heureuses initiatives et à la constante activité déployées par la Chambre de Commerce de Marseille et par les ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés de la direction des travaux du Port.

Le consortium gênois n'a peut-être pas mérité tous les reproches qui lui furent adressés, mais certainement le service du Port et la Chambre de commerce de Marseille n'ont pas reçu tous les éloges auxquels ils avaient droit.

Jusqu'en 1853, le port de Marseille ne comportait qu'un seul bassin, actuellement dénommé le Port-Vieux ; l'extension progressive qui a créé le port actuel s'est faite dans la direction du nord, par la construction de bassins successifs protégés par une digue extérieure, actuellement longue de 4 145 m, et formée de deux bras orientés : le premier dans la direction S.S-O—N.N-E sur 1 085 m, le second dans la direction S-E—N-O sur 3 060 m (Planche II).

Les travaux qui ont amené le port de Marseille à la situation actuelle peuvent être énumérés, dans l'ordre chronologique, de la manière suivante :

1819 à 1827, reconstruction du quai de Vieille-Ville, au nord du Port-Vieux, aujourd'hui quai du Port.

1825 à 1838, réfection du quai sud ou de Rive-Neuve.

1830 à 1840, création du bassin de Carénage.

1839 à 1849, approfondissement du Port-Vieux, dont la hauteur d'eau fut portée à 6 m ; reconstruction du quai de Rive-Neuve et du quai du Port et élargissement de ce dernier.

1855, élargissement de 15 à 45 m du quai de la Fraternité.

1844 à 1853, création du bassin de la Joliette, dépense de 16 522 058 fr entièrement à la charge de l'Etat ;

1854-1856 (loi du 10 juin 1854, décret du 23 octobre 1856), concession à la ville de Marseille d'un Dock-Entrepôt au nord du bassin de la Joliette ; cette concession fut rétrocédée par la Ville à la Compagnie des Docks et Entrepôts, et, par décret du 22 août 1860, une extension en fut autorisée.

Le Dock-Entrepôt actuel ceinture de ses installations les bassins du Lazaret et d'Arenc et a été mis en exploitation le 1er janvier 1864 ; les dépenses ont été supportées par la Compagnie concessionnaire, et les travaux exécutés par ses soins.

1859 (décret du 24 août), — décide la construction du bassin Napoléon (actuellement bassin de la gare Maritime).

1863 (décret du 29 août), — décide la construction du bassin Impérial (actuellement bassin National).

Les dépenses, s'élevant respectivement à 15 033 636 fr et 5 959 753 fr, furent entièrement supportées par l'Etat.

1863-1865 (décrets du 29 août 1863 et 17 octobre 1865), — autorisent la création d'un établissement de radoub à concéder à la Compagnie des Docks et Entrepôts ; les travaux furent achevés en 1871 ; le coût en fut de 6 494 350 fr, non compris une dépense de 1 114 107 fr directement engagée par la Compagnie des Docks

(1) Voir les documents publiés par la Chambre de Commerce de Marseille et le Service du Port ; description faite en 1905 par M. Batard-Razelière, Ingénieur en chef du Port de Marseille.

Digitized by Google

et Entrepôts, qui avait d'autre part, contribué pour 3 506 200 fr dans la dépense prévue.

1874 (loi du 5 août), — autorise l'achèvement des bassins de la Gare Maritime et National, par le prolongement de la digue extérieure, la construction d'un môle dans le bassin de la Gare Maritime, de 3 môles et quais au bassin National ; les travaux, achevés en 1883, coûtèrent 20 931 250 fr ; 15 000 000 de fr avaient été avancés à l'Etat par la Chambre de Commerce.

1875 (décret du 6 juillet), — autorise l'élargissement du quai de la digue extérieure au droit du bassin du Lazaret et la transformation en traverse du môle d'Arenc pour permettre une extension de la concession du Dock-Entrepôt ; les travaux, achevés en 1887, coûtèrent 3 477 740 fr ; dans cette dépense, la Compagnie des Docks et Entrepôts participa pour 1 098 500 fr.

1880 (loi du 27 juillet), — décide l'achèvement de l'avant-port nord par la construction du mur de la digue extérieure à hauteur de cet avant-port, et des murs de quai latéraux à cette partie de la digue, et, sur le côté nord, des deux branches de la traverse de la Pinède ; les travaux furent achevés en 1890 ; la dépense prévue était de 5 500 000 fr, à la charge de l'Etat.

1893 (loi du 17 juillet), — déclare d'utilité publique la construction du bassin de la Pinède et autorise une dépense de 20 000 000 de fr pour son établissement. Les travaux furent terminés en 1906.

Les bassins sont actuellement les suivants :

Bassin du Port-Vieux ;
Bassin de la Joliette ;
Bassin du Lazaret ;
Bassin d'Arenc ;
Bassin de la Gare Maritime ;
Bassin National ;
Bassin de la Pinède.

En outre, le port comporte les établissements accessoires suivants :

Annexes du Port-Vieux : Canal des Douanes et bassin de Carénage ;

Annexes de la Joliette : Bassin de stationnement et canal de communication ;

Bassin de Remisage ;

Bassin de Radoub ;

Bassin du Pharo, siège d'un chantier de construction ;

Avant-port sud, communiquant avec la Joliette ;

Avant-port nord, communiquant avec la Pinède.

La surface totale de ces bassins et des terre-pleins qui les desservent, en un mot, la surface du port de Marseille est de 2 891 900 m², se décomposant comme suit :

Surfaces d'eau	1 942 687 m²
Surface des terre-pleins	949 160 m²

Le développement des quais est de 21 610 m, soit :

15 912 m utilisables pour les opérations d'embarquement et de débarquement ;

2 054 m pour le service des bassins de remisage et chantiers maritimes de réparations ;

2 783 m en bordure des passes et régions non utilisables pour les opérations commerciales ;

861 m en bordure des avant-ports.

Pour les surfaces d'eau, la répartition est la suivante :

1 471 800 m² utilisables pour le stationnement des navires et les opérations commerciales ;

222 450 m² pour les chantiers d'attente ou de réparations ;

69 000 m² pour les passes et parties non utilisables pour les opérations commerciales, ni pour le stationnement et la réparation des navires ;

179 400 m² pour les avant-ports.

Sur les terre-pleins, les voies charretières occupent une surface de 552 000 m² et les dépôts ont à leur disposition 397 080 m².

Les bassins sont tous séparés entre eux et des avant-ports voisins par des traverses dans lesquelles sont établies des passes couvertes, en-deçà des avant-ports, par des ponts tournants.

A l'exception du bassin de la Joliette, tous les autres bassins voisins sont pourvus, du côté de terre, d'un ou de plusieurs môles partant du quai de rive ; vers le large, des espaces libres de surface considérable permettent l'évolution des navires.

Les navires, en règle générale, opèrent leurs opérations commerciales en accostant bord à quai, soit au quai de rive, soit aux quais des môles, soit au quai du large ; cependant, dans le bassin de la Joliette, spécialement affecté aux services postaux, l'encombrement est tel que les navires doivent se poster en pointe, et que la manutention des marchandises rend nécessaire l'emploi d'allèges, ce qui est évidemment une cause de manutentions supplémentaires et, par conséquent, une source de dépenses et de pertes de temps.

Les navires en attente d'une place à quai, les navires d'escale qui ne stationnent que le temps nécessaire au transbordement des passagers, les navires de guerre, les navires de commerce désarmés, prennent leur mouillage dans les espaces libres entre les môles, ou en tête des môles, ou même sur une ligne de coffres d'amarrage disposés dans le bassin National, parallèlement à la digue extérieure.

Les caractéristiques des divers bassins et établissements accessoires sont les suivantes :

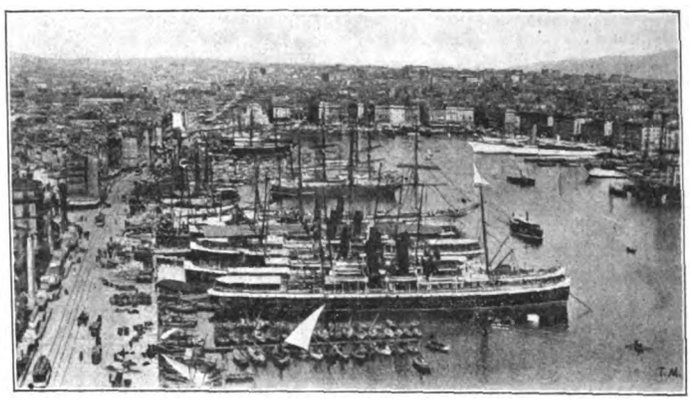


Fig. 1. — Vue du bassin du Port-Vieux.

Port-Vieux. — Le bassin du Port-Vieux affecte à peu près la forme d'un rectangle de 890 mètres de long sur 290 mètres de large, avec une passe en bout de 70 mètres (fig. 1).

Le tirant d'eau est de 7m,50 à la passe et de 6 m en général dans le bassin, à basse mer.

La surface du Port-Vieux est de 274 700 m² se décomposant comme suit :

Bassin principal	251 650 m²
Canal des Douanes	6 902 m²
Bassin de Carénage	16 138 m²

Les quais ont un développement de 3 547 mètres :

Bassin principal	1 988 m
Canal des Douanes	994 m
Bassin de Carénage	565 m

mais 1 876 m seulement de longueur de quai peuvent être utilisés pour les opérations de manutention.

La largeur des quais est très irrégulière ; elle est de 40 m en certains endroits et seulement de 10 en d'autres ; le couronnement est généralement établi à 1m,40 au-dessus de la cote zéro de la basse mer.

Le Port-Vieux est un port naturel, très bien abrité, qui a été amélioré par des travaux importants, ayant consisté dans :

1° L'élargissement du quai sud, dit quai de Rive-Neuve, en 1820 ;

2° La construction du bassin de Carénage en 1829 ;

3° L'élargissement du quai nord, dit de Vieille-Ville, et l'enlèvement des hauts-fonds, en 1839 ;

4° L'élargissement du quai de la République, actuellement quai de la Fraternité, en 1855.

Le Canal des Douanes, comportant trois branches (130 m × 11 m ; 227 m × 16 m ; 126 m × 13 m), a été construit à la

Digitized by Google

fin du XVIII[e] siècle ; ces branches sont franchies par 6 ponts mobiles, tournants ou basculants, manœuvrés à la main.

Le bassin du Carénage, accessible par une passe de 16 m, 30, couverte par un pont-tournant de 4 m de largeur, a 150 m de longueur dans sa plus grande dimension ; son tirant d'eau est d'environ 5 m.

Le bassin du Port-Vieux, en raison de sa faible profondeur, ne convient pas aux navires modernes de grande capacité; aussi est-il affecté aux voiliers, remorqueurs, yachts, bâteaux de plaisance et de promenade, barques de pêche, torpilleurs de passage, embarcations de servitude, etc.

Les navires de quelque importance doivent généralement se placer en pointe, l'accostage bord-à quai est impossible au droit des vieux murs sur pilotis, au pied desquels on ne pourrait songer à faire des dragages sans risquer de compromettre leur stabilité.

Bassin de la Joliette. — Le bassin de la Joliette a la forme d'un rectangle de 500 m de long sur 400 m de large, limité par le quai de rive, la digue du large et les traverses de la Major et de la Joliette (fig. 2).

Un canal de 400 m de long sur 18 m de large met en communication le Port-Vieux avec un bassin de stationnement de 250 m × 70 m, qui communique, à pleine ouverture, avec le bassin de la Joliette.

Au mur du quai de rive, le tirant d'eau est de 6 m, sauf en certains points où on ne dispose que de 4 m, 50; cette profondeur s'accroît vers la digue extérieure, et atteint 10 m en certains points ; dans le bassin de stationnement, ce tirant d'eau est de 5 m dans le prolongement du canal de communication et de 3 m au pied des murs ; le canal de communication a une profondeur de 6 m; un pont tournant est établi à chacune de ses extrémités.

Fig. 2. — Vue du bassin de la Joliette. — Quai de Rive.

Les surfaces d'eau du bassin de la Joliette et de ses annexes sont de :

Bassin de la Joliette	200 265 m²
Canal de communication	7 768
Bassin de stationnement	17 452
Total	225 485 m²

Les quais ont un développement de :

1 943 m au bassin de la Joliette.
807 m au Canal de Communication.
552 m au bassin de Stationnement.
3 302 m au total.

Sur ces 3 302 m, 2 160 m seulement sont utilisables pour les opérations de manutention.

Le couronnement des quais est établi à 1 m, 50 au-dessus du niveau de basse mer ; leur largeur est variable, elle est de :

47 m, 00 au quai de rive.
18 m, 60 au quai du large.
30 m, 00 à la traverse de la Major.
135 m, 00 — de la Joliette.
12 m, 00 au bassin de Stationnement vers le large.
47 m, 00 — vers la rive.

Dans la traverse de la Major est établie la passe principale, de 70 m d'ouverture, communiquant avec l'avant-port sud ; la passe de la traverse de la Joliette n'a que 21 m, elle est pourvue de deux ponts tournants ; un de ces ponts est métallique et à une seule volée, l'autre est en bois et à deux volées ; le premier est manœuvré par des appareils hydrauliques, le second à bras d'homme.

Le bassin de la Joliette est affecté aux paquebots des principales lignes maritimes : Compagnie Générale Transatlantique, Compagnie des Messageries Maritimes, Compagnie Fraissinet, Compagnie Générale des Transports Maritimes, Compagnie de navigation mixte, etc...

Bassins du Lazaret et d'Arenc. — Le premier de ces bassins est un rectangle de 300 m × 231 m ; le second a sensiblement la forme d'un trapèze ; ces deux bassins n'en forment en somme qu'un seul dans lequel se développe le môle du Lazaret.

Le tirant d'eau est de 7 m au quai de rive et de 10 m un peu en avant du quai de large ; la surface d'eau est, au total, de 16 hectares 31 ; le développement des quais est de 2 281 m, entièrement affectés aux opérations de manutention ; les largeurs de quais sont de :

135 m à la traverse de la Joliette.
130 m au môle du Lazaret.
157 m au quai de Rive du Lazaret.
37 m au quai de Rive d'Arenc.
18 à 53 m au quai du large

La hauteur des quais est de + 2,40.

Ces deux bassins communiquent avec le bassin de la Gare maritime par une passe de 50 m de large, pourvue d'un pont tournant hydraulique; ils sont entièrement affectés aux opérations de la Compagnie des Docks et Entrepôts, qui est titulaire d'une concession occupant 19 h 26.

Sans entrer dans le détail des opérations de la Compagnie des Docks et Entrepôts, qui ne peut s'inscrire dans le cadre de la présente description, on peut indiquer que cette Compagnie ne bénéficie d'aucun monopole, mais qu'elle offre ses services au commerce maritime dans les mêmes conditions de liberté que les autres entrepreneurs de manutention du Port ; elle accomplit, pour le compte de ses commettants, les formalités en douane, met à leur disposition le régime de l'entrepôt et, comme un magasin général, délivre des récépissés-warrants.

Bassin de la Gare Maritime. — Ce bassin affecte la forme d'un rectangle de 523 m × 366 m ; il est séparé des bassins voisins ; au sud par la traverse d'Arenc, au nord par la traverse de l'Abattoir ; du quai de rive part, dans la partie centrale, le môle A de 250 m × 90 m.

Le tirant d'eau, de 6 m au quai de rive, atteint 10 et 15 m vers le quai du large.

La surface d'eau est de 18 h 17 ; les quais ont un développement de 2 343 m, sur lesquels 200 m sont impropres aux opérations de manutention.

Les largeurs de quais sont de :

30 m au quai du large.
47 m au quai de rive.
130 m au môle d'Arenc.
90 m au môle A.
120 m à la traverse de l'abattoir.

Comme aux bassins d'Arenc et du Lazaret, la cote de couronnement est de + 2,40.

La communication avec le bassin National se fait par 2 passes

Digitized by Google

de 30 m de largeur, avec une pile centrale portant un grand pont-tournant hydraulique à deux volées.

Le bassin de la Gare Maritime est affecté, en partie à la concession des Docks et Entrepôts, et en partie au commerce général de grandes Compagnies de navigation, telles que la Compagnie des bateaux à vapeur du Nord, la Compagnie de Navigation mixte, la Compagnie Havraise Péninsulaire, la Compagnie Fraissinet, etc... ; c'est aussi le bassin pour l'exportation des sucres.

Bassin National. — Les dimensions de ce bassin rectangulaire sont de 920 m × 515 m ; il est limité, vers le nord, par la traverse de la Pinède, qui comporte une passe de 105 m, et dont les dimensions sont de 311 m × 120 m.

Trois môles intérieurs B, C et D, ont, le premier 60 m × 130 m les deux autres 90 m × 240 m.

Le tirant d'eau, de 9 m près du quai de rive, atteint 20 m en se rapprochant du quai.

La surface d'eau est de 41 h 85 ; les quais présentent un développement total de 3 959 m, sur lesquels 3 759 m sont utilisés pour l'embarquement et le débarquement.

La largeur des quais est de :

30 m au quai du large ;
60 m au quai de rive ;
120 m aux traverses de l'abattoir et de la Pinède Est ;
80 m aux traverses de l'abattoir et de la Pinède Ouest ;
60 m au môle B ;
90 m aux môles C et D.

Les quais ont leur couronnement à la cote + 2,40 ; au pied des murs, la profondeur est de 7m,50 entre la traverse de l'abattoir et le môle C ; au nord du môle C on trouve 6 à 8 m.

Aux môles B et C et au quai nord de la traverse de l'Abattoir, sur 130 m à partir du quai de rive, il existe, au pied des murs, une banquette horizontale dont la plus grande largeur est de 3 m et au-dessus de laquelle la hauteur d'eau, à basse mer, est de 7 mètres.

Le bassin National, qui est le plus grand de tous, n'a pas d'affectation fixe ; il est fréquenté par les navires des grandes Compagnies de navigation ; le quai du large cependant est utilisé pour le déchargement des houilles étrangères en entrepôt fictif.

Bassin de la Pinède. — La bassin de la Pinède a 640 m × 500 m ; il est séparé du bassin National par la traverse de la Pinède et de l'avant-port nord par la traverse de la Madrague, qui comporte une passe de 105 m et dont les deux branches sont de 120 m × 300 m et 80 m × 100 m.

Au quai de rive, le tirant d'eau est de 8 m 50 ; il atteint 22 m au large ; la surface d'eau est de 28 hectares et les quais ont un développement de 3 226 m, dont 2 786 m servent aux opérations de manutention.

Les largeurs de quais sont de :

30 m au quai du large ;
115 m au quai de rive ;
100 m aux môles E et F.

La cote des quais est, comme partout ailleurs, de + 2,40.

Les murs du quai de rive, des môles E et F, et de la traverse de la Madrague sont fondés sur maçonneries à l'air comprimé reposant, tantôt sur terrain solide, tantôt sur des digues d'enrochements arasées à la cote — 9,00.

Le bassin de la Pinède est affecté aux bestiaux à l'importation, aux charbons et aux pétroles ; au quai du large sont débarqués les charbons à l'entrepôt fictif.

Les pétroles sont débarqués dans la darse comprise entre le môle F et la traverse de la Madrague, fermée par un mur comportant une passe centrale de 25 m avec barrage isolateur.

Outre les bassins du Commerce, le port de Marseille comporte : un bassin de carénage de 5 m de profondeur, situé au S.O. du Port-Vieux, et dans lequel vont mouiller les navires devant subir des réparations par abattage en carène ; un bassin de grandes dimensions superficielles, et de faible profondeur (2 m à 5m,50) situé au-delà du bassin de la Pinède, dans l'anse de la Madrague, et dans lequel prend abri le matériel nautique, ainsi que les navires désarmés ou en démolition.

Enfin, un bassin à flot de 8 m de profondeur, pourvu de 7 formes de radoub et d'un petit bassin de démolition complète l'aménagement général ; l'une de ces formes : n° 7, vient seulement d'être achevée ; les formes anciennes 1, 2, 3 et 4 dataient de 1872, les formes 5 et 6 de 1883 ; elles répondaient assez bien aux besoins du service général quant au nombre des navires appelés à en faire usage, mais non plus quant aux dimensions de ceux-ci ; la Chambre de Commerce avait envisagé l'amélioration des formes anciennes, notamment des formes 2, 5 et 6, mais l'Administration supérieure fut d'avis de recourir de suite au moyen plus radical consistant à construire une forme nouvelle de grandes dimensions, en utilisant l'obligation mise à la charge de la Compagnie des Docks et Entrepôts de construire, à ses frais, une septième forme, dont les dimensions seraient fixées par le Ministre des Travaux publics, dès que les formes anciennes seraient jugées insuffisantes.

Les dimensions des sept formes actuellement en service sont les suivantes :

	Longueur totale	Longueur utile	Tirant d'eau sur les tins à l'entrée	Tirant d'eau au fond
Forme 1	181m,45	172m,45	6m,90	5m,40
— 2	110m,00	105m,30	5m,90	4m,90
— 3	90m,00	85m,40	5m,90	5m,16
— 4	90m,00	85m,40	5m,90	5m,16
— 5	130m,00	125m,40	6m,60	5m,70
— 6	130m,00	125m,40	6m,60	5m,70
— 7	213m,00	200m,00	9m,00	8m,51

Sur la passe du bassin de radoub est établi un grand pont tournant hydraulique, qui assure la continuité du quai de rive, et dont le tablier supporte une voie charretière de 5 m, un trottoir de 2 m et une plate-forme de 6m,60 pour voie ferrée.

Deux groupes de machines d'épuisement desservent les formes ; au côté nord, 4 moteurs électriques indépendants actionnent chacun une pompe rotative capable de débiter 2 200 m³ à l'heure, et deux autres moteurs également indépendants actionnent chacun une pompe capable de débiter 6 000 m³ à l'heure ; au sud, 3 moteurs à vapeur commandent individuellement une pompe pouvant débiter 2 500 m³ à l'heure.

D'une manière générale, les quais sont aménagés suivant deux formules distinctes : l'une pour le quai de rive ; l'autre pour les terre-pleins des môles et traverses.

Pour le quai de rive, au bassin National, la largeur qui est de 60 m, est aménagée de la manière suivante :

Entre la traverse de l'Abattoir et le môle C :

Un trottoir	5m,00
Voie charretière	11m,65
Voie ferrée de circulation, deux voies de manutention	14m,35
Dépôts de marchandises	25m,30
Zone libre pour les grues et l'amarrage	3m,70
	60m,00

La partie comprise entre le môle C et la passe des bassins de radoub, est affectée à la manutention des objets de poids ou dimensions exceptionnels ; une voie bord à quai qui la dessert vient passer sous la grande bigue de 120 t.

Entre le môle D et la traverse de la Pinède, où se fait l'embarquement des charbons français des bassins houillers du sud, le terre-plein de rive est disposé comme suit :

Trottoir	5m,00
Voie charretière	11m,65
Voie ferrée de circulation Voie ferrée de manutention	9m,70
Dépôts de charbons	20m,60
Voies de manutention	9m,35
Zone libre pour les grues et l'amarrage	3m,70
Longueur totale	60m,00

Digitized by Google

Dans cette région, la largeur totale des terre-pleins étant de 100 m, au droit des bassins de radoub, il reste 40 m occupés par un groupe de 6 voies ferrées et une voie charretière en bordure du quai des bassins de radoub.

Le quai de rive du bassin de la Pinède a été établi à 15 m en avant de l'alignement du quai de rive du bassin National, pour réduire l'importance des travaux de dérochement ; la largeur de ce quai est de 115 m.

L'aménagement est le suivant :

Amarrage, ciculation des grues	4m,50
Hangars	40m,00
3 voies ferrés	13m,50
Voies charretières	11m,95
Trottoir	5m,30
Voies de garage	26m,65
Trottoir	3m,05
Voie charretière de dégagement	8m,00
Trottoir	2m,00

Les terre-pleins des traverses et des môles sont aménagés suivant des dispositions propres à chacun d'eux ; aux môles A et C, la largeur totale est de 90 mètres ; elle comporte (fig. 3) :

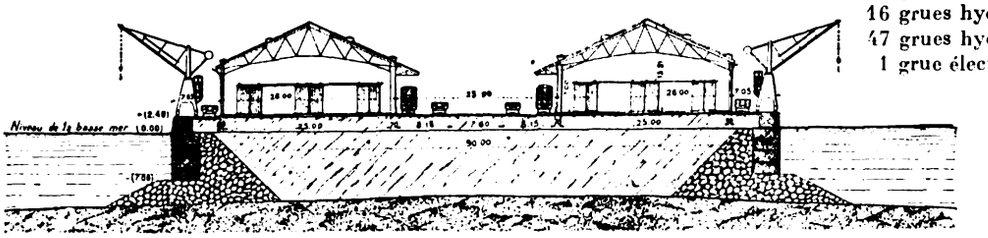


Fig. 3. — Coupe en travers des môles A et C.

1° Une voie charretière centrale de 7m,60 ; deux voies ferrées de chaque côté de la voie charretière centrale ; latéralement à chacun de ces deux groupes de voies ferrées, un hangar de 25 m de largeur ;

2° En bordure de chacun des quais, une zone libre de 7m,05 pour les grues roulantes et une voie ferrée à l'arrière de celles-ci.

Sur le môle D, dont la largeur est aussi de 90 m, l'aménagement est le même, sauf que les hangars n'existent pas.

Les môles E et F sont tous deux larges de 100 m ; le môle E a 250 m de long et le môle F 130 m ; la largeur de la traverse de la Madrague est de 120 m et la longueur de sa branche orientale de 300 m.

Le môle E est aménagé comme suit :

Amarrage et grues	6m,00
Hangar	32m,15
Voies ferrées (deux)	8m,05
Voie charretière (demi)	3m,80
Demi-largeur	50m,00

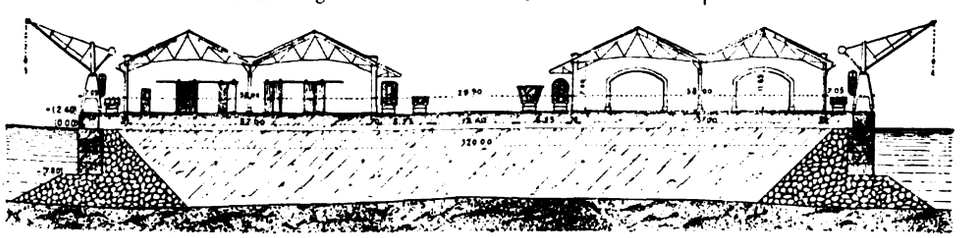


Fig. 4. — Coupe en travers de la traverse de l'abattoir.

Les traverses de l'Abattoir et de la Pinède ont une largeur de 120 m ; elles sont aménagées dans les mêmes conditions que les môles A, C et D, mais la voie centrale a 13m,40 de largeur et les hangars 37 m (fig. 4).

Les surfaces couvertes offertes au service public au port de Marseille sont de 250 000 m² environ ; la Compagnie des Docks et Entrepôts a construit, à elle seule, aux abords des bassins de la Joliette, du Lazaret et d'Arenc, de vastes locaux à étage, pourvus d'appareils de manutention mécanique, dont la superficie est de 141 500 m² ; les hangars de la Chambre de Commerce représentent, de leur côté, une surface couverte de 112 350 m².

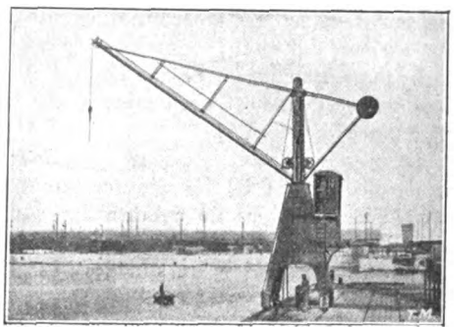


Fig. 5. — Grue hydraulique. (Type ancien.)

L'outillage des quais du port de Marseille comporte :

Dans la concession des Docks et Entrepôts :

12 grues hydrauliques fixes de 3 tonnes.
16 grues hydrauliques fixes de 1 tonne.
47 grues hydrauliques mobiles de 1 250 kg.
1 grue électrique mobile de 1 250 kg.

Dans les régions exploitées par la Chambre de Commerce (Bassin de la Gare maritime, bassin National et bassin de la Pinède) :

34 grues hydrauliques mobiles de 1 250 kg ;
6 — — 1 500 kg ;
10 grues hydrauliques mobiles à double pouvoir de 1 à 3 tonnes ;
3 grues hydrauliques mobiles de 3 tonnes ;
25 grues électriques mobiles de 1 500 kg ;
2 grues électriques mobiles de 1 500 et 5 000 kg ;
5 grues électriques mobiles de 4 000 kg ;
1 bigue oscillante hydraulique de 120 t.

Au port vieux on trouve :

1 grue fixe à bras de 25 t ;
1 grue fixe à bras de 8 t ;
1 grue fixe à bras de 4t.

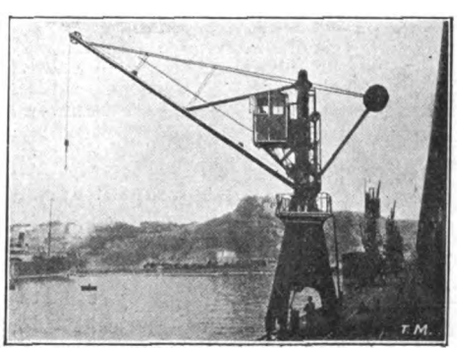


Fig. 6. — Grue hydraulique. (Type nouveau.)

En outre, 48 cabestans hydrauliques à double pouvoir, de 400 à 800 kg de puissance, et 12 cabestans électriques, de 1 800 kg de puissance, sont employés pour la manœuvre des grues et des wagons.

Les grues hydrauliques sont du type à tour ; les anciennes (fig. 5) ont 8m 30 de portée, les nouvelles (fig. 6) ont 9m,30 ; dans ces dernières grues, la cabine du conducteur se déplace avec la volée, ce qui permet à celui-ci de mieux diriger la manœuvre ; les prises de force sont disposées tous les 10 m environ, sur les conduites générales de pression qui règnent le long des quais.

La grande bigue de 120 t (fig. 7) est constituée par un trépied oscillant, à la tête duquel est suspendue une presse hydrau-

Digitized by Google

lique à simple effet qui soulève la charge ; une seconde presse, à double effet, actionne la queue de l'un des pieds formant bielle ; les deux pieds oscillent sur des tourillons scellés sur le bord du quai ; le déplacement vertical du crochet est de 14 m, et son déplacement horizontal est de même importance (5 m en arrière du quai, 9 m vers le bassin); pour les charges de 25, 75 et 120 t, la dépense d'eau est proportionnelle à la puissance développée.

La pression de l'eau actionnant tous les appareils est de 52 kg par centimètre carré ; les machines de compression sont établies dans un bâtiment situé à l'arrière du quai de rive, au sud des bassins de radoub.

L'usine comporte deux groupes de machines compound de 97 ch chacune et une machine auxiliaire de 30 ch ; 6 chaudières tubulaires et à bouilleurs, timbrées à 6 kg, fournissent la vapeur nécessaire.

En service normal de jour, il suffit d'un seul des deux groupes de machines aidé de la machine auxiliaire ; la nuit, la machine auxiliaire seule suffit.

Le matériel flottant de manutention comporte :

10 pontons-mâture à vapeur, dont 1 de 55 t, 1 de 50 t, 1 de 35 t, 2 de 25 t, 1 de 20 t ;
3 pontons-mâture à bras, de 5, 6 et 12 t ;
23 pontons-grues à vapeur, de 1 800, 2 000, 2 500, 4 000, 5 000 et 6 000 kil ;
5 grues électriques, de 4 000, 4 500 et 6 000 kil.

Fig. 7. — Vue de la bigue de 120 tonnes.

Les embarcations de servitude et engins divers sont les suivants :

307 mahonnes,	141 chattes,
39 chalands,	125 radeaux,
7 chalands réservoirs	12 embarcadères,
2 chalands à clapets,	5 dragues,
24 barques à clapets,	3 pontons dérocheurs,

Au total 694 engins occupant une superficie de 64 560 m².

Le port de Marseille est desservi par trois lignes de chemins de fer dépendant du réseau P. L. M. : Paris et Lyon, les Alpes par Aix et Nice-Italie ; cinq gares se partagent l'ensemble du trafic local et maritime : Saint-Charles, Prado, Arenc, Joliette et Vieux-Port ; la gare du Port-Vieux, ainsi que l'embranchement qui la relie à la gare du Prado, est concédée à une Compagnie anglaise, mais l'exploitation en est faite par le P. L. M.

Les gares d'Arenc et de la Joliette sont reliées à la ligne de Paris par un embranchement qui les raccorde entre elles ; en outre, un embranchement relie la gare de la Joliette à la gare Saint-Charles.

Les voies de quai, servant aux opérations de manutention, de circulation, de triage et de classement se divisent en deux groupes ; l'un a été établi par la Compagnie des Docks et Entrepôts, l'autre a été construit par l'Etat, avec des ressources fournies par la Chambre de Commerce.

Les voies de la Compagnie des Docks et les Entrepôts ont un développement de..... 16 385 m
et les voies de l'Etat de..... 39 025 m
Soit au total..... 55 410 m

Les voies établies par l'Etat sont exploitées par la Compagnie P. L. M.

Bien entendu, les voies de triage et de formation appartenant à la Compagnie P. L. M. ne figurent pas dans ces chiffres.

Le port de Marseille dispose, pour les secours contre l'incendie et les naufrages, de 2 chaloupes à vapeur et d'un bateau-pompe ; le débit à l'heure de ces engins est, au total, de 260 m³ à l'incendie et de 760 m³ à l'épuisement.

D'autre part, plusieurs remorqueurs et bateaux-citernes sont pourvus de pompes à vapeur à double effet.

Le nombre total des remorqueurs attachés au port est de 95, représentant une puissance de 11 310 chevaux-vapeur et une jauge de 4 123 tonneaux.

Travaux actuellement en cours d'exécution et travaux projetés

Malgré les dimensions considérables de ses quais et de ses bassins, le port de Marseille ne fait que bien difficilement face au trafic considérable qu'il doit assurer et ne permettrait pas d'envisager l'avenir sans inquiétude.

Dès 1901, la Chambre de commerce avait déclaré la nécessité de construire un bassin supplémentaire, le bassin de la Madrague ; ce n'est toutefois que par une loi du 27 janvier 1909 que fut faite la déclaration d'utilité publique.

Le bassin de la Madrague, qui doit occuper l'emplacement actuel de l'avant-port nord, est en cours d'exécution ; il aura la forme d'un trapèze dont les côtés seront constitués par la traverse de la Madrague au sud, la traverse du cap Janet au nord, la digue extérieure à l'ouest et le quai de rive à l'ouest ; la grande base de ce trapèze, côté du large, aura 753 m ; la petite, côté de rive aura 503 m ; la largeur du bassin sera de 500 m.

La passe de la traverse du cap Janet aura 100 m de largeur ; elle débouchera dans un nouvel avant-port constitué par un prolongement de la digue extérieure sur 300 m.

A l'intérieur du bassin, un môle (dit môle G), de 130 m de large, offrant trois quais de : 305 m au sud, 134 m à l'ouest et 291 m au nord, sera établi obliquement sous un angle de 55° avec le quai de rive ; cette disposition permettra de raccorder les voies de manutention avec les voies de circulation au moyen d'aiguilles, et d'éviter les plaques tournantes qui sont toujours une source de lenteurs et de frais supplémentaires de main-d'œuvre.

La branche de l'est de la traverse du cap Janet aura 140 m de largeur et formera 3 quais de 366 m au sud, 100 m à l'ouest, 325 m au nord ; le quai nord ne sera toutefois établi qu'à l'époque où pourra être construit le bassin suivant (bassin Mirabeau) ; en attendant, la largeur de la traverse ne sera que de 82 m et elle sera bordée au nord par une digue d'enrochements naturels.

La branche ouest de la traverse aura 100 m × 100 m, mais le quai nord sera ajourné comme celui de la branche est et la largeur sera provisoirement de 70 m.

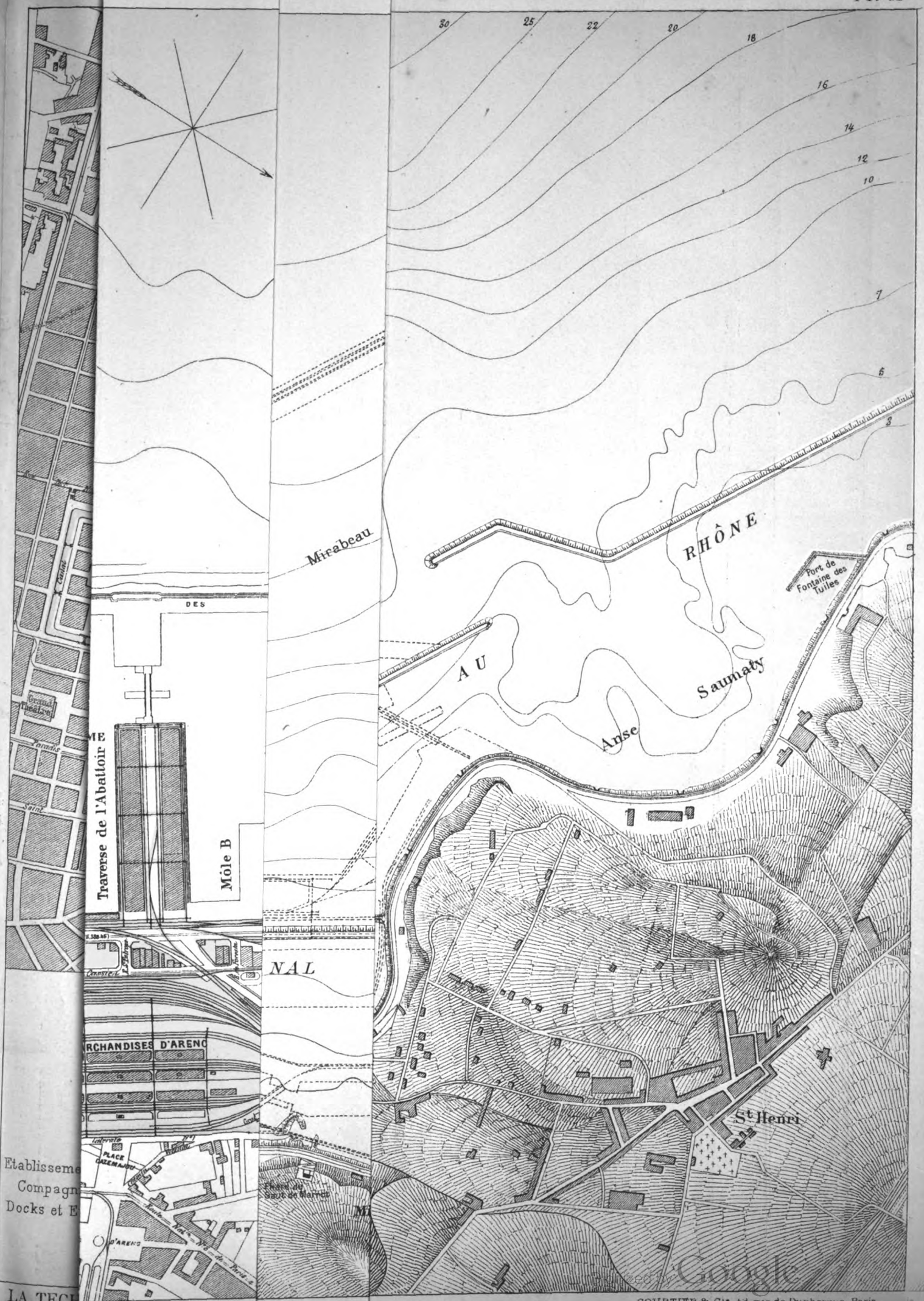
Au fond de la darse nord sera établie une passe, dans le quai de rive, pour constituer l'accès de futurs bassins de radoub prévus à l'emplacement actuel du bassin de remisage ; cette passe constituera également le débouché du canal de Marseille au Rhône, actuellement en cours de construction ; la largeur sera de 40 m ; un pont tournant assurera la continuité du quai de rive.

Les fondations des murs de quai seront arasés à la cote — 12 et le bassin sera partout approfondi à 12 m au moins.

Les quais auront un développement de 2 584 m utilisables pour les opérations de manutention.

Il est difficile de prévoir la date d'achèvement des travaux du

Digitized by Google



Etablisseme
Compagn
Docks et E

Digitized by Google

COURTIER & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

Digitized by Google

bassin de la Madrague ; on a envisagé une dizaine d'années comme étant encore nécessaires, et émis le vœu que cette longue période pût être réduite ; il n'est pas douteux que les ingénieurs du port feront l'impossible dans ce but.

Immédiatement au nord du bassin de la Madrague, est prévue la construction d'un 9e bassin commercial, dit bassin Mirabeau ; les dispositions actuellement envisagées pour ce bassin sont représentées sur la Planche II ; comme au bassin de la Madrague, les quais des traverses et du môle central (môle H) seront obliques et desservis par des voies raccordées par aiguilles aux voies de circulation ; un faisceau de voies de manœuvres et de formation, permettra la desserte par voie ferrée sans surcharge pour les gares actuelles.

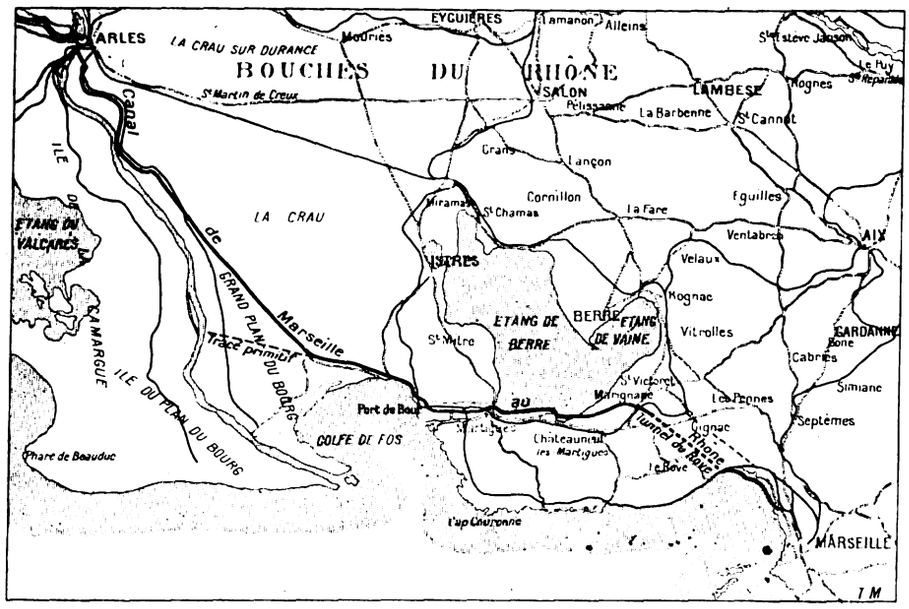


FIG. 8. — Carte de la région du canal de Marseille au Rhône.

CANAL DE MARSEILLE AU RHONE. — A l'exemple des ports de Hambourg, Rotterdam et Anvers, qui doivent en grande partie leur prospérité aux éléments de trafic que leur procure le réseau de navigation intérieure avec lequel ils sont en relation, on a voulu permettre au port de Marseille de communiquer avec le Rhône et, par celui-ci, avec tous les cours d'eau du réseau français.

L'intérêt de réaliser un tel programme, réside dans ce fait que les chemins de fer ne peuvent, dans tous les cas, constituer une voie de transports assez économique pour permettre à un port de mer de lutter contre les ports concurrents ; la situation géographique des ports de mer constituait, autrefois, la cause déterminante de leur trafic ; maintenant le prix du fret, des opérations de manutention, le coût des transports à l'intérieur et le développement des voies de pénétration sont devenus les éléments essentiels de la prospérité des ports de mer.

Il était d'autant plus intéressant de doter Marseille d'un canal de communication avec le réseau fluvial intérieur que le nouveau débouché donnera, au grand port français, un avantage considérable sur son voisin italien, qui ne pourra jamais être desservi que par chemins de fer.

La loi du 24 décembre 1903 a déclaré d'utilité publique la construction d'un canal de Marseille à Arles ; le canal part d'un bassin d'évolution et de stationnement, qui sera établi à l'arrière du futur bassin Mirabeau, longe la côte en mer, à l'abri d'une digue en enrochements jusqu'à la pointe de la Lave, et pénètre sous les collines de la Nerthe par le tunnel du Rove, long de 7 kilomètres ; à la sortie du tunnel, le canal passe sous la ligne de chemin de fer du Pas des Lanciers à Martigues, puis gagne l'étang de Bolmon et l'étang de Berre, dont il longe la rive sud jusqu'à Martigues à l'abri d'une digue en enrochements.

De Martigues à Port-de-Bouc, le canal suit le canal maritime actuel, et de Bouc à Arles le tracé se confond avec celui du canal actuel, et aboutit à un grand bassin de garage, dans le voisinage des écluses de Bras-mort, sur la rive du Rhône (fig. 8).

La longueur totale du canal est de 55 kilomètres.

Actuellement, le tunnel de Rove est maçonné sur 1 400 m ; au-delà, les travaux sont poursuivis en trois galeries ; 1 000 m³ de déblais sont extraits chaque jour ; le niveau du tunnel est à 1m,50 au-dessus de la mer ; il devra être creusé à 3 m au dessous.

Le coût des travaux du canal de Marseille au Rhône a été évalué à 71 millions, à la suite d'une réduction imposée par le Sénat sur l'avant-projet qui prévoyait une dépense de 91 400 000 francs ; actuellement, les prévisions permettent d'évaluer la dépense à 89 000 000 de fr au minimum ; les frais d'établissement doivent être couverts à raison de :

	Francs.	Francs.
Dépense totale.....		89 000 000
A la charge de l'Etat.....	35 500 000	
A la charge de la Chambre de Commerce.....	22 166 668	
A la charge du département.....	6 666 666	
A la charge de la ville.....	6 666 666	
Total des subventions.....	71 000 000	71 000 000
Reste à couvrir		18 000 000

Cette somme de 18 000 000 de fr, quid'ailleurs est susceptible de variations, doit être couverte par la Chambre de Commerce, qui s'est engagée à supporter la charge de tous les dépassements sur le chiffre prévu de 71 000 000 de fr, en récupérant son avance par le produit de taxes de péage sur les navires et les marchandises.

Pour terminer cette description du port de Marseille, il convient de donner les quelques renseignements complémentaires suivants :

Nombre de navires à vapeur attachés au port : 199.

Nombre de navires à voile attachés au port : 23.

Nombre de chalands de mer attachés au port : 91.

Nombre de passagers embarqués et débarqués en 1912 : 534 930.

Mouvement général du port en 1912 (en tonneaux de jauge) : 19 330 852.

Mouvement général des navires français en 1912 (en tonneaux de jauge) : 9 055 703.

Mouvement général des navires étrangers en 1912 (en tonneaux de jauge) : 10 275 149.

Trafic de la Concession des Docks en 1912 (en tonnes de marchandises) : 1 916 459.

Trafic des hangars publics de la Chambre de Commerce en 1912 (en tonnes de marchandises) : 2 304 559.

Ces chiffres se passent de commentaires et prouvent la situation prospère de notre premier port maritime.

A. SABOURIN et F. DUBAR.

Digitized by Google

CHIMIE INDUSTRIELLE

PROPRIÉTÉS ET EMPLOIS INDUSTRIELS DU QUARTZ FONDU TRANSPARENT OU OPAQUE

Le quartz possède un ensemble de propriétés spéciales qui permettent de lui réserver, dans les laboratoires et dans l'industrie des applications importantes. Sa grande résistance chimique, son point de fusion élevé, son insensibilité à l'égard des variations brusques de température, son pouvoir isolant, sa grande transparence pour les rayons de faible longueur d'onde, constituent autant de qualités qu'on ne trouve réunies dans aucune autre substance. Cependant, comme pour la plupart de ses applications le quartz doit être transformé on objets moulés, il est évident que c'est seulement sous la forme fondue qu'il peut être pratiquement utilisé ; il serait en effet impossible de tailler économiquement des creusets et des tubes dans des cristaux naturels de quartz. Aussi est-ce seulement depuis que la fusion de cette substance est devenue une opération courante par l'emploi du four électrique et du chalumeau oxhydrique que les emplois du quartz ont pu se multiplier rapidement.

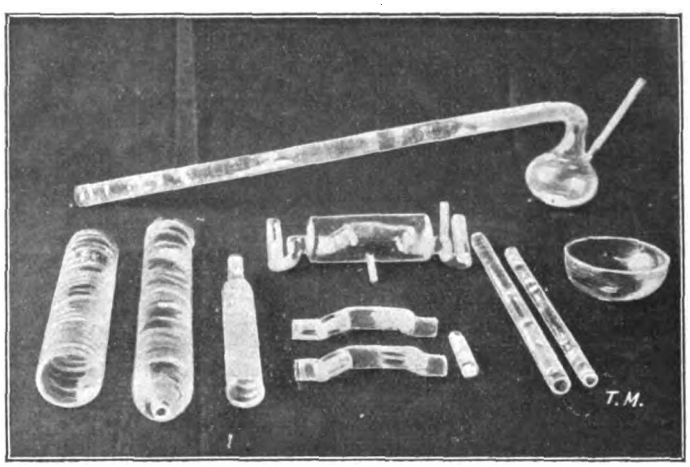


FIG. 1. — Appareils de laboratoire en quartz fondu.

EMPLOIS DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE. — Les premiers objets de laboratoire en quartz fondu ont été regardés longtemps comme de simples curiosités d'un prix beaucoup trop élevé pour ambitionner des applications pratiques. Aujourd'hui, on utilise des creusets, ballons, tubes, etc., en silice ou quartz fondu (fig. 1 et 2) dont les avantages sur ceux en verre se signalent surtout par les importantes propriétés suivantes :

1° *Insensibilité à l'égard des variations brusques de température.* — Cette propriété résulte du très faible coefficient de dilatation du quartz. D'après Holborn et Henning, entre 0 et 1 000° C., ce coefficient n'est que de 0,000 000 54 par degré, c'est-à-dire qu'une baguette de 1 mètre de longueur ne s'allonge que de 0 mm, 54 pour une élévation de température de 1 000° C.

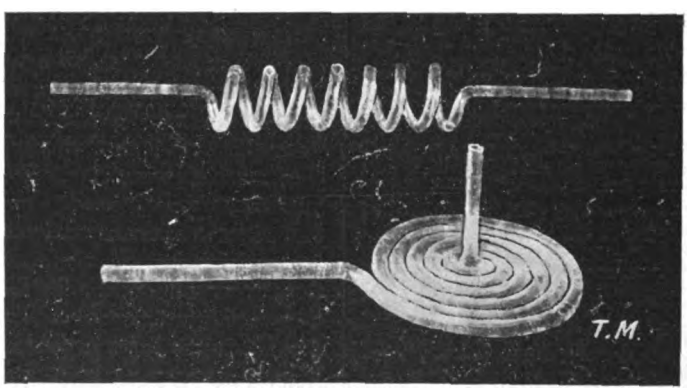


FIG. 2. — Serpentins en quartz ondu transparent.

On peut ainsi verser de l'eau froide dans un ballon en quartz fondu chauffé au rouge dans la flamme du chalumeau sans qu'il se produise ni rupture ni craquelure. On sait qu'il n'en est pas de même du verre qui se brise lorsqu'on le chauffe ou qu'on le refroidit trop brusquement. Cette précieuse qualité du quartz est d'une grande importance dans les essais d'analyse chimique.

2° *Résistance vis-à-vis des réactifs chimiques.* — L'eau n'attaque le quartz, ni à la température ordinaire, ni à 100° ; il n'y a pas trace de dissolution d'acide silicique. Les acides étendus, à l'exception de l'acide fluorhydrique, ne l'attaquent pas non plus ni à 0° ni à 100°. Il en est de même de l'acide sulfurique concentré. L'acide phosphorique n'agit pas à la température ordinaire, mais si on le concentre dans un creuset en quartz, une réaction se produit vers 400° et détermine une corrosion énergique avec formation d'un silico-phosphate blanc. Les lessives alcalines entraînent naturellement la dissolution de l'acide silicique ; la réaction, déjà sensible à la température ordinaire, s'accentue au fur et à mesure que celle-ci augmente.

D'après ce qui précède, on voit que la principale application du quartz fondu dans l'industrie chimique doit concerner le traitement des acides minéraux. On en fait des tuyaux, des distributeurs, des capsules, des cornues, des serpentins (fig. 1 et 2). Certaines opérations électrolytiques emploient également des vases en silice fondue.

3° *Point de fusion élevé.* — La silice pure fond entre 1 750° et 1 800° ; elle est déjà pâteuse vers 1 500°. Sa tension de volatilisation croît très rapidement avec la température (1) à partir de 1 800°.

Ce point de fusion élevé permet d'employer le quartz pour la fabrication des creusets et des tubes destinés à fondre des produits réfractaires, notamment les métaux. Cependant, les vases en silice ne peuvent être employés d'une façon continue au-dessus de 1 000°, car à cette température la silice se dévitrifie lentement et passe à l'état cristallin.

ETALONS DE LONGUEUR EN QUARTZ. — Grâce à son très faible coefficient de dilatation, le quartz se prête d'une façon parfaite à la construction d'étalons de longueur permanents. Jusqu'à ces dernières années, on a surtout utilisé dans ce but le platine iridié, d'un prix beaucoup plus élevé, et dont le coefficient de dilatation, égal à 9×10^6 par degré, est environ vingt fois supérieur à celui du quartz. Le métal *invar* de M. E. Guillaume (acier au nickel à 30 % de nickel) a bien un coefficient de dilatation plus faible que le quartz, mais il ne

(1) Cela explique pourquoi il est difficile de réduire la silice *pure* sans subir des pertes considérables, dues aussi bien à la volatilisation de la silice elle-même qu'à celle du silicium mis en liberté et presque aussi volatil que son oxyde. L'emploi de fondants abaisse le point de fusion du bain et diminue en même temps sa tension de vapeur.

Digitized by Google

peut convenir pour l'établissement des étalons primaires par suite de sa forte hystérésis magnétique. Le quartz fondu ne possède pas ce défaut.

THERMOMÈTRES. — Les premiers thermomètres en quartz sont dus à Dufour et A. Gautier (1874). Ils sont devenus aujourd'hui d'un emploi courant dans les laboratoires où ils tendent à se substituer de plus en plus aux thermomètres de verre. Ils présentent en effet sur ces derniers trois avantages importants : 1° ils peuvent mesurer tous les degrés jusqu'à la température de 750° C, c'est-à-dire de 200° supérieure à celle que peuvent atteindre pratiquement les thermomètres en verre ; 2° ils sont à l'abri du déplacement du point zéro, même par l'action prolongée d'une température élevée, grâce au faible coefficient de dilatation du quartz ; 3° ils ne présentent pas l'inconvénient d'une rupture possible due à la présence, entre le tube et la monture, d'eau de condensation ou d'autres dépôts.

La grande durée des thermomètres en quartz et l'immobilité du point zéro peuvent se démontrer par l'essai suivant :

On étudie comparativement, à ce double point de vue, des instruments en verres courants et en verre de quartz en les portant graduellement et sans recuit préalable à une température élevée. On note l'élévation du point zéro d'heure en heure ou de trois heures en trois heures et on arrête l'expérience, soit lorsqu'il y a danger de rupture, soit lorsque la température atteinte est la température maximum que peut mesurer pratiquement l'instrument. Un essai ainsi effectué a conduit aux résultats suivants :

Élévation du point 0 après :	Verre de Thuringe. +360°C	Verre d'Iéna normal. +420°C	Verre d'Iéna borosilicaté. +410°C	Verre d'Iéna à combustions. +570°C	Verre de quartz. +750°C
19 heures de chauffe	2,7	1,5	0,7	0,5	0
39 »	7,1	5,4	0,7	11	0
50 »	9,7	7,9	3	14	0
67 »	14	11,5	5,2	16	0
79 »	14,5	11,9	5,2	17	0
93 »	15,2	14	6	19	0

Ainsi, jusqu'à 750° C, les thermomètres en verre de quartz ne souffrent pas d'une surchauffe, alors que l'élévation du point zéro de tous les thermomètres en verre n'est pas encore arrêtée après un échauffement de 93 heures. Pour cette durée de chauffe et aux températures des essais, les thermomètres en verre s'élèvent de 20° C environ. Si on les chauffait pendant un temps deux fois plus long, l'élévation du point zéro atteindrait certainement 40°. Au bout de 20 à 40 heures de chauffage à la température maximum, ils ne présentent donc plus les garanties d'exactitude nécessitées dans la plupart des industries. Au contraire, les thermomètres en quartz, non seulement assurent une très longue durée de service, mais peuvent aussi mesurer directement, avec une grande exactitude, des températures voisines de 800°, le point de ramollissement du quartz se trouvant encore à 500° C environ au-dessus de cette température.

INSTRUMENTS D'OPTIQUE. — Au point de vue de ses applications à l'optique, le quartz présente sur les plus beaux verres (flint-glass, crown-glass) l'avantage de n'absorber que très faiblement l'humidité de l'air et ainsi de ne pas se recouvrir de buée ; il est en effet très peu hygroscopique.

Pendant longtemps, on a exploité au Brésil, dans la Sierra-dos-Cristaes (Montagne des cristaux), province de Goyaz, d'importants gisements de quartz hyalin spécialement destiné à cet usage ; exportés en Europe, ils étaient travaillés dans plusieurs manufactures pour la fabrication des lentilles des instruments d'optique et des verres de lunettes.

Le quartz présente cependant, pour cette application, un inconvénient sérieux : il est biréfringent. De sorte que, malgré toutes les précautions prises pour diminuer cette propriété, en réduisant par exemple l'ouverture des objectifs, les avantages que laisse le quartz quant à sa perméabilité pour les rayons chimiques sont en partie annulés par la diminution de lumière.

On a cependant réalisé des objectifs symétriques à quatre et six lentilles dans lesquels entre le quartz. Ils ne peuvent avoir que de très faibles ouvertures utiles, mais donnent l'instantané à l'ombre par les temps clairs. La rapidité de ces anastigmats provient de la perméabilité du quartz pour les rayons chimiques et aussi de la faible épaisseur des lentilles employées, ce qui évite les pertes de lumière par absorption. En outre, par suite de sa dureté, très supérieure à celle des meilleurs verres, il ne manifeste jamais la présence de rayures, même après de nombreux frottements en vue de nettoyer sa surface. Enfin, les beaux échantillons de quartz sont d'une pureté et d'une transparence parfaites, de sorte que les objectifs fabriqués avec cette matière n'ont ni bulles, ni stries, ni autres défauts dans l'intérieur des lentilles.

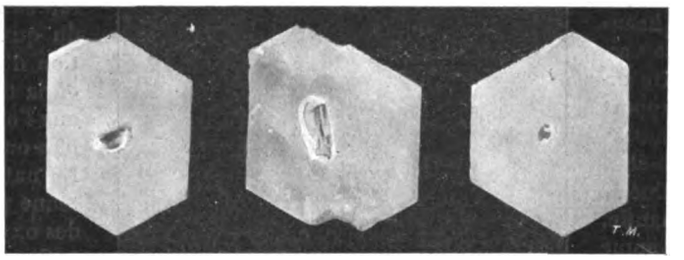


FIG. 3. — Sections opérées dans un cristal de quartz en vue de la fabrication des lentilles d'instruments optiques.

On a constaté pratiquement que les clichés obtenus avec les objectifs photographiques en quartz ne présentent aucune trace de double réfraction. Le prix encore assez élevé de ces objectifs, dû à la difficulté et aux soins particuliers de leur fabrication, est le principal inconvénient dans la généralisation de leur emploi. On les obtient en débitant les cristaux de quartz en plaques parallèles à l'aide d'un fil d'acier et de boue d'émeri ou de carborandum (fig. 3). On leur donne ensuite la forme convenable et on les polit au diamant (boue d'égrisée).

Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler à ce sujet qu'en 1824, Pritchard avait tenté d'utiliser le diamant pour la fabrication des lentilles de microscopes. Malgré son prix élevé, ce corps présente en effet sur le verre les trois avantages suivants : une parfaite transparence, une grande réfringence, qui réduit au minimum l'aberration de sphéricité, et une grande dureté. Pritchard réussit, après de nombreux insuccès, à obtenir des lentilles biconvexes très régulières. Mais ces lentilles offrent l'inconvénient d'une biréfringence dissymétrique qui multiplie les images. La difficulté du travail et le prix élevé de la matière première ont été cause, en outre, que ces essais n'ont pas eu de suite et que cette fabrication a dû être abandonnée.

INDUSTRIE ÉLECTRIQUE. — LAMPES EN QUARTZ FONDU. — La propriété que possède le quartz de se laisser très facilement traverser par les rayons chimiques du spectre le rend apte à la fabrication de lampes spéciales permettant d'utiliser pratiquement ces rayons. On sait en effet que les rayons ultra-violets possèdent des propriétés actiniques, chimiques et microbicides spéciales. Comme d'autre part le point de fusion du quartz est très élevé, il est possible, dans ces lampes, d'atteindre des températures voisines de 400°, ce qui augmente leur rendement dans une grande proportion. On les utilise actuellement sous forme de tubes plus ou moins recourbés contenant de la vapeur de mercure. Comme les rayons ultra-violets sont nuisibles pour la vue, on doit avoir soin, pendant leur emploi, de se garantir les yeux au moyen de lunettes à verres épais, cette substance ne se laissant pas traverser par les rayons ultra-violets.

Digitized by Google

Les lampes en quartz à vapeur de mercure ont actuellement d'importantes applications ; on les utilise pour la photographie industrielle, les travaux microchimiques, le traitement des maladies de la peau, la stérilisation de l'eau et du lait. Les plus connues actuellement sont celles de la Compagnie Westinghouse, de la Société « l'Ultra-Violet », de Billon-Daguerre, etc.

Isolants. — Le quartz est un diélectrique parfait. Non seulement il possède une grande résistivité en s'opposant au passage du courant beaucoup mieux que le verre, mais, en vertu de ses propriétés anti-hygroscopiques, il s'oppose également à des passages de courants de surface et à la formation d'arcs entre deux pôles différents situés sur une même face (résistance superficielle). Sa résistance à la perforation (résistance diélectrique) est également très grande, car elle dépasse 25 000 volts par millimètre d'épaisseur, c'est-à-dire qu'il faut une tension atteignant ce chiffre pour perforer une plaque de quartz de 1 millimètre d'épaisseur.

D'une façon générale, on constate que la résistance du quartz cristallisé est beaucoup plus faible dans le sens de l'axe vertical que perpendiculairement à cette direction. Cette particularité est en rapport avec la symétrie cristalline et les autres phénomènes (piézo-électricité, thermo-électricité) auxquels donne lieu ce minéral lorsqu'on le comprime ou qu'on le chauffe.

Les principaux emplois du quartz comme isolant concernent surtout la fabrication des baguettes servant de tiges ou de supports d'appareils de mesure.

On l'utilise également sous forme de plaques et de tubes destinés à isoler les fils de polarités différentes plongeant dans un même liquide (opérations électrolytiques). On en fait aussi des fils très fins (1/1000e de millimètre de diamètre) employés dans les appareils de mesure (galvanomètres) et des tubes destinés à isoler et à protéger les fils métalliques des pyromètres électrothermiques.

Fig. 4. — Four électrique système Billon-Daguerre pour la préparation industrielle du quartz fondu transparent.

La grande difficulté de pouvoir souder un corps conducteur (cuivre, argent, platine) au quartz a été pendant longtemps le principal obstacle à l'emploi des tubes, tiges et fils faits de cette substance ; il en a été de même de la fabrication des lampes à vapeur de mercure où les électrodes doivent traverser la paroi de part en part tout en évitant l'accès de l'air dans ces lampes. Cette difficulté tient à ce que tous les métaux ont un coefficient de dilatation très supérieur à celui du quartz, bien que fondant à une température moins élevée.

M. Berlemont est cependant arrivé à des résultats satisfaisants par l'emploi d'un alliage de platine et d'iridium fondu sous deux états différents dans le quartz. Par un tour de main spécial, on obtient ainsi des soudures étanches, qui résistent à des variations de température assez brusques et permettent de construire en quartz tous les tubes nécessitant des électrodes soudées.

Dans le procédé Billon-Daguerre, la surface du quartz à souder est enduite à froid d'une solution de chlorure de platine dans de l'essence de lavande, puis chauffée. A la température de fusion du quartz, le chlorure de platine est réduit, et le platine libéré constitue une pellicule métallique très adhérente au quartz, susceptible d'être épaissie par dépôt galvanoplastique, et à laquelle il est facile de faire adhérer d'autres corps par soudure ordinaire.

Les rubans isolants en quartz sont argentés à leurs deux extrémités par la méthode galvanique. La couche d'argent peut elle-même être recouverte de cuivre, ce qui permet de souder celui-ci à un autre métal par les procédés habituels. On enlève ensuite l'excès d'argent et de cuivre au moyen d'acide nitrique si cela est nécessaire.

Les fils de quartz utilisés dans les électromètres demandent aussi à être rendus conducteurs, afin d'éviter de charger par contact l'aiguille qu'ils supportent. M. Bestelmeyer emploie dans ce but des fils de quartz platinés au moyen de la désintégration cathodique. Le fil de quartz nu est placé dans un tube à vide parallèlement à un fil de platine servant de cathode. L'anode est constituée par un fil d'aluminium qui supporte le fil de quartz. Avec un courant de 1 à 3 milliampères sur 1 300 volts et un vide de 0mm,1 de mercure, le quartz se recouvre de platine et devient nettement conducteur au bout de 10 minutes. Cette conductibilité semble permanente et l'élasticité du fil n'est nullement diminuée par ce dépôt métallique dont l'épaisseur peut du reste être très faible.

Autres applications. — Aux applications qui viennent d'être décrites et qui représentent la véritable industrie actuelle du quartz fondu, il faut ajouter la fabrication d'une foule d'objets d'ornementation où la transparence n'est pas nécessaire, et que l'on obtient par la fusion des variétés plus ou moins colorées de quartz et d'agates. La nature colloïdale de la masse ainsi obtenue permet sa coloration artificielle par des oxydes.

Ces pierres artificielles sont évidemment susceptibles d'applications artistiques nombreuses. Etant faciles à obtenir par moulage, elles ne nécessitent qu'un travail à la meule très sommaire, simplement pour donner à leur surface le poli et le brillant des pierres naturelles taillées.

Production du quartz fondu. — Nous n'examinerons que sommairement la question de la production du quartz fondu, M. Granger, Professeur à l'Ecole d'Application de la Manufacture Nationale de Sèvres, devant la développer prochainement ici.

Il existe actuellement deux variétés principales de quartz fondu : l'une transparente et homogène, d'un prix assez élevé, l'autre seulement translucide, beaucoup plus courante et de fabrication plus facile.

La difficulté de préparation des objets en quartz fondu tient, non seulement à la haute température de fusion de la silice, mais aussi à l'affinité de ce corps pour la matière constituant les récipients destinés à le contenir à l'état liquide.

Au début, on utilisait des vases en iridium, métal inattaquable par la silice liquide ; la fusion était réalisée à l'aide du chalumeau oxhydrique. Dans ces dernière années, on a substitué à ce dernier le four électrique, et à l'iridium, beaucoup trop coûteux, on a substitué le charbon. Récemment, on a même remplacé ce dernier par de la terre de zircone grillée, dont le point de fusion est de 100° environ plus élevé que celui du quartz et sans action sur lui. Le revêtement intérieur du four est lui-même composé de silice, et comme celle-ci ne nécessite pas une fluidité complète, mais seulement l'état pâteux, pour pouvoir être travaillée par soufflage ou étirage, la durée des récipients de fusion peut être très longue et le produit obtenu exempt d'impuretés.

Pour les objets courants de laboratoire, qui ne nécessitent pas une matière transparente, on n'emploie pas le quartz hyalin (cristal de roche), mais du sable siliceux aussi pur que possible. Aux fours électriques à arc qui ne se prêtent pas suffisamment au ré-

Digitized by Google

glage de la température (1), on a substitué les fours à résistance en charbon avec revêtement intérieur siliceux.

Dans ces conditions, on obtient après refroidissement une masse transiucide, à reflets soyeux semblables à ceux de la nacre et dus à de nombreuses bulles d'air étirées en canaux. L'air ainsi emprisonné provient lui-même des multiples espaces situés entre les grains de sable au moment de la fusion. Ces bulles d'air n'ont du reste aucun inconvénient dans la pratique.

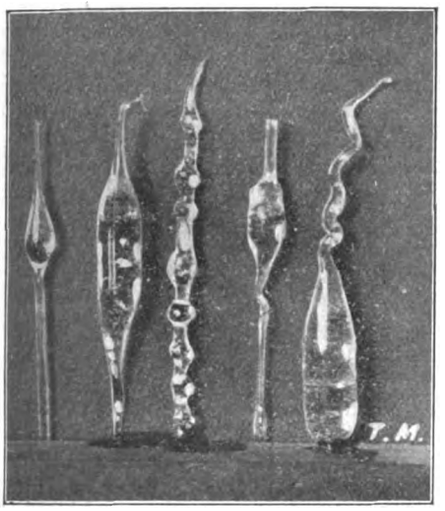


Fig. 5. — Cristaux de quartz déformés par la fusion en vue de la fabrication d'objets de formes variées (procédé Billon-Daguerre).

Récemment, on a imaginé un procédé de fusion et de moulage qui permet d'obtenir en quartz des récipients ayant des formes et des dimensions quelconques. A cet effet, l'intérieur du four a le profil de l'objet à fabriquer. Une lame de charbon qui le traverse suivant l'axe peut être chauffée au rouge blanc par le passage du courant ; elle est percée de trous par lesquels on peut souffler de l'air.

L'appareil étant rempli de sable siliceux, on chauffe au blanc la plaque, de façon que sa surface se recouvre d'une certaine épaisseur de silice fondue. L'excès de sable non fondu est évacué par une ouverture ménagée à la base du four. On donne alors un coup de feu pour échauffer davantage la matière fondue, et, en même temps et brusquement, on envoie un fort courant d'air dans la plaque creuse de charbon : la couche de silice extérieure s'en détache et, distendue, vient se coller contre la paroi intérieure du four en se moulant d'après ses contours. Certaines usines possèdent des appareils de ce genre qui, en une seule opération, peuvent fondre et mouler des récipients en quartz pesant jusqu'à 30 kilogrammes.

Fig. 6. — Cristal de roche massif.

La fabrication des objets en quartz transparent est beaucoup plus délicate, car elle nécessite l'emploi de cristal de roche parfaitement limpide, exempt d'inclusions gazeuses ou solides. De plus, les dimensions des fragments de cristal de roche même une fois étonnés, sont toujours supérieures à celles des grains de sable siliceux en vue d'éviter les occlusions de bulles d'air pendant la fusion ; par suite, il est nécessaire d'augmenter la température du four et de prolonger la durée de l'opération.

M. Billon-Daguerre a pu cependant supprimer ces difficultés par l'emploi d'un four électrique à trois électrodes triphasées qui permet d'atteindre facilement 1 800° (fig. 4). La fusion définitive du quartz et de son étirage sont ensuite réalisés au chalumeau oxhydrique, de sorte que l'opération s'effectue en réalité en deux temps : une fusion préparatoire électrothermique et une fusion définitive à la flamme oxhydrique: Aucun fondant n'intervient dans l'opération, de sorte que les propriétés du produit fondu sont les mêmes que celle du quartz hyalin naturel (densité : 2,2).

Fig. 7. — Quartz hyalin.

Pour cela, on prend du quartz bien pur (quartz hyalin de Madagascar), on le concasse et on le place dans un creuset de charbon. Celui-ci est introduit ensuite dans un four électrique utilisant un courant de 10 ampères sous 60 ou 70 volts. Les trois arcs sont équilibrés par des grains de charbon de cornue disposés entre les pôles. La température doit être portée lentement jusqu'au delà de 1 800° C. A ce moment, un ouvrier saisit avec des pinces le quartz suffisamment ramolli et l'étire en baguettes de longueur et de grosseur variables (fig. 5). Avec les baguettes, on confectionne des tubes, des creusets, des capsules, tous objets pouvant, comme nous l'avons dit, remplacer le platine d'un prix si élevé aujourd'hui. On en fabrique également des lampes à stérilisation, des becs de chalumeaux et des brûleurs à gaz.

Beaucoup d'autres procédés, brevetés ou non, ajoutent au quartz des fondants en vue de diminuer le point de fusion du bain et de pouvoir ensuite le travailler plus facilement. Dans le procédé Wolf-Burckhard et Borchers, on additionne le quartz de 1 à 5 % d'acide titanique ou de zircone. Le point d'ébullition de la silice se trouve ainsi élevé et les pertes par volatilisation très diminuées. Le bain obtenu est très clair et peut être facilement travaillé ; il permet d'obtenir des verres de quartz doués d'une grande résistance chimique et thermique.

Origine du quartz. — Les plus beaux cristaux de quarzt hyalin (fig. 6 et 7) proviennent de Madagascar, du Brésil et du Tyrol. A Madagascar, il n'est pas rare de trouver des échantillons parfaitement limpides, aussi transparents que du verre, et pesant plus de 10 kilogrammes. Au Brésil, presque tout le quartz hyalin exporté provient des Etats de Goyaz et de Minas-Geraes ; on le trouve dans des filons intercalés au milieu des gneiss. L'exploitation est des plus faciles, car on n'a qu'à recueillir les cristaux sur place, après les fortes pluies qui entraînent les matières argileuses et le sable avec lesquels ils se trouvent mélangés. Le transport se fait à dos de mulets jusqu'à Araguay et de là par chemin de fer jusqu'aux ports de Santos et Rio-de-Janeiro, qui se partagent l'exportation. Celle-ci est, annuellement, de 25 à 30 tonnes, dont 14 pour la France, 10 pour l'Angleterre et 6 à 8 pour l'Allemagne. Le prix des cristaux varie entre 1 fr 50 et 3 francs le kilogramme suivant leur qualité et leurs dimensions.

Jean Escard.

(1) La difficulté du réglage de la température entraîne souvent la volatilisation d'une partie de la silice, d'où un mauvais rendement et, en outre, formation de siliciure de carbone aux dépens du charbon des électrodes et des vapeurs de silice.

Digitized by Google

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LES ACTIONS DE TRAVAIL

Une formule de date récente, qui a obtenu un succès marqué tant parmi les sociologues qu'auprès des pouvoirs publics, en vue de réaliser l'accession des travailleurs à la propriété et d'améliorer de la sorte les relations entre employeurs et employés, est celle des « actions de travail ». Elle a revêtu une expression officielle par un projet gouvernemental de 1913 : elle mérite donc une étude détaillée.

Pour que cette étude soit claire et complète, il importe de résumer la genèse de l'idée : l'examen des précédents est d'autant plus nécessaire que la brièveté de l'exposé des motifs du projet de loi gouvernemental suppose à l'évidence la connaissance préalable des documents antérieurs.

I. — Proposition du Comité de la Démocratie sociale

L'expression « action de travail » semble avoir été présentée pour la première fois par M. Fernand Rome, substitut du procureur général près la Cour d'appel de Paris, dans une brochure intitulée « Le contrat collectif et les syndicats professionnels ».

Un Comité, désigné sous le nom de « Comité de la Démocratie sociale », avait été fondé en 1905 par des personnalités républicaines en vue de préparer des réformes sociales sous la forme de propositions de loi qui devaient être soumises au Parlement. Les événements politiques ne permirent pas de donner une suite parlementaire aux travaux du Comité, et c'est seulement en 1909 (1) que MM. Léon Parsons, secrétaire du Comité, et Etienne Antonelli, ancien chargé de cours à la Faculté de droit de Montpellier, publièrent une étude dont ils avaient été chargés à la suite d'un discours de M. Briand : celui-ci avait, en effet, au cours de l'année 1906, exposé devant le Comité un projet de « participation des ouvriers à la production dans la grande industrie anonyme et à l'administration de l'usine ». L'occasion de cette publication était fournie par le discours que M. Briand, garde des Sceaux, venait, en avril 1909, de prononcer au Neubourg, en Normandie, peu après la grève du personnel des postes et dans lequel il avait déclaré que c'est « par la possession des choses, par leur administration, par la gestion des grands intérêts que les ouvriers seront préservés des accès de fièvre ».

La proposition de MM. Parsons et Antonelli visait l'introduction dans la législation d'une nouvelle forme de société anonyme qu'ils dénommaient *Société à participation ouvrière*, à laquelle se seraient appliquées toutes les règles des sociétés de ce genre sous les réserves suivantes :

« 1° L'apport-capital et l'apport-travail, agents de toute production économique », y donnaient naissance « à deux sortes d'actions, actions de capital et actions de travail, créant à leurs possesseurs des droits identiques pendant toute la durée de la société. Toutefois, lors de la dissolution, l'actif social » n'était « réparti entre tous les actionnaires qu'après l'amortissement intégral des actions de capital. »

2° Le nombre des actions de travail était déterminé par les statuts. Les actions étaient la propriété collective de tous les salariés actifs de la société, qui y travaillaient depuis un certain temps et à titre permanent. Tant que la société fonctionnait, chaque travailleur, considéré isolément, n'avait aucun droit à la propriété des actions de travail. La part des bénéfices annuels ou, en cas de dissolution, de l'actif social qui revenait aux actions de travail, était répartie entre tous les salariés proportionnellement à leur salaire annuel.

3° Les représentants élus de la collectivité ouvrière disposaient, dans l'assemblée générale des actionnaires, d'un nombre de voix proportionnel au salaire de chacun d'eux, le salaire le plus bas servant d'unité.

4° Le Conseil d'administration devait comprendre, pour un quart au moins, des représentants de la collectivité ouvrière propriétaire des actions de travail. Ces représentants pouvaient être choisis en dehors du personnel de l'entreprise parmi les membres des syndicats ouvriers représentés dans ce personnel.

5° Toute société en formation et qui désirait prendre la qualité de Société à participation ouvrière, avec les avantages légaux et fiscaux y attachés, ne pouvait émettre aucune sorte de titres avant que ses statuts n'eussent été approuvés par le président du tribunal civil du siège social, après avis des syndicats ouvriers intéressés dans les entreprises similaires.

Les auteurs de la proposition y voyaient (2) une « réforme progressive » qui pouvait être « acceptée et par la classe ouvrière et par la classe capitaliste » en raison des avantages que l'une et l'autre devaient y trouver :

I. Pour les capitalistes (3) :

1° Augmentation de productivité : *a*) grâce au contrôle que les ouvriers exerceraient, pour le plus grand profit des actionnaires non ouvriers, sur la gestion des administrateurs qui, d'ordinaire, échappe à ces actionnaires ; *b*) grâce à la réduction des frais généraux dont les ouvriers pourraient obtenir la réalisation ; *c*) grâce à l'accroissement de la productivité de chaque ouvrier par suite de son intérêt, en qualité d'actionnaire, au succès de l'entreprise et par suite de l'augmentation corrélative de son activité ; *d*) grâce à la diminution des occasions de conflits par suite de la conscience, pour l'ouvrier, de la perte que tout propriétaire d'action subit, avec l'entreprise elle-même, en cas de grève ;

2° Atténuation du risque, par suite de la garantie contre les fraudes et les escroqueries qui serait donnée aux capitalistes grâce à la forme de la société nouvelle.

II. Pour les ouvriers (4) :

1° Avantages directs et immédiats : *a*) grâce à l'amélioration de la situation matérielle par suite de l'addition du profit de l'actionnaire au salaire normal ; *b*) grâce à l'amélioration de sa situation morale en raison de la participation à la gestion qui lui fait sentir son rôle intellectuel dans le fonctionnement de l'entreprise.

2° Avantages indirects et futurs, grâce à l'éducation économique progressive du prolétariat par la collaboration avec les actionnaires non ouvriers.

Les auteurs ne prétendaient, du reste, nullement que cette réforme serait une panacée (4), mais ils soutenaient que, dans toutes les cas où son application serait possible, elle réaliserait « un progrès économique et social considérable ». Ils prévoyaient d'ailleurs d'autres objections fondées par exemple : 1° sur l'antinomie de cette forme de société avec les principes économiques de la production moderne — qui implique la notion de profit — et avec les principes juridiques qui régissent les sociétés anonymes ; 2° sur l'inutilité de cette réforme par suite de l'existence d'autres

(1) Voir *La Revue* 15 mai 1909, p. 212.

(1) Voir *La Revue*, 15 mai 1909, p. 218.
(2) Voir *La Revue*, 15 mai 1909, p. 219.
(3) Voir *La Revue*, 15 mai 1909, p. 221.
(4) Voir *La Revue*, 15 mai 1909, p. 224.

Digitized by Google

formes de production, notamment la participatiou aux bénéfices et les Sociétés de travail, qui répondent au même objet. Toutefois, sans discuter ces objections, ils les déclaraient insuffisantes pour entraîner la condamnation de leur proposition.

Cette suggestion fut examinée par le Conseil d'administration de la Société pour l'étude pratique de la participation du personnel dans les bénéfices, au cours de sa séance du 8 juin 1909 (1). Le Conseil, sans méconnaître « que l'éducation progressive économique de l'ouvrier est un but élevé qu'il est sage de poursuivre », estimait qu'« étant donné l'état actuel de cette éducation, il apparaît que l'immixtion de l'ouvrier dans la gestion des affaires serait tout au moins prématurée et grosse de difficultés », et il jugeait « plus périlleuse encore l'intrusion dans d'aussi délicates opérations d'un élément extérieur absolument étranger, l'élément syndical ouvrier, dont MM. Parsons et Antonelli dénoncent eux-mêmes les violences. »

D'autre part, le journal le *Temps*, dans son n° du 21 mai 1909, formulait les objections suivantes : 1° comment l'apport-travail serait-il calculé ? Si les statuts étaient seuls chargés de régler la question, ils devraient être constamment modifiés avec l'effectif du personnel, l'importance des salaires, les proportions et le rôle respectifs du capital et de la main-d'œuvre ; 2° les actionnaires ouvriers n'avaient point des droits identiques à ceux des actionnaires non ouvriers, ainsi que l'annonçait la proposition, puisqu'ils n'étaient propriétaires d'aucune action à titre individuel sauf en cas de dissolution de la société : leur propriété n'était donc que nominale ; 3° il était regrettable que la répartition des avantages prévus fût réglée proportionnellement aux salaires et sans tenir compte de la durée des services, de l'âge des employés, du nombre des enfants et peut-être même de la modicité de certains salaires ; 4° l'admission de membres des syndicats ouvriers comme représentants des actionnaires ouvriers dans le Conseil d'administration attribuait une influence sur la marche de l'entreprise à des individus qui n'avaient aucun intérêt direct dans celle-ci et, en tous cas, aucune responsabilité ; 5° la nécessité de l'avis préalable des syndicats ouvriers pour la création du régime risquait de compromettre, sinon la formation, du moins la prospérité de ces nouvelles sociétés si elles n'étaient certaines de l'acquiescement ou du moins de la tolérance des syndicats ouvriers. Toutefois, l'auteur de l'article ne repoussait point l'étude du système à raison de son caractère facultatif.

II. — Proposition de M. Étienne Antonelli

Dans un ouvrage paru en 1912 (2), M. Etienne Antonelli, reprenant la question, appelait l'attention sur l'analogie entre les apports que les ouvriers font à la Société anonyme en promettant leurs services, et les apports que certains actionnaires non ouvriers effectuent en nature, en industrie (par la promesse de services) ou en qualité de fondateurs ; il justifiait de la sorte la création d'actions spéciales au profit des ouvriers comme au profit de ces divers capitalistes : la société à participation ouvrière, loin d'être « une entité juridique nouvelle », n'était donc « qu'une modalité de la société anonyme ordinaire » dont il suffisait de compléter les statuts sans aucune modification de la législation en vigueur.

Dans le système de M. Antonelli, les actions de travail étaient possédées par une société à personnel variable, « véritable coopérative de main-d'œuvre », qui devait être constituée entre les ouvriers de l'entreprise. Cette société était investie des droits d'un actionnaire ordinaire sous la double réserve de l'incessibilité des actions et de l'égalité de durée de la société ouvrière et de la société anonyme ; l'incessibilité était demandée pour éviter la fraude qui aurait consisté, de la part des ouvriers, à créer une société ouvrière pour devenir propriétaires des actions, puis à la dissoudre immédiatement pour se partager le prix des actions vendues à des tiers.

Les relations de l'ouvrier avec la société anonyme demeuraient celles d'un employé vis-à-vis d'un employeur ; avec la société ouvrière, elles étaient déterminées par les ouvriers eux-mêmes dans l'acte constitutif de celle-ci. De plus, pour tenir compte d'une objection formulée, M. Antonelli ne limitait pas au système de la proportionnalité aux salaires le mode de répartition des actions de travail en cas de dissolution : il laissait à la société ouvrière toute liberté dans la détermination du mode de répartition non seulement du capital, mais encore du revenu annuel, afin de pouvoir tenir compte de la durée des services de chaque ouvrier ou affecter les dividendes en totalité ou en partie à des Caisses de prévoyance ou de syndicats. Enfin, il insistait sur l'absence de contrainte quant à l'application de la réforme eu égard à la diversité des entreprises.

III. Proposition de loi de M. Justin Godart

Dans une proposition de loi du 17 mai 1909, puis du 23 mai 1912, M. Justin Godart a saisi la Chambre des députés d'une conception nouvelle.

Aux termes de cette proposition, sous sa forme la plus récente (1), l'auteur demande d'instituer la participation aux bénéfices obligatoire par la création d'actions de jouissance du travail. A cet effet, il propose d'ajouter un titre VI à la loi du 24 juillet 1867 sur les sociétés ; toute société par actions serait obligée d'opérer chaque année, sur ses bénéfices nets, un prélèvement d'un dixième au moins, dont moitié serait affectée à la constitution d'un fonds de réserve et moitié à l'amortissement des actions (art. 72) ; l'amortissement de chaque action donnerait lieu à la création de deux actions de jouissance : l'une, dite action de jouissance du capital, serait remise au porteur de l'action amortie ; l'autre, dite action de jouissance du travail, serait « la propriété du travail ». Comme, d'ailleurs, les ouvriers actuels ne sont pas ceux de l'origine, les actions de jouissance du travail seraient remises à un organisme qui représenterait leurs intérêts collectifs et qui serait une Caisse nationale de crédit au travail (art. 74) : grâce à celle-ci, — qui a fait, de la part de M. Godart, l'objet d'une proposition distincte à la 2e séance de la Chambre des députés du 11 juin 1912 (2) —, les revenus des actions de jouissance et les sommes provenant de la liquidation des sociétés seraient, chaque année, restituées intégralement à la production, soit en prêts aux sociétés coopératives de production ou aux artisans qui veulent transformer l'outillage de leur atelier de famille, soit en subventions à l'enseignement professionnel ; de plus, les porteurs des actions de jouissance du travail seraient représentés aux assemblées générales comme ceux des actions de jouissance du capital : les salariés de la société éliraient à cet effet des délégués dont le nombre dépendrait de celui des actions de jouissance ; de la sorte, ils seraient associés à la gestion et discuteraient avec « le capital d'égal à égal » (3) ; enfin, pour éviter que les sociétés ne tournent la loi en se constituant à l'étranger, toute société étrangère ayant en France des établissements et des salariés serait frappée d'une taxe par ouvrier au profit de la Caisse de crédit si elle ne pratiquait pas l'amortissement dans les conditions légales.

La compétence sociale de l'auteur de cette proposition, fondateur de l'Office social de Lyon avec M. Pic, l'éminent professeur

(1) *Bulletin de la Participation aux bénéfices*, 1909, p. 100.

(2) *Les Actions de travail dans les Sociétés anonymes à participation ouvrière.*

(1) Doc. parl. n° 1913 de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912.

(2) Doc. parl. n° 1984 de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912.

(3) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912.

Digitized by Google

de la Faculté de droit de cette ville, appelle une étude détaillée du système :

1° Tout d'abord, l'exposé des motifs omet la dictinction nécessaire entre le capitaliste et le chef d'entreprise, puisqu'il vise « les profits du capital » ;

2° De plus, il exige comme un dû, pour l'ouvrier, une part du profit « en établissant une stricte opération de comptabilité » : d'après lui, l'ouvrier doit recevoir « plus que le salaire » (1). Il convient de répondre que, si l'actionnaire reçoit plus que l'intérêt du capital, c'est qu'il est chef d'entreprise en même temps que capitaliste : or, tel n'est point le cas de l'ouvrier ;

3° Cela posé, l'auteur de la proposition rappelle que, dans une société, une partie des bénéfices est d'ordinaire employée à rembourser le capital au capitaliste prêteur et cela par le remboursement ou amortissement d'actions ; il estime que le travail a droit, comme le capital, à une répartition des bénéfices qui ont permis d'amortir les actions (2) ; or, le capitaliste qui a été remboursé de son prêt par l'amortissement de son action reçoit une action de jouissance, grâce à laquelle il peut recueillir une part de l'actif social lors de la dissolution de la société (3) : cette faveur est la rémunération du sacrifice qu'il s'est imposé en renonçant aux bénéfices qui ont pourvu à l'amortissement (4). Si donc l'actionnaire fonde son droit à l'action de jouissance sur l'existence de bénéfices, l'ouvrier, d'après M. Godart, a le même droit à une action de cette nature puisqu'il a également contribué à la formation de ces bénéfices, et c'est ainsi que M. Godart réfute l'objection du capitaliste qui observerait qu'en l'absence d'amortissement, c'est-à-dire en cas de distribution intégrale des bénéfices, la question ne se poserait pas (5). Au reste, selon M. Godart, il suffit d'exiger l'amortissement des actions, mesure de prudence que prennent les sociétés sagement gérées (6).

M. Godart ajoute que, lorsque les actions sont remboursées, le capital et le travail se trouvent l'un et l'autre en face de leur œuvre commune, que par suite ils doivent être traités de même, et que dès lors le second, comme le premier, doit recevoir des actions de jouissance (7).

Selon moi, M. Godart commet une double erreur :

a) Il oublie que l'actionnaire a été à la fois capitaliste et chef d'entreprise : ce n'est pas comme capitaliste qu'il a droit à une action de jouissance ; c'est comme chef d'entreprise ayant affecté une partie de son profit annuel à rembourser le capitaliste prêteur : vis-à-vis du chef d'entreprise, le capitaliste et l'ouvrier sont dans la même situation ; par contre, l'ouvrier ne saurait être traité comme le chef d'entreprise. En un mot, bien que confondues dans la personne de l'actionnaire, les deux qualités de capitaliste et de chef d'entreprise doivent être distinguées : l'ouvrier doit être traité comme l'actionnaire en tant que capitaliste, mais non comme l'actionnaire en tant que chef d'entreprise.

b) Il oublie que les risques appellent une rémunération au profit de celui qui les a volontairement assumés ; le chef d'entreprise a couru des risques ; il a droit à un avantage corrélatif. Tel n'est point l'avis de M. Godart : « Du moment qu'il ne les a point subis, il est, dit ce dernier, mal venu à s'en prévaloir (1). » — Je répondrai que le chef d'entreprise a joué vis-à-vis de l'ouvrier le rôle d'un assureur qui s'est chargé de tous les risques de la production ; or, si la thèse de M. Godart était exacte, une compagnie d'assurances devrait restituer les primes à l'expiration du contrat si aucun sinistre n'était survenu au cours de l'application de ce contrat. Quelle serait pour l'assuré la conséquence d'un tel régime ? Une augmentation de la prime, puisque l'assureur devrait envisager non seulement l'éventualité du sinistre, mais encore celle du remboursement des primes perçues en l'absence de sinistre. L'application du système de M. Godart aboutirait de même à une réduction du salaire ; cette réduction serait d'autant plus grave pour l'ouvrier qu'elle serait immédiate et certaine, tandis que l'avantage inhérent à l'action de jouissance serait subordonné à la dissolution de la société, c'est-à-dire éloigné et incertain ;

4° La constitution de la Caisse nationale de crédit au travail ne ferait point sentir au travailleur le bienfait d'une accession individuelle au capital ; ce bienfait n'est constaté que le jour où l'ouvrier possède lui-même une action ; dès lors, il vaut mieux lui faciliter l'achat d'une action de la société ;

5° La création d'une Caisse nationale de crédit au travail, même atténuée par l'obligation du placement des fonds en œuvres destinées aux travailleurs, inspire la crainte de la rigidité inhérente aux institutions de l'Etat.

En résumé, les seuls avantages de cette proposition de loi sont :

1° D'ouvrir aux délégués des ouvriers l'accès des assemblées générales des sociétés par actions, dans le cas où les bénéfices sont suffisants pour permettre l'amortissement des actions ;

2° De subventionner, à l'aide des bénéfices des sociétés par actions, les œuvres destinées aux ouvriers.

Mais la proposition de loi ne réalise point l'accession individuelle du travailleur à la propriété.

IV. — Projet de loi du Gouvernement

Le Gouvernement a déposé, le 19 mai 1913, à la Chambre des députés, un projet de loi sur *les Sociétés par actions à participation ouvrière* (2). Son but a été, d'après l'exposé des motifs (p. 2), de « donner la consécration des faits » à l'idée de « faire participer les ouvriers à la gestion des entreprises », idée dont il rappelait les propagateurs, MM. Briand, Viviani, Ribot, Millerand et Justin Godart : il poursuivait un double objet : donner aux ouvriers le sens des responsabilités et leur assurer la rémunération légitime des efforts accomplis par eux, de même que (p. 3) les services et l'industrie de certains individus constituent, en l'absence de versements effectifs, un apport qui est rémunéré par des actions d'apport ou des parts de fondateurs ; il y voyait, en outre, un moyen de « règlement des rapports du capital et du travail » (p. 1). Il posait, en principe, dès le début (p. 2), l'absence de toute contrainte : « L'association, écrivait-il, doit toujours être un groupement de volontés libres. Le projet institue un contrat de société d'un nouveau genre. Il donne aux patrons et aux ouvriers la faculté d'y recourir. Il ne l'impose à personne. »

Le texte gouvernemental consiste en un titre VI ajouté à la loi du 24 juillet 1867 sur les Sociétés. D'après lui, il pourrait être stipulé (art. 72) dans les statuts de toute Société par actions que la Société prendrait la qualification de Société par actions à participation ouvrière.

---

(1) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session 1912, p. 2.

(2) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912, p. 5.

(3) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912, p. 4.

(4) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912, p. 5.

(5) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912, p. 5.

(6) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés. 10e législature, session de 1912, p. 8.

(7) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1912, p. 8.

(1) Doc. parl. n° 1913, de la Chambre des Députés, 10e législature session 1912, p. 8.

(2) Doc. parl. n° 2736, de la Chambre des Députés, 10e législature, session de 1913.

Digitized by Google

Les actions de ces Sociétés se composeraient (art. 73) : 1° d'actions ou coupures d'actions de capital ; 2° d'actions dites « actions de travail », dont le nombre ne pourrait être inférieur au quart de celui des actions de capital.

Les actions de capital seraient régies par le droit commun.

Les actions de travail donneraient à leurs propriétaires des droits identiques à ceux des propriétaires d'actions de capital, sous réserve des dispositions ci-après :

Les actions de travail seraient la propriété collective des salariés de la Société. Ceux-ci devraient, toutefois, pour avoir droit à cette copropriété, faire partie du personnel de la Société d'une façon permanente et continue depuis un certain délai fixé par les statuts qui, du moins, ne pourraient exiger que le délai d'admission ainsi déterminé soit supérieur à deux ans (art. 74, § 1). Les dividendes attribués aux ouvriers seraient répartis entre eux conformément aux règles fixées par les statuts de la Société par actions (art. 74, § 2). En aucun cas, les actions de travail ne pourraient être attribuées individuellement aux salariés de la Société (art. 74, § 3).

Les actions de travail seraient nominatives, inscrites au nom de l'ensemble des ouvriers de la Société, et inaliénables pendant toute la durée de celle-ci (art. 75).

Les ouvriers seraient représentés à l'assemblée générale et en justice par des mandataires qu'éliraient les salariés participants, chacun de ces derniers disposant, pour cette élection, d'autant de voix que son salaire annuel, établi sur les comptes arrêtés quinze jours avant l'assemblée générale, comprendrait de fractions de 500 francs. Les mandataires élus disposeraient eux-mêmes, à l'assemblée générale, du nombre de voix déterminé par les statuts, eu égard au nombre d'actions de travail appartenant aux ouvriers (art. 76). Toutefois (art. 77), les délibérations sur les modifications aux statuts ou sur les propositions visant soit la continuation de la Société au-delà du terme fixé pour sa durée soit la dissolution avant ce terme, ne seraient valables que si l'assemblée était composée d'un nombre d'actionnaires de capital représentant au moins les 3/4 du capital social. Enfin, les décisions modificatives des droits attachés aux actions de travail ne seraient définitives qu'après avoir été ratifiées par une assemblée spéciale des ouvriers.

En cas de dissolution, l'actif social ne serait réparti entre les actionnaires qu'après l'amortissement intégral des actions de capital (art. 78, § 1). La part représentative des actions de travail serait répartie, lors de la dissolution, entre les salariés comptant au minimum dix ans de services consécutifs dans les établissements de la Société ou tout au moins une durée de service égale à la moitié de la durée de la Société (art. 78, § 2).

Le Conseil d'administration de la Société à participation ouvrière se composerait, pour le quart au moins, de représentants ouvriers. Si le Conseil d'administration ne se composait que de trois membres, il devrait comprendre au moins un représentant des ouvriers. Cette règle s'appliquerait au Conseil de surveillance des Sociétés en commandite par actions à participation ouvrière (art. 79).

Les Sociétés actuellement existantes qui se conformeraient aux dispositions précédentes seraient affranchies de tous les droits de timbre et d'enregistrement, tant pour leurs statuts eux-mêmes que pour les augmentations de capital. Les actions de travail bénéficieraient des avantages accordés par l'article 21 de la loi du 30 décembre 1903, complété par l'article 25 de la loi de finances du 8 avril 1910, aux parts d'intérêts ou actions dans les Sociétés de toute nature, dites de coopération, formées exclusivement entre ouvriers et artisans. Ces mêmes titres seraient, en outre, affranchis du droit proportionnel de timbre édicté par la loi du 5 juin 1850 et du droit de transmission établi par la loi du 23 juin 1857. Indépendamment des immunités fiscales ci-dessus prévues, les Sociétés à participation ouvrière bénéficieraient des avantages accordés par les lois et décrets en vigueur aux Sociétés coopératives de production (art. 80).

L'examen du projet gouvernemental conduit aux observations suivantes :

I. Tout d'abord, le premier principe à poser en cette matière est l'entière liberté des intéressés : vouloir obliger les ouvriers à recourir à un mode déterminé de groupement ou à accepter pour leur rémunération, en tout ou partie, une affectation du salaire différente d'un versement en espèces, ce serait se heurter à des résistances certaines dans un pays où le travailleur est à juste titre soucieux de l'exercice intégral de son droit de propriété sur son salaire ; ce sentiment serait d'ailleurs particulièrement justifié, lorsque l'emploi attribué au salaire comporte des risques aussi manifestes que ceux d'entreprises industrielles ou commerciales. L'opposition soulevée en matière de retraites ouvrières et paysannesparmi les bénéficiaires éventuels eux-mêmes, est un exemple qui doit être médité. — On objectera peut-être que, dans ce dernier cas, l'ouvrier devait effectuer un versement et que son débiteur était, non une entreprise à la gestion de laquelle il pouvait participer, mais l'Etat dont il suspectait la solvabilité ou la fidélité aux engagements souscrits. — Je répondrai que l'acte de prévoyance obligatoire était d'une exceptionnelle fécondité puisqu'il entraînait le sacrifice équivalent du patron et la subvention de la collectivité, et j'ajouterai que le sentiment de défiance à l'égard de l'Etat tirait fréquemment son origine de préoccupations d'un ordre plutôt politique qu'économique. Or, dans une participation obligatoire à la propriété, c'est-à-dire aux risques de l'entreprise, les ouvriers ne trouveraient pas toujours une amélioration de leur salaire comparable à celle qu'ils obtiennent pour le produit de leur acte de prévoyance grâce aux sacrifices corrélatifs du patron et de l'Etat, et ils pourraient, en se plaçant à un point de vue distinct du terrain économique, considérer avec défiance une réforme qui, à leurs yeux, aurait pour effet et, dans leur pensée, peut-être, pour but de priver des ressources individuelles ou collectives des travailleurs les œuvres de défense syndicale et les caisses de résistance ou de grève. Ne se souvient-on pas de l'émotion naguère soulevée en Grande-Bretagne dans une population laborieuse pourtant éclairée par une longue pratique de l'association libre, le jour où la fortune des syndicats fut atteinte par une jurisprudence qui imposait à ces derniers, sous forme de dommages-intérêts, la responsabilité financière de leurs actes ? Bien plus, au projet qui avait d'abord conseillé l'exode des capitaux et leur dépôt dans des banques étrangères succéda la pensée plus simpliste d'une réforme législative exonérant les associations ouvrières de leur responsabilité, pensée qu'un législateur plus soucieux de sa popularité que de la sauvegarde du sentiment de la responsabilité eut la faiblesse d'accueillir.

Ce ne serait donc point offrir aux travailleurs un présent dont l'acceptation serait certaine que de les contraindre à participer à la propriété d'une entreprise. A cet égard, en ma qualité de libéral convaincu, je salue avec empressement la déclaration de principe que l'exposé des motifs du projet gouvernemental contient en faveur de la liberté d'association ; mais j'avoue ne pas saisir comment cette liberté sera respectée dans le fonctionnement des sociétés dont ce projet organise la formation. En effet :

1° D'une part, il ne suffit pas que la loi définisse les conditions dans lesquelles peuvent coexister les actions possédées par les actionnaires non ouvriers et les actions détenues par les actionnaires ouvriers ; il faut qu'elle prévoie les conditions dans lesquelles les ouvriers peuvent les acquérir : à cet égard, le projet spécifie que les actions ouvrières, dites actions de travail, seront la propriété collective des salariés de la Société ; dès lors, elles ne seront acquises par les ouvriers que si ces derniers sont d'accord pour cet emploi de leur fortune collective ou individuelle : deux cas se présenteront, en effet, selon que tous les salariés de l'entreprise sont ou non groupés en syndicat : dans le premier, les actions de travail qui leur auront été offertes seront acquises par le

Digitized by Google

syndicat ; dans le second, les salariés devront s'assembler et décider s'ils sont ou non disposés à acheter de telles actions, et, comme leur collectivité n'aura point de patrimoine propre, ils devront fournir chacun une contribution pour former le montant nécessaire à cet achat : or, le projet n'indique pas comment délibérera une assemblée ouvrière ; elle n'en définit ni le quorum ni le taux de majorité nécessaires à la validité des décisions.

On répondra peut-être que les actions de travail sont attribuées gratuitement à la collectivité des ouvriers comme récompense de leurs efforts accomplis, puisqu'un stage leur est imposé avant qu'ils ne soient admis à cette copropriété. — Je répliquerai que cette idée, émise par M. Etienne Antonelli, n'est pas formulée dans le projet gouvernemental, qui est muet quant au mode d'acquisition des actions par le groupement des travailleurs : ce qui autorise toutes les hypothèses. J'ajouterai que, même en ce cas, les ouvriers seraient fondés à soutenir qu'ils préfèrent un autre mode d'allocation des avantages à eux consentis et qu'ils y voient une prolongation de leur salaire dont ils veulent pouvoir disposer à leur gré sans que leur liberté subisse aucune atteinte.

On répondra peut-être aussi que ces dispositions seront formulées dans les statuts. — Je répliquerai que j'admettrais volontiers cette réponse si je n'avais constaté que le projet règle par des dispositions explicites plusieurs questions de procédure électorale : ainsi il fixe le nombre des voix attribuées aux ouvriers dans l'élection des mandataires qui les représentent tant à l'assemblée générale qu'en justice ; il spécifie de même que, si les statuts doivent déterminer le nombre des voix appartenant dans l'assemblée générale aux mandataires des ouvriers, ce nombre doit être en relation avec celui des actions de travail ; il fixe également le minimum du nombre des actionnaires non ouvriers qui doivent être présents aux assemblées appelées à délibérer soit sur la modification aux statuts soit sur la continuation de la société au-delà du terme prévu, soit sur la dissolution de celle-ci.

En un mot, le projet ne spécifie point comment la liberté d'adhésion au régime des actions de travail est sauvegardée dans les délibérations à intervenir.

2° D'autre part, à un point de vue, non de simple procédure, mais de principe, il eût été essentiel de spécifier que la délibération de l'assemblée des ouvriers, soit déjà groupés en syndicat, soit réunis spécialement en vue de décider l'adhésion au régime des actions de travail, devait réunir l'unanimité des ouvriers : en effet, cette précaution est indispensable pour que nul parmi eux ne soit obligé de consacrer à un tel objet la moindre fraction soit de sa part dans la fortune syndicale, soit de sa fortune individuelle : dès lors, en l'absence d'une telle précaution, le principe de la liberté quant à la participation ouvrière aux actions de la Société ne serait pas sauvegardé. On répondra peut-être que quiconque entre dans un syndicat aliène une partie de son indépendance en acceptant par avance de se soumettre aux décisions de la majorité, cet abandon de liberté ayant pour contrepartie les avantages sociaux, et l'on ajoutera que l'exigence d'un vote unanime rendrait fort rare l'exercice de la faculté, concédée par le projet à la classe ouvrière en général, de participer à la gestion des entreprises. Je répliquerai que, dans d'autres circonstances de la vie syndicale, l'ouvrier, mécontent d'une décision de la majorité, peut s'y soustraire en quittant le syndicat ; dans la circonstance actuelle, au contraire, son abandon du syndicat n'aurait d'autre résultat que de placer les ouvriers dans l'hypothèse prévue ci-dessus où ils ne sont point réunis en syndicat ; leur groupement doit alors résulter de l'assemblée qu'ils constituent en vue de délibérer sur la question de participation aux actions, et si, dans une telle assemblée, le droit de décider appartient à la majorité, la minorité n'a d'autre ressource que de quitter l'entreprise elle-même ; c'est donc pour elle l'alternative entre le chômage et l'adhésion obligatoire au régime des actions de travail ; en d'autres termes, le principe de la liberté n'est point respecté.

3° De même, lorsque le régime des actions de travail a été admis par les ouvriers d'une entreprise, tout nouvel ouvrier qui entre au service de l'entreprise est tenu d'y adhérer ; or, d'après le projet, il n'en bénéficie qu'au bout du délai fixé par les statuts, dès lors, si les ouvriers qui, avant lui, appartenaient au personnel de l'entreprise, ont constitué un syndicat et s'il s'affilie à ce syndicat, il ne jouit point, durant le délai statutaire, de l'intégralité des droits attribués aux autres syndiqués ; bien plus, l'accomplissement d'un premier délai, qui peut atteindre deux ans, ne lui attribue même pas, contrairement aux termes du projet (art. 74, § 2), un droit à la copropriété des actions de travail ; car il ne peut exercer ce droit (art. 78, § 2) tant qu'il n'a pas accompli un autre délai qui atteint dix ans dans toute société comptant au moins vingt années d'existence ; ainsi, durant la période qui sépare la fin de la deuxième année du début de la onzième, si la société qui a constitué l'entreprise vient à se dissoudre, le nouvel ouvrier dont le projet annonce (art. 74, § 2) le droit de copropriété aux actions de travail, ne participe en rien à leur répartition ; ce droit n'est donc que partiel, et la contrainte d'adhésion qui s'impose au nouvel ouvrier est aggravée par la précarité de son droit.

II. Le second principe en matière d'accession des travailleurs à la propriété est la consécration de la responsabilité à titre de corollaire indispensable des droits acquis.

Or :

1° Le choix des mandataires des ouvriers à l'assemblée générale et en justice (art. 76) comporte, dans le silence du texte, l'admission de personnes étrangères au personnel et par suite dépourvues d'intérêt direct dans l'entreprise et de responsabilité; il conviendrait de spécifier que les mandataires doivent être des ouvriers admis aux avantages du régime ;

2° La règle de l'inaliénabilité des actions de travail, édictée par l'article 75 du projet gouvernemental, paraît en contradiction avec ce principe. En effet, à défaut de tout commentaire de l'exposé des motifs, elle peut être justifiée par la crainte de spéculations qui seraient contraires au but poursuivi par le législateur, si, par exemple, le groupement ouvrier vendait à des tiers les actions de travail qui lui ont été remises ; mais il ne faudrait pas en conclure que ces actions devraient être à l'abri de toute poursuite des créanciers des ouvriers pas plus que leur salaire dont elles constituent une part, sinon, l'irresponsabilité des propriétaires de ces actions serait admise; or le projet gouvernemental ne règle pas la question.

III. Le troisième principe est le maintien du régime du salariat coexistant avec le système des actions de travail : quel que soit l'usage, effectué par les ouvriers ou imposé à ceux-ci, d'une partie de leur rémunération, cette dernière provient toujours du contrat qui les lie au chef d'entreprise, et ce n'est point l'affectation des sommes, soit reçues en espèces soit attribuées sous forme de copropriété dans l'entreprise, qui modifie la nature du contrat initial. Il est donc regrettable que, pour éviter toute méprise, le projet gouvernemental n'ait pas formulé ce principe en termes exprès : il aurait suffi d'ajouter à l'article 74 un paragraphe ainsi conçu : « L'accession d'un salarié de la Société à la copropriété des actions de travail ne modifie en rien les relations qui existent entre lui et la Société en vertu du contrat de travail. »

IV. Le quatrième principe qui domine la question est le souci d'inspirer aux ouvriers le sentiment de leur ascension sociale : en effet, à défaut de ce sentiment, le régime ne réalise ni la paix dans les relations entre patrons et ouvriers, ni le développement « du sens des responsabilités » selon les termes de l'exposé des motifs (p. 1). Or, ce sentiment ne peut être éveillé que par la constatation de leur assimilation effective aux capitalistes propriétaires d'actions non ouvrières. Le projet ne satisfait point à ce desideratum. En effet, tout d'abord, les ouvriers resteraient des salariés, subordonnés aux actionnaires non ouvriers ; de plus, ils ne seraient

Digitized by Google

jamais propriétaires à titre individuel d'une action de la Société; enfin, si la société venait à être dissoute, ils ne seraient admis à une répartition de l'actif social qu'après l'amortissement intégral des actions de capital.

On répondra peut-être que tous les actionnaires ne jouissent point de droits identiques et que l'exposé des motifs (p. 3) a prévu l'objection en signalant que « dans les sociétés anonymes, à côté des actions représentant des versements en argent » se trouvent « les actions d'apport, les actions industrielles, les parts de fondateurs ». On pourra même ajouter qu'à la différence de la proposition du Comité de la Démocratie sociale, le projet gouvernemental vise à rémunérer par les actions de travail non un apport de simple promesse de services, mais un apport de services rendus, puisqu'il n'admet les ouvriers à la copropriété des actions qu'après accomplissement d'un stage (art. 74). Je répliquerai que, à la différence de l'institution des actions de travail, la création de ces diverses catégories d'actions ne s'inspire nullement du souci de la paix sociale ni de celui de l'éducation de la classe ouvrière.

V. — Conclusions

Les développements qui viennent d'être présentés semblent autoriser les conclusions suivantes :

1° Les mœurs doivent précéder et préparer l'action de la loi : celle-ci ne saurait donc exercer la moindre contrainte sur les travailleurs pour leur imposer, à titre soit individuel soit collectif, l'accession à la propriété, surtout lorsque cette propriété est aussi aléatoire dans ses résultats que celle d'entreprises industrielles ou commerciales.

2° Cette absence de contrainte doit se manifester non seulement dans les dispositions immédiates formulées par le législateur, mais encore dans les conséquences indirectes de son intervention, notamment par la sauvegarde du droit des minorités dans la procédure qu'il institue pour l'exercice de l'accession à la propriété.

3° La responsabilité doit être le corollaire de la propriété : tout droit entraîne des devoirs corrélatifs, et le législateur ne doit pas, dans l'intérêt aussi bien matériel que moral de la classe ouvrière, instituer au profit de cette dernière une irresponsabilité qui constituerait le plus périlleux des privilèges.

4° La création des actions de travail ne supprime en rien le salariat : M. Antonelli a eu soin de le spécifier en termes formels (1) : « Vis-à-vis de la Société anonyme, dit-il, l'ouvrier est un salarié; que ce salarié acquière des droits dans la Société ouvrière, ceci ne saurait changer le caractère de ses relations avec son patron qui reste entièrement maître de le congédier, de modifier son salaire ou son emploi. L'ouvrier, dans une société à participation ouvrière, reste un salarié ». De même, dans le projet gouvernemental, les ouvriers qui n'ont pas encore accompli le stage préalable, sont privés des avantages des actions de travail et, quand ils y sont admis, leur droit de copropriété ne modifie en rien leurs relations avec le chef d'entreprise.

5° Les systèmes proposés pour la création d'actions de travail ne réalisent pas, en dépit des généreuses intentions et de la sagacité de leurs auteurs, une sauvegarde suffisante de la liberté ouvrière; ils procèdent, en effet, de cette illusion que les ouvriers souhaiteraient accéder à la propriété des entreprises : or, cette aspiration est en général beaucoup moins vive que le désir d'une augmentation de salaire.

6° Ces mêmes systèmes ne réalisent pas non plus l'accession personnelle du travailleur à la propriété; ils ne créent qu'une propriété collective au profit de groupements ouvriers qui peuvent être enclins à y trouver, aux dépens de la paix sociale, un élément de constitution d'une classe opposée à l'ensemble des capitalistes.

7° L'association des ouvriers à la gestion normale des capitalistes ne peut être qu'une source de conflits; en effet, dans l'assemblée générale, leurs mandataires seront les égaux du chef d'entreprise dont ils resteront les subordonnés en dehors de cette réunion : il leur sera fort malaisé de faire tour à tour abstraction, dans chacune de ces deux circonstances, du caractère propre qui découle des situations respectives de deux actionnaires d'une part, d'un employeur et d'un employé d'autre part : dans l'organisation du travail, l'ouvrier sera enclin à discuter avec la préoccupation de l'actionnaire les ordres reçus au lieu de les exécuter avec le respect de la discipline nécessaire; dans l'exercice de son droit de vote à l'assemblée générale, il apportera la mentalité du travailleur plus soucieux du présent que de l'avenir, c'est-à-dire plus désireux de l'augmentation du dividende que de la constitution de réserves; ainsi, dans l'une et l'autre circonstance, l'employeur et l'employé auront à soutenir une thèse opposée, de là une cause de débats irritants contraire au désir d'apaisement social qui anime les propagandistes de l'idée des actions de travail. On objectera, sans doute, que cette crainte est la traduction d'une excessive pusillanimité et d'une défiance injustifiée de la sagesse et de l'éducation des travailleurs modernes. Je répondrai en invoquant l'exemple récent de la Verrerie ouvrière d'Albi, qui atteste la méconnaissance, par les ouvriers, de leurs propres intérêts, exemple d'autant plus caractéristique qu'en l'absence de copropriétaires capitalistes, les ouvriers devaient sentir que leur fortune était seule à supporter les risques, tandis que, dans le système des actions de travail, ils pourraient escompter l'appui de la fortune des actionnaires non ouvriers pour faire face aux imprudences dont ils auraient été les conseillers téméraires.

Ces considérations ne s'inspirent nullement d'un sentiment de défiance, moins encore d'hostilité, à l'égard des syndicats ouvriers. Nul plus que moi n'est partisan et propagandiste de l'association; toutefois je demande qu'elle soit libre non seulement dans sa constitution et dans sa dissolution, mais encore dans son fonctionnement, c'est-à-dire non seulement que tout individu puisse librement y entrer et en sortir, mais encore qu'il n'y soit pas opprimé; sans doute, la participation à une association implique un abandon partiel de son indépendance par l'individu en retour des avantages qu'il retire du concours de ses co-associés; mais il faut que cet abandon ne soit pas le résultat d'une pression tyrannique; en d'autres termes, il est essentiel que la minorité, loin d'être opprimée par la majorité, puisse exercer les droits naturels que lui confère le sentiment de la justice. Ceux qui, à mon exemple, ont cherché à répandre l'esprit d'association dans les milieux les plus individualistes, tels que celui des gens de maison, savent quelles précautions sont nécessaires pour triompher de préventions qui condamnent à l'insuccès les plus généreuses initiatives.

D'autre part, si désireux que je sois de l'accession des travailleurs à la propriété, ce n'est pas en les associant à la gestion de capitalistes que je conseillerais de leur faire comprendre les avantages et les responsabilités de la propriété individuelle ou collective; les conflits dont j'ai exposé les risques ne sont que trop certains, et les froissements qui en résulteraient, ne pourraient qu'aggraver un antagonisme et un désintéressement de l'ordre social que l'accession de l'ouvrier à la propriété a précisément pour but d'atténuer ou de bannir : c'est la création de Sociétés dont les actions ne sont possédées que par des travailleurs qui doit donner à ceux-ci la pratique de la gestion industrielle ou commerciale.

En un mot, les réserves que je formule par les conclusions qui précèdent, loin d'être des objections contre le principe d'actions possédées par les ouvriers, sont au contraire des avis, inspirés par l'expérience pratique en vue de permettre la réussite de sa mise en œuvre.

Maurice Bellom,

Ingénieur en chef au Corps des Mines,
Professeur d'Economie industrielle
à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines.

(1) *Les actions du travail* (*L'Opinion* du 27 avril 1912, p. 540, col. 2).

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Le « New Grand Central Terminal » de New-York.

Une nouvelle gare vient d'être mise en service à New-York, pour servir de terminus et de tête de ligne de deux importants réseaux américains : le New-York Central & Hudson River Railroad, et le New-York-New-Haven & Hartford Railroad. Cette gare est la plus grande du monde autant par ses proportions monumentales que par l'importance des services assurés.

Par suite de l'impossibilité d'étendre la surface de l'ancienne gare, dans un quartier central où le prix du terrain est extrêmement élevé, on a adopté la disposition de deux étages de voies, ces deux étages étant l'un et l'autre complètement souterrains ; ils communiquent avec le réseau par deux rampes jusqu'au tunnel à quatre voies par lequel les lignes sortent de la ville. La traction est naturellement électrique.

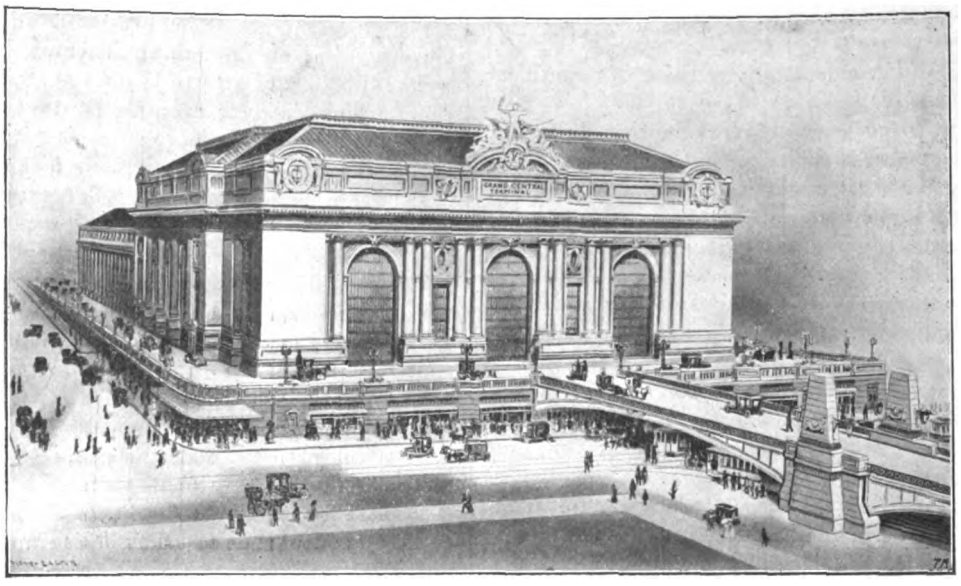


Fig. 1. — Vue en façade de la grande gare " New Grand Central Terminal " de New-York.

Chacune des deux gares étagées dessert une même catégorie de trafic : les vingt-cinq voies de l'étage inférieur sont consacrées au service de banlieue, tandis que les vingt-quatre voies supérieures assurent le service des trains express. Les convois sont répartis sur les lignes au moyen de gigantesques postes d'aiguillage comportant 400 leviers pour la banlieue et 360 pour les grandes lignes.

Une boucle relie chacune des voies extrêmes, de sorte que les trains arrivants n'ont qu'à repartir dans le même sens pour aller au dépôt et aux voies de départ de l'autre côté de la gare. On évite ainsi l'immobilisation de voies pour changements de machines et formation des trains.

Le bâtiment de la gare est d'une architecture monumentale du meilleur effet ; on y accède en réalité de trois niveaux différents : d'abord en sous-sol, où de nombreuses galeries communiquent avec plusieurs lignes métropolitaines passant à proximité. La plus grande partie des 100 000 voyageurs journaliers est écoulée par ces communications entre l'étage « Banlieue » et les réseaux souterrains. Le niveau supérieur est la « 42e Rue », sur laquelle débouchent de nombreuses ouvertures encore en sous-sol de la façade principale, laquelle s'ouvre sur un troisième niveau, formé d'une grande terrasse carrossable. Cette plate-forme supérieure communique elle-même avec la « Park Avenue » perpendiculaire à la gare, au moyen d'un viaduc franchissant la « 42e Rue ». Ces deux étages d'accès extérieurs correspondant aux deux grandes directions, parallèle et perpendiculaire, facilitent énormément la circulation si intensive aux abords d'une telle gare.

Le « Grand Central Terminal » a une superficie totale de 32 hectares, avec un développement de voies atteignant 54 kilomètres et une capacité de 1 053 voitures. En sous-sol, la gare a une longueur de 223m,50 pour 136m,50 de largeur et 13m,50 de profondeur. Au niveau de la rue, elle occupe encore 201m,75 de longueur sur 93 m de largeur, et la hauteur du bâtiment atteint 45 m au-dessus du sol.

Quelques chiffres donneront une idée de l'importance d'une telle construction, édifiée selon la méthode américaine, avec une ossature métallique et remplissages en maçonnerie. L'excavation totale a atteint 2 500 000 m³, dont 1 500 000 m³ de déblais dans le rocher ; 500 000 barils de ciment ont été employés pour les parties en béton. La couverture de l'étage « Banlieue » pour supporter l'étage « Grandes Lignes » a nécessité l'emploi de 53 000 t d'acier, pour couvrir une surface d'environ 15 hectares.

La construction des divers ponts pour passages des rues recoupées a employé 15 000 t de métal sur une longueur totalisée de 2 820 m. En tout, on a utilisé près de 120 000 t d'acier pour les planchers, viaducs et les bâtiments.

En outre des services généraux, le bâtiment de la gare renferme de vastes salles d'attente avec fumoirs, salon de dames, restaurant, etc. Deux grands halls servent de salles des pas-perdus à leurs étages respectifs ; le plus vaste est celui des grandes lignes, formé d'une salle en marbre de Botticino, et surmonté d'une voûte en plein cintre de 38 m de hauteur. Cette voûte représente un ciel astronomique d'une richesse de peinture remarquable, pour lequel on ne dédaigna pas de faire appel aux conseils du célèbre aquarelliste français Helleu et auquel cinquante peintres travaillèrent à la fois afin d'éviter les changements de tonalités.

L'une des caractéristiques les plus curieuses de cette gare de voyageurs est la suppression presque complète des escaliers : les accès aux différents halls et quais se font par des rampes donnant un débit considérable, en même temps qu'une grande facilité de circulation aux voyageurs peu ingambes : vieillards, enfants, etc...

Pour les bagages, il est fait usage de plate-formes mobiles horizontales roulant à une vitesse d'environ 60 m par minute ; les colis sont déchargés directement des fourgons sur ces tables, qui les amènent au banc de distribution dans la salle des bagages. Les bagages au départ sont transportés par des chariots automobiles qui sont élevés par des monte-charges au niveau des différents quais. Tout bagage ne doit d'ailleurs pas mettre plus de cinq minutes entre son dépôt et son embarquement.

La transformation complète de la gare Grand Central a été opérée en une dizaine d'années, sans arrêter le trafic. Les travaux furent exécutés par tranches longitudinales, les deux étages de

Digitized by Google

voies étant établis aussitôt qu'une bande de terrain était libérée par la démolition des bâtiments. Les deux compagnies associées comptent d'ailleurs rebâtir des immeubles de rapport au-dessus de toute la surface expropriée pour les travaux, mais maintenant libre, au-dessus des voies souterraines.

Un bâtiment de moindre importance est en outre en construction à côté du précédent ; il servira uniquement de gare d'arrivée.

L. D. F.

CHIMIE APPLIQUÉE

Les nouveaux produits pharmaceutiques arsénicaux.

L'arsenic et ses dérivés ont été employés de tout temps dans les arts et en médecine. Ainsi, les sulfures d'arsenic servaient comme sandaraque et arsenikon déjà dans l'antiquité soit comme remède, comme colorant ou comme réducteur pour monter par exemple la cuve d'indigo à l'orpiment. Les arsenicaux font encore partie maintenant de tous nos codes, mais il était surtout réservé à la chimie moderne de trouver des composés d'arsenic organiques dans lesquels le métal est masqué et fait partie intégrante de la molécule organique et qui possèdent des propriétés physiologiques toutes particulières.

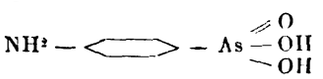
C'est ainsi que l'on emploie le cacodylate de soude en injections hypodermiques, mais il était intéressant d'étudier l'action des arsenicaux sur les infections microbiennes et autres.

La chimiothérapie a pris dans certains cas une importance fort considérable, et pour combattre des êtres d'ordre plus élevé que les microbes, comme les trypanosomes et les spirilloses, elle semble l'emporter jusqu'ici sur la sérothérapie. Elle a de plus l'avantage inhérent à toute fabrication chimique, c'est que la préparation des produits peut se faire au laboratoire ou à l'usine avec les procédés chimiques habituels, alors que la préparation des sérums demande des installations spéciales et des sujets vivants.

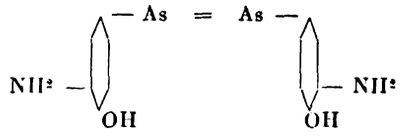
En tous les cas, pour combattre quelques fléaux qui menacent constamment l'humanité : l'avarie, la malaria, la maladie du sommeil et autres, les composés organiques à base d'arsenic semblent être des remèdes spécifiques. Nous n'entendons pas entrer ici dans des détails sur l'application de ces produits ni sur les résultats obtenus lors de leur emploi : c'est l'affaire des cliniciens et c'est aussi à eux seuls de nous dire quels sont les résultats obtenus, s'ils sont durables, et si les remèdes arsenicaux doivent et peuvent remplacer le mercure et ses composés dans le traitement de la syphilis, par exemple.

Nous nous bornerons donc à traiter ici de la préparation chimique de ces composés, qui ont déjà acquis une réelle importance, en renvoyant, quant aux détails biologiques et autres, à un volume récemment publié sur ce sujet par MM. Ehrlich et Hata (1).

Un des premiers produits employés fut l'atoxyle qui est, comme on le sait maintenant, le sel monosodique d'un acide p. aminophénylarsénique. Cet acide est connu depuis fort longtemps ; il fut obtenu par Béchamp, en 1863, en chauffant de l'arséniate d'aniline à environ 200°. Cet auteur lui attribuait la composition $C^6H^8O^3NAs$ (en notation actuelle) et le considérait comme un anilide de l'acide arsénique (2). Des recherches récentes de MM. Ehrlich et Bertheim (3) ont établi définitivement la constitution de ce corps qui correspond à la formule :



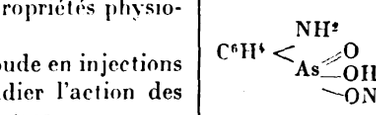
La constitution établie, les auteurs se sont livrés à de nombreuses études pour modifier les propriétés de l'atoxyle, de façon à augmenter son action spirillocide tout en diminuant la toxicité ou ses inconvénients pour l'organisme (l'organotropie). Nous n'entrerons pas ici dans le détail des transformations opérées et des nombreux composés étudiés. Comme dans chaque groupe de médicaments, une étude systématique a permis de trouver les composés les mieux appropriés au résultat à obtenir. Après avoir essayé entre autres d'abord l'arsacétine, le dérivé acétylé de l'atoxyle, puis l'arsénophénylglycine, M. Ehrlich s'est arrêté au 3.3'. diamino-4.4'.dioxyarsénobenzène, correspondant à la formule :



dont le chlorhydrate est actuellement fabriqué sous le nom de « 606 » ou de « Salvarsan » par les Farbwerke vorm. Meister Lucius et Brüning à Hœchst-s-Mein.

Voici quelques détails sur la préparation de ce produit (voir aussi les brevets allemands n° 224 953 et 235 391).

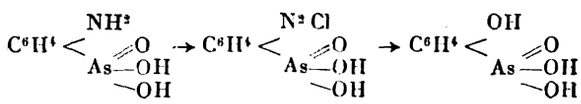
Comme matière première, on prend l'atoxyle du commerce :



qui est facilement et quantitativement transformé en acide libre par addition d'acide chlorhydrique à sa solution aqueuse (Ehrlich et Bertheim, Ber. *40*. 3295 (1907).

On dissout 155 g d'atoxyle du commerce (sel sodique) dans 600 cc d'eau, puis l'on ajoute 65 cc d'acide chlorhydrique d'une densité 1,12 ; l'acide libre se sépare après quelques heures de repos.

Par action de l'acide nitreux en solution acide, on transforme l'acide p. aminophénylarsénique en diazo correspondant qui, par ébullition avec l'eau, perd de l'azote pour donner le dérivé phénolique correspondant : l'acide p. oxy-phénylarsénique :



Cette transformation se fait avec de bons rendements en utilisant la méthode décrite par M. Bertheim (Ber. *44*. 1853 (1911) ; toutefois, il faut isoler l'acide p. oxy-phénylarsénique formé comme sel de soude, l'acide libre étant excessivement soluble.

Voici comme on procèdera : On dissout 217 g d'acide p. aminophénylarsénique, obtenu comme précédemment, dans 2 l 1/2 d'eau et 80 cc d'acide sulfurique, puis l'on ajoute à froid une solution de 70 g de nitrite de soude dans 350 cc d'eau. La décomposition du diazo obtenu se fait à 70°, puis l'on neutralise l'acide sulfurique à chaud par le carbonate de baryum, on filtre et l'on évapore à cristallisation en additionnant 20 g de sulfate de soude anhydre. Le sel de soude cristallise et peut être purifié par recristallisation dans l'alcool dilué.

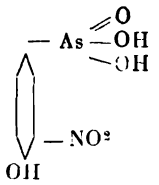
La prochaine opération consiste à nitrer le dérivé phénolé ainsi obtenu en suivant exactement les prescriptions de l'auteur déjà cité (Ber. *44*. 3446 (1911). La nitration se fait en dissolvant le sel de soude de l'acide proxyphénylarsénique dans l'acide sulfurique concentré, puis nitrant comme d'habitude, à froid, avec la quantité théorique d'acide nitrique.

On dissout par exemple 144 g du sel sodique dans 450 cc d'acide sulfurique concentré, puis l'on refroidit avec un mélange réfrigérant à 0°, et l'on nitre avec 40 cc d'acide nitrique à 1,4, dilué avec son même volume d'acide sulfurique concentré. On laisse peu à peu monter la température à 10°, puis l'on verse sur 2250 cc d'eau glacée. Après 24 heures, le dérivé nitré se sépare, on le filtre et on le lave.

(1) Ehrlich et Hata : *La Chimiothérapie des spirilloses.*
(2) *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 56. I., p. 1172 (1863).
(3) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, *40*. 3292 (1907).

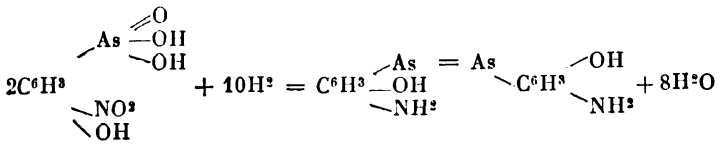
Digitized by Google

Le composé obtenu correspond à la formule :



la nitration s'effectuant en ortho de l'hydroxyle.

L'opération suivante a pour but d'opérer la réduction du groupe nitro en amino et de souder deux molécules d'acide arsénique :



Voici comment s'effectue la réduction de l'acide 3.nitro-4.oxy-1.phénylarsénique (1) :

Dans une chaudière émaillée munie d'un agitateur, on introduit 13 l d'eau et 513 g de chlorure de magnésium, puis l'on ajoute en remuant 2250 g d'hydrosulfite de soude sec (à 80 % environ) et une solution froide de 197 g d'acide nitro-oxy-phénylarsénique dans 4 1/2 l d'eau et 135 cc de soude 10 fois normale. On couvre avec un couvercle en bois et puis l'on élève la température du liquide que l'on maintient de 55-60°, tout en continuant à remuer d'une façon énergique.

Il se sépare alors un précipité jaunâtre microcristallin du composé réduit. On vérifie, de temps en temps, par des prises successives, si la réaction est terminée ; généralement, la réaction s'achèvera au bout d'une heure et demie à deux heures.

Le précipité n'augmentant plus, on le jette sur un filtre, on le lave à l'eau froide et on l'essore. Le produit ainsi obtenu n'est pas encore pur ; il faut le purifier et le transformer pour l'emploi en composé soluble qui est le chlorhydrate.

A cet effet, le précipité obtenu est dissous dans de l'alcool méthylique, puis additionné de la quantité nécessaire d'acide chlorhydrique en solution dans l'alcool méthylique, ensuite précipité par l'éther. On filtre, puis on sèche.

Le chlorhydrate sec doit être immédiatement enfermé dans des ampoules en verre, dans lesquelles on fait le vide ou qu'on remplit d'un gaz inerte. La dose étant de 0,6 g, cette quantité est celle mise dans chaque ampoule ; c'est sous cette forme que le salvarsan est mis en vente.

Cette précaution est absolument nécessaire, car le chlorhydrate du diaminodioxyarsénobenzol est excessivement oxydable. A l'air, il se forme l'oxyde : $C^6H^3\begin{cases}As=O\\OH\\NH^2\end{cases}$ qui est au moins 20 fois plus toxique que le composé arsénobenzol. Cette oxydation se produit déjà dans les flacons bouchés à l'émeri.

Lors de l'emploi sous forme d'injection, le « 606 » est dissous dans de la soude caustique de façon à former le sel sodique soluble. Cette solution s'altère aussi très rapidement ; elle devient d'abord rouge, puis elle se décolore avec précipitation d'un composé brun-rouge d'une composition fort complexe et de propriétés tout à fait différentes.

Tout récemment, M. Ehrlich a réalisé un progrès fort sensible en traitant le salvarsan par le composé double de sulfoxylate de soude et formaldéhyde (rongalite, hyraldite). On obtient ainsi un précipité jaune facilement soluble dans le carbonate de soude. Le produit est mis en vente par la firme Meister Lucius et Brüning sous le nom de *neosalvarsan*. On ne possède pas d'autres détails sur le mode de préparation de ce produit ; toutefois, le produit industriel ne possède plus le groupement formaldéhydique, ce qui est évidemment avantageux. Les résultats cliniques obtenus jusqu'ici paraissent favorables.

Nous nous sommes bornés dans ce court exposé à donner la fabrication d'un seul produit, le salvarsan, qui jusqu'ici semble être le plus efficace et le moins nocif de ce groupe. Malgré les nombreuses recherches d'Ehrlich et de ses collaborateurs, rien ne prouve toutefois que d'autres composés ne joignent à une plus grande activité spirillicide une toxicité moindre pour l'organisme. Voici un grand champ ouvert aux chercheurs et innovateurs. Et l'intérêt du problème est double.

Malgré les difficultés que présente la préparation de ces composés passablement altérables, il est certain que leur fabrication ne demande que des matières premières très peu coûteuses. Au prix de vente actuel, qui est supérieur à 10 000 francs le kilogramme, les détenteurs des brevets ne sont pas seulement les bienfaiteurs de l'humanité, mais ils font encore une excellente affaire industrielle.

E. G.

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 45. 756 (1912).

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Navires porte-trains

D'une rive à l'autre d'une rivière, d'un estuaire ou d'un bras de mer, si les conditions économiques ne permettent pas de construire un pont fixe ou transbordeur ou de creuser un tunnel, le service est assuré par un bac autonome dès que la distance à parcourir est quelque peu grande. On a été conduit, dès que le trafic devenait intense, à employer des bacs spéciaux pour les personnes, pour les marchandises, pour les voitures et enfin pour les wagons et les trains. Ce fut là l'origine des navires porte-trains ou ferry-boats auxquels nous allons consacrer quelques lignes.

Les rivières de New-York, sur lesquelles sont cependant jetés de nombreux ponts et sous lesquelles passent plusieurs tunnels, sont sillonnées en outre de ces sortes de navires, dont quelques-uns atteignent de très grandes dimensions.

En tous cas, ils ne sont aucunement concurrencés par les ouvrages d'art dès qu'il s'agit de larges estuaires, de détroits, de bras de mer, ou de grands lacs, constituant toutefois une traversée assez courte pour qu'il n'y ait pas avantage à rompre charge et à employer un navire de haute mer du type courant. D'ailleurs, en bien des cas, il n'y a pas de doute que les transbordements de marchandises délicates ou coûteuses, sont à éviter dans la mesure du possible, et que, d'un autre côté, ces transbordements sont désagréables aux voyageurs qui ont à faire un long trajet coupé d'une courte traversée maritime, surtout quand celle-ci est faite de nuit et par mauvais temps. Evidemment, on transporte ainsi un poids mort supplémentaire, celui des wagons, mais on réduit les manœuvres au port, il n'y a plus de manutentions et le service est accéléré ; les voyageurs y gagnent en confort ; s'ils le désirent, ils peuvent, une fois embarqués, quitter leur compartiment comme ils le feraient dans une grande gare où leur train s'arrêterait quelque temps, pour faire une courte promenade ou se restaurer. Un voyage de nuit s'effectue sans que le voyageur quitte sa couchette de wagon-lit.

Pour la tenue à la mer, les porte-trains existants sont équivalents à n'importe quel bon paquebot.

Le nombre de ces navires est déjà considérable. Les Etats danois, suédois et prussien ont organisé un réseau complet raccordant leurs lignes ferrées au travers des détroits danois : Grand Belt, Petit Belt, Sund, etc., par les lignes

Fredericia-Strib,
Nyborg-Korsoer,
Warnemünde-Gjedser,
Orehoved-Masnedoe,
Kiel-Korsoer,

} aboutissant à Copenhague.

Digitized by Google

Copenhague-Malmoe, Elseneur-Helsingborg,	de Copenhague en Suède.
Sassnitz-Trelleborg,	direct de Prusse en Suède.

Cette dernière traversée est la plus longue du réseau (117 km).

Le trafic de ces lignes est intense ; il était déjà, en 1903, de 120 000 wagons et 345 000 tonnes de marchandises, et de 520 000 voyageurs sur le Grand Belt ; de 117 000 voyageurs et 127 000 tonnes sur la ligne Gjedser-Warnemünde en 1908.

Sur un autre point du globe, un autre réseau très important a été établi au travers du lac Michigan par les entreprises Père Marquette Railway C°, Ann Arbor R. R. C°, Lake Michigan Car Transp. C°, Grand Trunk Car Ferry Line, etc.

Le lac Michigan est une véritable mer intérieure et les traversées dépassent 100 km. Le lac Erié, la baie de Chesapeake, la baie de San-Francisco, la rivière Hudson à New-York, le Mississipi à New-Orléans, sont franchis par des services réguliers de porte-trains. Citons encore les traversées de Key-West à La Havane, du détroit de Messine, de la Clyde, du lac de Constance, du lac Baïkal, du Rhin (à Bonn), du Volga, de la Tennessee, du Niger (Nigerie anglaise).

La Manche ne figure pas dans cette énumération, malgré l'intensité du trafic, entre le continent et la Grande-Bretagne, des marchandises périssables ou fragiles, primeurs, fruits, produits de laiterie, produits céramiques, vins en bouteilles, etc..., et de celui des passagers.

Reprenant les idées de Dupuy de Lôme et de John Fowler, un syndicat d'études a présenté plusieurs projets complètement mis au point pour les services de Calais-Douvres et Dieppe-Newhaven. Ces projets n'ont pas encore abouti. Il est certain que, dans un avenir peu lointain, on verra encore apparaître de nouveaux services sur des points où le mouvement est très actif, tels par exemple le Bosphore (liaison des chemins de fer européens et des chemins de fer d'Anatolie), les détroits de Malacca et de la Sonde, de Corée, celui de Gibraltar.

On peut classer les navires porte-trains de la façon suivante :

1° Bacs fluviaux { A, autonomes ; B, attachés ;

2° Navires de mer ou de grands lacs ; ceux-ci sont tous, bien entendu, indépendants.

On peut encore les classer différemment en bateaux amphidromes ou non. L'embarquement des wagons ne se fait souvent que par une extrémité, l'arrière, et le navire doit accoster en marche arrière en naviguant pendant quelques minutes dans cette position. Il est, dans ce but, muni d'un gouvernail à chaque extrémité, avec 2 postes de manœuvre. Quelques navires des grands lacs américains ont aussi une hélice à l'avant, mais cette hélice sert non à la propulsion, mais à la désagrégation des glaces.

Les navires porte-trains peuvent être soit à roues, soit à hélices. Le choix de l'un ou de l'autre propulseur est dicté surtout par des considérations de hauteur de plateforme et de tirant d'eau, c'est-à-dire de creux. Si ce creux est limité, on peut être conduit à écarter les machines verticales qui ne pourraient pas se loger sous la plate-forme qui règne sur toute la largeur du bateau, car on ne peut disposer entre les voies que des tambours très étroits, laissant tout au plus passer les cheminées.

L'embarquement des wagons est l'opération qui exige le plus d'attention de la part des ingénieurs qui ont à établir le projet. Si les variations de niveau étaient nulles, il n'y aurait aucune difficulté, mais, à l'exception de quelques lacs (et encore !), le niveau de l'eau varie, dans un fleuve, avec la saison, et avec la marée près de son embouchure ; dans un port avec la marée et, de plus, le bateau s'enfonce au fur et à mesure qu'on le charge.

Si la variation relative est faible entre le niveau du quai et celui de la plateforme du bateau, on se contente d'abaisser une passerelle basculante attachée au point fixe sous un portique de quai. L'extrémité mobile est clavetée sur le navire pour assurer la continuité de la voie. En outre, comme le navire peut prendre de la bande par l'inégalité du chargement (quand il y a deux voies ou plus sur la plate-forme), la passerelle peut se déformer transversalement. Dans l'étude de la stabilité du bateau et du mode de chargement, on se donne une inclinaison maximum (6 degrés par exemple). La longueur de la passerelle est fonction de cette inclinaison, parce que sa torsion par rapport à sa longueur ne doit pas dépasser une certaine valeur pour l'équilibre des wagons.

A Sassnitz, la passerelle est tenue un peu plus haut que la plateforme avant que le navire n'accoste ; on n'a ainsi qu'à l'abaisser et à claveter, ce qui prend 2 minutes 1/2 au plus. La manœuvre des trains prend en tout 15 minutes pour des bateaux type Drottning-Victoria, à 2 voies. Dans ce port, la marée ne dépasse pas une amplitude de 2 m 15.

Les navires accostent dans une alvéole qui épouse leur contour ; cette alvéole est garnie d'un boisage soutenu par des tampons à ressorts, dont le rôle est d'amortir les chocs et de ramener l'axe du navire dans l'axe de la voie ferrée terrestre. Quelques navires peuvent aussi embarquer par l'avant qui est alors pourvu d'une porte. Quand cette porte est relevée, elle continue le bordé de la teugue et défend ainsi l'avant du navire contre les coups de mer.

L'embarquement se fait soit en manœuvrant les rames à l'aide d'une petite locomotive spéciale, pourvue au besoin de moyens d'adhérence supplémentaires, soit par un câble et un treuil ou cabestan.

La passerelle est souvent fermée par une barrière de sûreté, qui ne peut être ouverte que par un système d'enclenchement solidaire du clavetage de la passerelle sur le bateau.

Si la différence de niveau est grande, la passerelle devrait avoir une longueur exagérée, puisque sa pente est forcément limitée ; aussi doit-on alors la faire précéder par une autre passerelle, dont l'inclinaison est réglée par des vérins hydrauliques ou électriques. Un autre procédé consiste à faire accoster le navire en face d'un plan incliné, dans lequel il s'engage plus ou moins, suivant la hauteur de l'eau. Le nez du navire vient buter contre un chariot dont la plate-forme vient au niveau des voies du navire et dont le plan des essieux est parallèle au plan incliné. Ce chariot roule sur les voies disposées sur toute la longueur du plan : en résumé, il joue le rôle d'un chariot transbordeur.

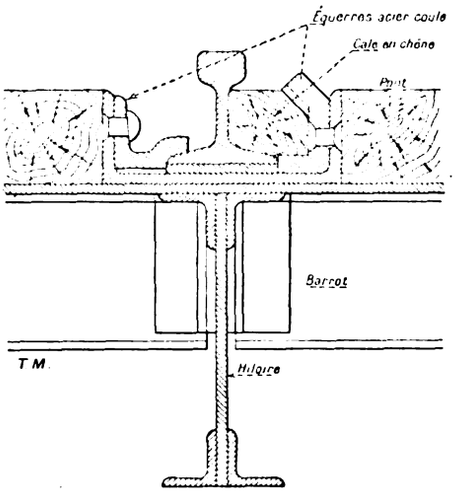


FIG. 1. — Fixation du rail sur le pont d'un ferry-boat.

Un procédé curieux est celui qui est appliqué sur le ferry-boat « Finnieston » (traversée de la Clyde) : ce bateau porte une plate-forme montée sur 8 vérins à vis. Les vis sont à double filet, elles sont actionnées simultanément par une machine à vapeur spéciale qui peut élever ou abaisser de 5m,200 la plate-forme guidée à l'intérieur de 4 grands portiques. Cette plate-forme peut recevoir 20 trucks.

Les plate-formes des porte-trains reçoivent 1, 2, 3 et même 4 voies ; ces voies se rapprochent près de l'extrémité sans qu'il y ait cependant d'aiguille sur le bateau. La figure 1 montre la fixation du rail sur le pont d'un ferry-boat danois. Les wagons sont maintenus par l'un des procédés suivants :

Chaînes avec tendeurs fixées près des tampons, aboutissant à des griffes qui saisissent le rail ;

Digitized by Google

Chaînes avec tendeurs fixées au crochet d'attelage d'une part et à des crochets disposés dans l'axe de la voie d'autre part ;

Chaînes avec tendeurs reliant la tête des wagons aux parois du navire ;

Cales ou barreaux immobilisant les roues.

Sur les navires maritimes, le pont des voies est recouvert totalement ou partiellement par un spardeck, les parois latérales sont fermées, le tout constitue une gare bien abritée.

La carène du navire contient, outre les machines et chaudières, quelques salons, cabines, salles à manger ; on dispose aussi quelquefois des cabines sur la plate-forme en abord des voies, comme

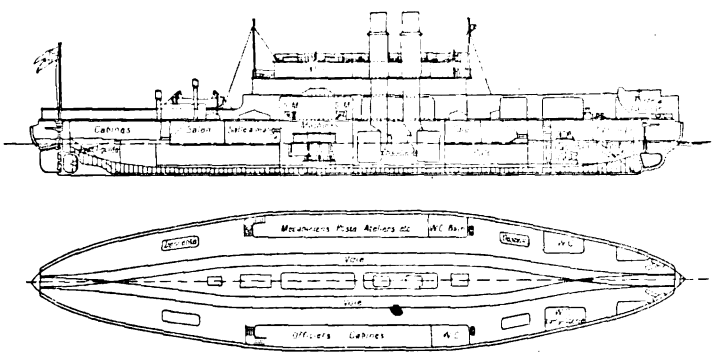


Fig. 2. — Ferry-boat de la ligne Gjedser-Warnemünde.

on le voit sur la figure 2 représentant un ferry-boat du service Gjedser-Warnemünde, et aussi au-dessus de la gare.

Les formes de carène des navires porte-trains diffèrent de celles des paquebots ordinaires par un plus grand évasement. L'aménagement de la plateforme conduit en effet à une plus grande largeur, par rapport aux deux autres dimensions, et ceci compense, et au-delà, l'élévation du poids du chargement ; aussi, pour ne pas avoir de mouvements de roulis trop durs, on limite la hauteur métacentrique à 70 cm, 1 m au plus, en rétrécissant les formes vers la base. Ces formes évasées ont aussi l'avantage de donner des surfaces de flottaison qui croissent avec l'inclinaison du navire, ce qui réduit la bande qu'il peut prendre pendant le chargement. La figure 3 donne la projection verticale des couples d'un petit ferry-boat dont les formes sont particulièrement accentuées.

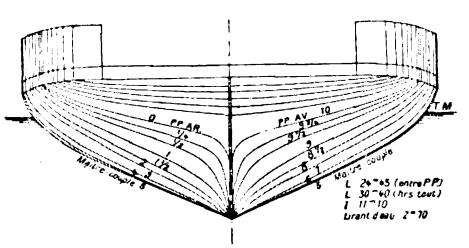
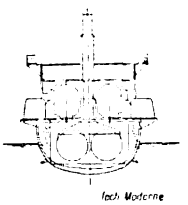


Fig. 3. — Plan des formes (*Vertical*) d'un petit ferry-boat.

Nous avons dit plus haut que les *propulseurs* étaient, soit des roues à pales, soit, le plus généralement, d'ailleurs, des hélices, mais on a étudié aussi, pour la traversée de larges rivières des bacs porte-trains toués, c'est-à-dire se remorquant par une chaîne ou un câble noyé. Un projet très ingénieux avait été établi il y a quelques années pour la traversée de la Seine maritime. Pour ne pas avoir à lutter contre le courant, le bac se meut perpendiculairement à son axe longitudinal par le moyen de 2 câbles immergés en travers du fleuve qui passent sur 2 cabestans électriques de touage, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière du bac. Le courant est pris par un trolley qui circule sur un câble à suspension catenaire tendu à une très grande hauteur au-dessus de l'eau et d'une seule portée. Ce bac s'amarre parallèlement à la rive dans une sorte de redan disposé pour permettre l'accès de la voie ferrée ; il comporte une hélice pour neutraliser l'effet du courant et assurer une rectitude suffisante du trajet.

La capacité utile en poids de ces navires est certainement très faible, et comme nous l'avons dit, il s'agit encore moins d'une question de poids transporté que d'une question de simplification d'un service de transport. Un porte train de 2 970 t de déplacement transporte 28 wagons pesant, chargés, 467 t, soit un rapport de 0,157, et si on retranche la tare des voitures, le rapport du poids net transporté au déplacement est inférieur à 8 % pour des marchandises. S'il s'agit de voyageurs, il est encore bien plus faible, mais guère plus que pour un paquebot ordinaire dans lequel il n'y a plus de question de poids, mais d'espace.

La vitesse de ces navires est de 4 à 6 nœuds à l'heure pour les fleuves ou estuaires, de 10 à 16 nœuds 1/2 sur le réseau danois et sur le réseau du lac Michigan. On a envisagé 17 à 18 nœuds pour la traversée projetée de la Manche.



Le plus grand navire de ce type est le « Solano », de la Southern Pacific RR, qui a 129 m de longueur, 19m,50 de largeur et peut porter 48 wagons et 4 locomotives. Le « Ann Arbor n° 5 » qui a 4 voies, a 110 m × 17 m, il porte 30 wagons de 12m,80. Parmi les bateaux européens, les plus grands sont le « Christian IX », de 2 600 tonnes et 1 800 chevaux, le « Prins Christian », de 2 065 tonnes et 2 200 chevaux, le « Drottning Victoria », de 113 m × 16 m 30, déplacement 4 270 t au tirant d'eau de 5 m, poids embarqué 600 t, puissance 4 500 chevaux environ pour faire 16 nœuds 1/2.

C. N.

TRAVAUX PUBLICS

Le tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre.

Les conférences organisées, à l'Exposition de Gand, par les Compagnies françaises de Chemins de fer, ont suscité le plus vif intérêt ; l'une d'entre elles, toutefois, a particulièrement attiré l'attention par l'importance quasi-mondiale du sujet traité : « Le Tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre », comme aussi par la compétence certaine de l'orateur, M. Moutier, le si distingué chef des Services Techniques du Chemin de Fer du Nord, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Le conférencier rappelle, tout d'abord, les bienfaits qui sont nés de l'amélioration et du développement des moyens de transport, puis il expose que seuls, malgré les réels progrès accomplis par la Navigation maritime, les échanges entre l'Angleterre et la France et le reste du continent sont restés difficiles par suite de l'obstacle naturel que forme le détroit, d'origine assez récente, résultant d'une érosion produite dans un sol qui, à n'en pas douter, fut préalablement continu.

Le nombre relativement restreint des passagers qui affrontent la traversée témoigne de la gêne qu'elle occasionne et des appréhensions qu'elle cause.

En 1911, en effet, alors que l'on comptait entre la France et l'Allemagne, et vice versa, 2 868 011 voyageurs, pour une population totale de 100 242 000 habitants et que 4 364 540 voyageurs sur un ensemble de 52 826 000 habitants circulaient dans les deux sens entre la France et la Belgique ou la Hollande, on ne trouvait pas plus de 1 662 000 passagers échangés entre l'Angleterre et les principaux ports de la Manche, de la mer du Nord et de la Baltique. Or, si l'on additionne les populations des pays desservis par ces ports : France, Allemagne, Belgique et Hollande et celle de l'Angleterre, on arrive au chiffre de 157 644 000 âmes. Le rapport du nombre des voyageurs à l'effectif global des peuples considérés n'est donc que d'un peu plus de 1 %. Au contraire, la proportion est de 2 voyageurs pour cent habitants entre la France et l'Allemagne et de 8 % entre la France, la Belgique et la Hollande.

La création du tunnel sous la Manche compléterait heureusement l'œuvre créée par la Compagnie du Chemin de Fer du Nord, dont les services rapides permettent aux habitants de toutes les grandes villes desservies par son réseau et même, à ceux de

Digitized by Google

Bruxelles et de Liège, de venir passer l'après-midi à Paris et d'être de retour chez eux le soir. Le tunnel rendrait aussi faciles les relations entre Londres et Paris; il mettrait les deux capitales à 5 heures ou 5 heures 1/2 l'une de l'autre, réduisant ainsi de plus de 2 heures la durée du parcours le plus rapide : on pourrait partir de l'une des deux villes vers 8 ou 9 heures du matin, être dans l'autre à 1 ou 2 heures de l'après-midi, en repartir à 6 ou 7 heures du soir, puis rentrer chez soi entre 11 heures ou minuit.

Un semblable service entre les deux capitales aurait pour conséquence de doubler, peut-être de tripler en quelques années le nombre des voyageurs ; le courant des affaires entre les deux pays suivrait naturellement une progression analogue.

L'intérêt commercial est considérable : les statistiques douanières montrent, en effet, que notre mouvement d'affaires avec la Belgique et surtout avec l'Allemagne suit, depuis nombre d'années, une marche ascendante nettement plus rapide que nos transactions avec l'Angleterre.

De 1904 à 1911, le commerce entre la France et l'Angleterre est passé de 2 219 millions à 2 923 millions, soit une progression de 30 % alors que, pendant cette même période, le commerce franco-allemand passait de 1 177 millions à 2 035 millions, soit une progression de 60 %.

Après avoir fait sentir, au point de vue commercial, toute l'éloquence des chiffres, M. Moutier dégage cette conclusion qu'au point de vue économique, le percement du tunnel n'est plus seulement un progrès désirable, mais qu'il apparaît chaque jour davantage comme une nécessité absolue.

Le conférencier fait ensuite l'historique de la question.

Dès 1802, un ingénieur des Mines nommé Mathieu présentait au Premier Consul un projet de tunnel destiné au service des diligences, mais dont l'exécution eût été problématique.

Un peu plus tard, Franchot et Tessié proposaient d'établir, sur le fond de la mer, un gros tube en fonte qui eût contenu la route. Ce projet n'était pas plus réalisable que le précédent et il faut arriver à l'année 1867 pour trouver un projet théorique basé sur une étude géologique du fond du détroit.

Ce projet, qui est dû à Thomé de Gamond, ingénieur hydrographe, qui consacra sa vie à chercher la solution de ce problème, consistait à placer le tunnel en ligne droite depuis le Gris-Nez jusqu'à Eastwerdhen; le tracé traversait les formations géologiques les plus diverses, dont plusieurs étaient essentiellement perméables ; de ce fait, le projet n'aurait pas été réalisable, mais il avait le rare mérite de préciser les renseignements les plus précieux sur la constitution géologique du détroit.

Pour compléter ses efforts scientifiques, Thomé de Gamond forma, en 1869, moitié à Paris moitié à Londres, un Comité franco-anglais dont le but était de travailler, de chaque côté du détroit, à la constitution des Sociétés définitives et d'obtenir la concession de la ligne ; des négociations s'engagèrent entre les cabinets de Paris et de Londres, et le gouvernement britannique accueillit favorablement la première démarche faite par M. de Lavalette en 1870.

La conversation aboutit, en 1874, à un accord très complet et une Commission franco-britannique se réunit pour en fixer les termes dans un protocole qui fut signé le 30 mai 1876

Il y avait alors plus d'un an qu'une société s'était formée en France en vue d'obtenir la concession d'une ligne sous-marine vers l'Angleterre, dont le projet différait profondément des projets antérieurs par l'idée essentielle de percer le tunnel dans la couche imperméable de craie grise, de suivre cette couche dans ses irrégularités afin de se maintenir à distance des terrains perméables dont la traversée eût fait du tunnel une véritable galerie de drainage.

Une loi du 2 août 1875 a déclaré d'utilité publique l'établissement d'un chemin de fer devant partir d'un point à déterminer de la ligne de Boulogne à Calais et rencontrer sous le détroit un chemin de fer parti de la côte anglaise. La concession était donnée, sans subvention ni garantie d'intérêt, pour une durée de 99 ans à partir de la mise en exploitation du chemin de fer sous-marin.

La Société française (1) concessionnaire existe toujours et est toute prête à reprendre les travaux ; elle devait exécuter, jusqu'à concurrence de 2 millions au moins, les travaux préparatoires de toute sorte jugés nécessaires pour établir les conditions techniques de l'opération et la possibilité de l'entreprendre avec des chances sérieuses de succès.

Les travaux préparatoires (fig. 1) : puits, sondages, galerie d'essai de 1 849 m, ont été exécutés, de sorte que les travaux définitifs pourraient être repris pour ainsi dire immédiatement.

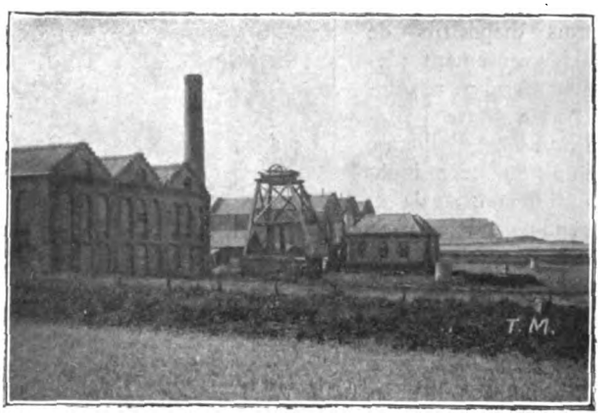


FIG. 1. — Vue de l'usine de Sangatte.

En Angleterre, des travaux très intéressants aussi ont été faits à une petite distance de Folkestone, constatant l'imperméabilité complète de la craie grise de Rouen dans laquelle doit se dessiner le tracé et faisant l'essai de la perforatrice du Colonel Beaumont. Un puits aussi a été creusé avec une galerie placée au-dessous du niveau de la mer et dont la longueur est de près de 1 800 m.

Les sondages entrepris, les galeries d'essai établies, tout vint confirmer les résultats obtenus par la Compagnie française et fit espérer qu'au point de vue technique, comme au point de vue financier, il n'y avait, pour ainsi dire, plus d'obstacles sérieux.

On en était là lorsque les autorités anglaises firent interrompre les travaux pour donner satisfaction à une partie de l'opinion publique que le projet de voie sous-marine commençait à inquiéter.

M. Moutier expose les considérations dont se sont inspirés les adversaires anglais du projet :

L'argument capital est fourni par les nécessités de la défense britannique. Sous l'impression, peut-être, de souvenirs historiques, l'opinion anglaise vit, dans la voie sous-marine, un passage favorable pour un envahisseur contre lequel les canons de la flotte

(1) Le Comité qui représente cette Société, et qui n'a jamais été dissous, est aujourd'hui composé de la façon suivante :

COMITÉ :

M. N....., président; M. Griolet (G.), vice-président; M. Raoul-Duval (René), administrateur-délégué; M. Caillaux (Joseph), administrateur; M. Demachy, administrateur; M. Johnston (Raoul), administrateur; M. Leroy-Beaulieu, administrateur; M. Mirabaud (Gustave), administrateur; M. Raoul-Duval (Maurice), administrateur; M. Sartiaux (Albert), administrateur; M. Schneider (Paul), administrateur; M. Vernes (Félix), administrateur.

SOUS-COMITÉ DE DIRECTION :

M. N...., président; M. Griolet, vice-président; M. Raoul-Duval (René) ; M. Leroy-Beaulieu; M. Sartiaux (A.); M. Breton (Ludovic), ingénieur, directeur honoraire des travaux.

Digitized by Google

demeureraient impuissants ; cependant, dit le conférencier, le danger d'une invasion par le tunnel est tout à fait inexistant.

Non seulement il est inadmissible qu'un acte de cette nature puisse être préparé sans que la puissance menacée ait été, par quelques indices, mise sur ses gardes, mais encore l'expérience des difficultés qui accompagnent l'embarquement, le transport, et surtout le débarquement des troupes avec leur matériel permet de prévoir les impossibilités auxquelles on se heurterait dans un semblable projet, qu'il serait d'ailleurs bien impossible à tenir secret.

Il suffirait de quatre hommes sûrs et de deux ou trois dispositifs de mines heureusement placés pour rendre absolument vaine toute tentative d'invasion; d'ailleurs, les conditions techniques de l'établissement de la voie sous-marine sont de nature à faire disparaître les craintes de l'Angleterre.

Le projet consiste, en effet, à faire entrer le tunnel sous terre, dans l'une ou l'autre des deux falaises maritimes, sous un angle suffisamment accentué pour que le tracé de la voie se continue obligatoirement au-dessus de la plage par un grand viaduc en fer à cheval, ramenant la voie ferrée sur la terre ferme à ciel ouvert. Un tel viaduc (fig. 2), en même temps qu'il procurerait aux touristes un magnifique panorama, serait le plus admirable point de mire qu'il soit possible d'imaginer pour les canons de la flotte anglaise, et, une fois détruit, il ne pourrait être rétabli par aucun ouvrage provisoire.

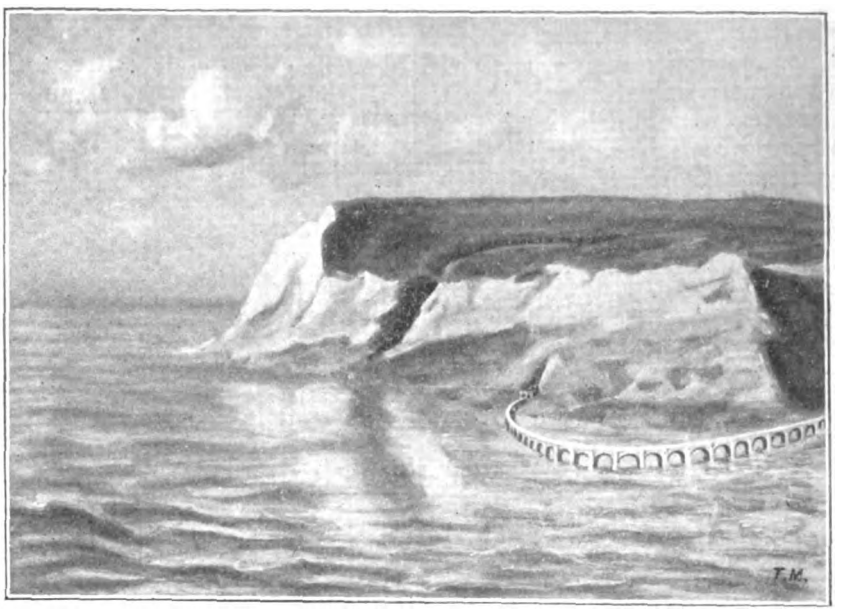


Fig. 2. — Aspect des viaducs de raccordement.

De plus, la traction des trains se ferait par l'énergie électrique et le tunnel serait formé de deux galeries, dont l'une servirait aux trains allant d'Angleterre en France et l'autre aux trains allant de France en Angleterre, chacun des deux pays fournissant à lui seul le courant nécessaire à la marche des trains se dirigeant vers lui. Des dispositions seraient prises pour que l'usine française, par exemple, ne puisse assurer accidentellement la traction des trains venant de France, qu'à l'aide de dispositifs, d'ailleurs délicats et assez longs à installer, placés entre les mains des Anglais. Pour permettre l'arrivée des trains français en Angleterre, les Anglais devraient donc, non seulement négliger de couper les câbles amenant le courant, mais encore se donner la peine d'organiser les travaux qu'exigerait l'usage du courant français.

Après avoir traité à fond le côté militaire, le conférencier montre que les intérêts de la marine marchande anglaise ne seraient nullement mis en péril par la voie sous-marine, puis il aborde la question sous son aspect purement technique.

Les études primitives ont été mises au point et remaniées, grâce aux travaux de savants et de techniciens éminents.

Aujourd'hui, le projet est entièrement prêt, et les moyens dont on dispose actuellement, rendraient son exécution relativement aisée. Les divers progrès réalisés depuis trente ans ont, en effet, réduit sur plus d'un point les difficultés à vaincre.

La traction électrique, notamment, qui s'accommode de rampes plus accentuées, et de courbes moins larges, a permis aux auteurs du projet actuel d'adapter plus étroitement le profil de la ligne aux ondulations des couches géologiques imperméables qu'elle doit traverser. Avec la traction à vapeur, au contraire, on aurait été contraint d'envisager un tracé un peu différent et le passage, à plusieurs reprises, dans des terrains friables, peu propices par conséquent à un semblable ouvrage.

Pour donner une idée exacte des travaux à entreprendre et de leur marche probable, le conférencier se réfère aux travaux de M. Albert Sartiaux, l'éminent administrateur de la Société du Tunnel, et en donne une analyse qui peut être résumée de la manière suivante : « Au moment où la Société du Tunnel sous-marin a entrepris ses travaux et ses recherches, les études de deux éminents Ingénieurs géologues, MM. Potier et de Lapparent, assignaient comme emplacement du tunnel la deuxième assise, très argileuse, bleuâtre et imperméable à sa base, du Cénomanien qui alimente les exploitations de pierre à ciment du Boulonnais.

« Les 7 600 et quelques sondages qu'ils effectuèrent en 1876 et 1877, les 3 267 « carottes » qu'ils purent utiliser, avaient permis de repérer sur la carte du fond de la mer les points de chaque sondage et la nature des divers terrains recueillis (fig. 3), de faire la séparation de ces terrains et de tracer les lignes d'affleurement, au fond du détroit, des couches rencontrées du Jurassique, du Wealdien (craie inférieure), de l'Albien (Gault ou grès vert aquifère), du Cénomanien (craie glauconieuse), du Turonien (craie marneuse), du Sénonien (craie blanche), qui forment l'assise supérieure des terrains crétacés. Ils avaient permis de constater l'allure régulière des couches dont les affleurements sont visibles sur les deux falaises opposées de France et d'Angleterre. sur les-

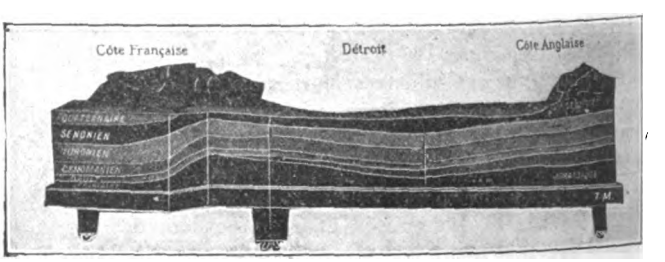


Fig. 3. — Maquette des couches géologiques.

quelles on constate, aux mêmes hauteurs, les mêmes bancs de silex avec la même inclinaison, les mêmes fossiles, etc..., etc... Ils donnaient la plus grande confiance que ces couches n'ont, en aucun point du détroit, subi des fractures, qu'elles se présentent continues, sans le moindre rejet ou « faille ».

« Les travaux exécutés en Angleterre et en France, et en particulier les deux puits de Sangatte creusés par M. L. Breton, jusqu'à la base de la craie cénomanienne dite de « Rouen » et la galerie de 1839m,63, creusée sous la mer dans la même craie, ont confirmé cette manière de voir. Les belles et consciencieuses études poursuivies par M. L. Breton, depuis 1879, c'est-à-dire depuis plus de 25 ans, dans le Boulonnais (France) et dans le Kent (Angleterre), ont encore précisé cette confiance : elles ont cons-

Digitized by Google

tamment montré les couches de craie sans dislocation, sans faille ; il a trouvé sur terre des ploiements à grande courbure et jamais de cassures, qui se seraient traduites par des absences de continuité dans les affleurements dans le détroit.

Tout fait donc prévoir et donne la quasi-certitude de l'exactitude des prévisions de MM. Potier et de Lapparent et, autant qu'on peut être certain d'une chose quand on ne l'a pas encore touchée du doigt, on doit croire qu'on trouvera à toute largeur du détroit, affleurant tant du côté anglais que du côté français, dans des conditions favorables pour l'immersion du tunnel, une couche continue, épaisse, dure et imperméable, convenant à la construction et à l'exploitation du tunnel.

On peut affirmer que le plus difficile ne sera sans doute pas de percer le tunnel sous-marin, mais de le tracer. On entrera facilement dans le banc favorable, à la falaise du cap Blanc-Nez, mais il faudra cheminer à tâtons dans le banc, en se garant des plis fâcheux, des ondulations gênantes, si, contrairement à toute attente, il y en a : il faudra se tenir à distance convenable des terrains perfides et n'avancer que pas à pas, en sondant tous les 100 ou 150 m le terrain au-dessous et au-dessus.

Disons de suite que les progrès réalisés en électricité depuis 20 à 25 ans faciliteront singulièrement la tâche, puisqu'au lieu du tracé rigide, à larges courbes et à faibles pentes, qu'exigeait la traction à vapeur ou à eau surchauffée, ou à air comprimé, la traction par l'électricité permettra d'adopter un tracé comportant, s'il en est besoin, des courbes plus raides, de 300 à 400 m de rayon, avec des déclivités plus élevées, de 15 à 20 mm, qui permettront vraisemblablement d'épouser, sans trop de difficultés, les ondulations en forme d'M très étalée que présentent les couches de terrain où il faudra s'avancer.

On compte partout dans le détroit sur une épaisseur minima de 40 à 50 m pour la craie imperméable, et tout permet de croire que cette espérance ne sera pas déçue; mais, déjà avec cette épaisseur, il ne serait peut-être pas très prudent de construire une galerie unique pour deux voies, qui aurait nécessairement une forme ovale de 9 à 10 m de largeur horizontale et de 6 à 7 m de hauteur. Nous aurions, de ce fait, dans la craie grise, une voûte surbaissée au-dessus de laquelle il resterait une épaisseur de couche quelque peu incertaine, pouvant descendre à quelques mètres seulement et qui pourrait pourtant être appelée à supporter une pression relativement considérable, puisqu'elle pourrait atteindre de 15 à 20 kg par centimètre carré. Ce serait véritablement risquer quelque chose que d'adopter une section de cette nature et il est infiniment préférable d'adopter deux galeries circulaires parallèles, de 5m,50 à 6 m de diamètre chacune, distantes de 15 m l'une de l'autre (fig. 4), ne réagissant par conséquent pas l'une sur l'autre au point de vue résistance de la couche, et créant dans cette couche la cause minima de dislocation du fait de la forme circulaire qui est, par excellence, celle de la résistance aux pressions intérieures ou extérieures.

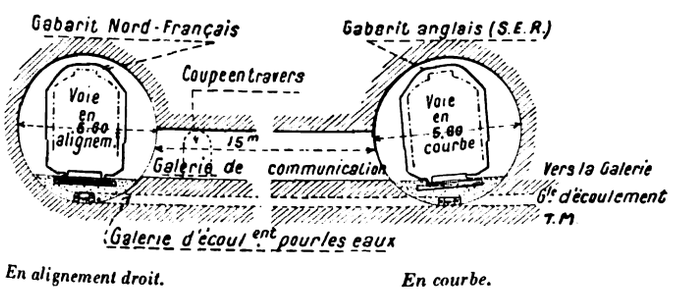


FIG. 4 — Coupe des galeries.

Les deux galeries communiqueraient d'ailleurs, de distance en distance, l'une avec l'autre, par des rameaux transversaux très rapprochés, tous les 100 m par exemple, qui feraient des deux galeries un ensemble en rapport très étroit.

Le profil transversal du tunnel étant ainsi arrêté et défini, il convient de choisir entre deux solutions : l'une consistant à assurer l'écoulement des eaux d'infiltration par la double galerie

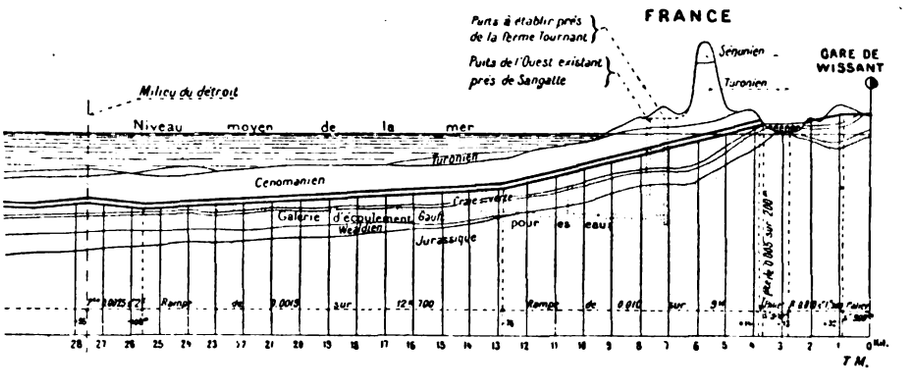


FIG. 5. — Profil en long partiel.

qui servira au passage des deux voies ferrées ; l'autre séparant la galerie d'écoulement du passage des deux voies ferrées.

La première solution force à adopter, pour le profil en long du tunnel, un profil en dos d'âne, c'est-à-dire que le tunnel aurait son point le plus élevé au centre du détroit avec deux points bas sur les rives, afin de rassembler les eaux d'infiltration dans ces points bas où il faudrait les pomper pour les rejeter à la mer. C'est aussi de ces points que devrait remonter au jour le tunnel au prix d'un allongement de parcours sensible et de déclivités qui atteindraient le maximum compatible avec la traction électrique qui sera certainement adoptée.

De pareilles sujétions suffiraient pour faire écarter *a priori* cette première solution et c'est très judicieusement qu'on a adopté la seconde solution d'une galerie d'écoulement indépendante du tunnel proprement dit. Cette solution serait d'autant plus justifiée que la galerie d'écoulement devra servir en même temps à construire le tunnel et à évacuer les déblais. A ce point de vue, la considération de la durée d'exécution des travaux empêche complètement de songer à la première solution, avec laquelle on ne disposerait, à partir des points bas situés sur les rives, que d'un front d'attaque unique de chaque côté du détroit. La durée des travaux dépendrait donc de la vitesse de l'acheminement d'une galerie double de la section maxima, c'est-à-dire que l'on partirait vers l'inconnu, puisqu'on n'a de données sur la vitesse de cheminement que pour une galerie de 2m,13 de diamètre en chiffres ronds, c'est-à-dire de 3m,56 de section, alors qu'il faudra envisager le forage d'une galerie double définitive qui aurait une section presque six fois plus considérable.

Il faut, pour toutes ces raisons, écarter la première solution et adopter la seconde dans laquelle le profil en long (fig. 5), en fond de bateau avec points bas sur les rives, sera conservé mais réservé pour une galerie spéciale qui servira à la construction d'abord, à l'écoulement des eaux d'infiltration ensuite pendant toute la durée de l'exploitation, et sur laquelle à ce double titre, il suffira de doubler à peu près la section connue et expérimentée de 2m,14 de diamètre, en la portant à 3 m de diamètre en chiffres ronds. C'est par cette galerie que devra commencer le travail ; quand seront forés les puits qui permettront de l'attaquer en commençant par les points bas. Sauf pour les premiers kilomètres du tunnel, qui se feront en partant du puits déjà construit, c'est de cette galerie que partiront, au fur et à mesure de l'avancement, des rameaux transversaux de même section qui iront rejoindre le véritable tracé du tunnel en une série de points successifs d'où

Digitized by Google

nous repartirons cette fois suivant le tracé définitif avec un front d'attaque par rameau en arrière, de manière à construire le tunnel véritable par sections successives qui viendront se rejoindre les unes les autres sous la mer.

Une fois affranchi, par la présence d'une galerie d'écoulement spéciale, de l'obligation d'écouler les eaux, le tunnel ne conservera sa forme en dos d'âne que sur la section centrale, longue de quelques kilomètres seulement ; puis il remontera jusqu'au jour avec des déclivités croissantes, allant sans doute de 0 à 20 mm par mètre.

Le travail commencera par la galerie d'écoulement qui devra servir également de galerie d'avancement ; cette galerie d'écoulement partira du point bas dans lequel seront rassemblées sous la terre ferme, les eaux d'infiltration, à l'extrémité inférieure du puits ou des puits par lesquels sera faite l'évacuation des déblais pendant la construction et des eaux pendant cette même période et plus tard pendant l'exploitation.

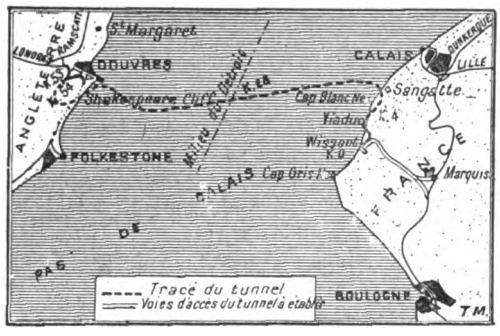


FIG. 6. — Ensemble du tracé.

Le raccordement (fig. 6) aux lignes françaises de chemin de fer se détachera à Beuvrequent, de la grande artère Paris-Calais, passera tout près de Marquise et aboutira presque en ligne droite à Wissant, où sera établie la gare de douane et de triage et où se fera le rebroussement nécessaire pour le changement de machine, la machine électrique venant au fond de l'impasse du rebroussement et la machine à vapeur qui doit emmener le train vers Paris ou vers le Nord, venant simplement s'atteler à la queue du train qui devient la tête, sans manœuvre et sans perte de temps.

La partie de voie au jour ne nécessitera pas de travaux difficiles ou coûteux, sauf le viaduc qui précéderait l'entrée du tunnel et qui pourrait être établi, pour répondre aux préoccupations militaires anglaises, de manière à être battu par les canons d'une flotte qui serait maîtresse du détroit. Elle aurait une longueur de 14 kil. seulement et ses déclivités ne dépasseraient pas 6 mm par mètre, de sorte que dans le sens de Paris on ne rencontrerait nulle part les grandes déclivités de 8 mm que l'on rencontre sur la ligne de Boulogne à Calais, à partir de la rampe dite de Caffiers.

En terminant sa conférence, M. Moutier exprime l'espoir que rien ne s'opposera maintenant à la réalisation d'une entreprise du plus grand intérêt et très suffisamment rémunératrice, attendu qu'on peut évaluer à 400 millions le coût total de l'ouvrage et que le produit net serait certainement supérieur à 25 millions, chiffre correspondant à une évaluation faite pour une exploitation d'intensité très moyenne, dont la marge de développement demeure assez étendue.

L. LACHAPELLE.

Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du viaduc de Caronte.

La ligne de Miramas à l'Estaque constitue le dernier tronçon du dédoublement de la ligne Paris-Marseille (1). Elle s'étend sur 61 km de longueur et permet d'éviter le souterrain de la Nerthe sur la ligne actuelle qui nécessite souvent des réparations.

La construction de la ligne entre Miramas et Port-de-Bouc n'a pas présenté de difficultés, mais entre Port-de-Bouc et l'Estaque se trouvent accumulés toute une série d'ouvrages d'art : il n'y a pas moins de 20 ponts ou viaducs de 20 m au moins d'ouverture, et 24 souterrains parmi lesquels se trouve le souterrain de Carry de 200 m de longueur situé dans la marne ; les pressions exercées par le terrain sur la maçonnerie sont considérables et les entrepreneurs ont rencontré là de très sérieuses difficultés.

La ligne sera ouverte à l'exploitation : *a*) de Miramas à Port-de-Bouc, fin 1913 ; *b*) de Port-de-Bouc à l'Estaque, fin 1914.

Le retard apporté à l'exploitation du 2e tronçon provient du grand nombre d'ouvrages d'art et surtout du travail formidable qu'il a fallu fournir pour terminer le viaduc de Caronte.

Ce viaduc franchit l'Etang de Caronte qui fait communiquer l'étang de Berre avec la mer. Sa longueur est de 942m,95, divisée en 2 travées fixes de 51m,20 de portée, une travée tournante équilibrée en deux volées de 57m,20 et 8 travées fixes de 82m,50. Le viaduc repose sur 11 piles en maçonnerie et 2 culées.

Le rail est situé à 14m,50 au-dessus du niveau moyen de la mer. Sous la partie tournante, afin d'éviter une manœuvre trop fréquente du pont, la hauteur est de 23 m, les voiliers de pêche peuvent ainsi passer. La passe a 40 m de largeur et 10 m de profondeur en vue de la transformation du chenal en canal militaire.

Toutes les fondations ont été exécutées au moyen de caissons à air comprimé, un seul incident important a marqué le fonçage: pendant la traversée des vases du fond de l'étang, les gaz dégagés par ces vases attaquèrent les conjonctives des tubistes, et l'on dut renoncer à poursuivre le travail, on dut dégager les caissons et draguer les vases jusqu'à enlèvement complet.

Poids total du métal employé dans les caissons	882 630kg
Volume total des fondations à l'air comprimé.....	37 800m³
Cube total de la maçonnerie de fondation	32 460m³
Cube total de la maçonnerie en élévation.....	16 220m³
Prix moyen du mètre cube de fondation à l'air comprimé.	71 fr

La partie métallique est très importante, elle a été exécutée par MM. Daydé et Pillé (travées de 82m,50) et Schneider (travées de 51m,20 et partie tournante y compris le mécanisme).

Les travées de 82m,50 sont au nombre de 8 et solidaires 2 à 2, chaque groupe de 2 travées est ancré en son milieu et libre à ses deux extrémités. Le poids total par mètre courant est de 10 t 67. Chaque groupe de 2 travées a été lancé isolément, il était muni d'un avant-bec démontable par panneaux de 5 m et d'un arrière-bec. La hauteur des poutres est de 9m,10.

Les travées de 51m,20 pèsent 6 t 892 par mètre courant, elles ont été lancées à l'aide d'une palée intermédiaire en charpente.

La partie tournante a une longueur totale de 113 m ; la hauteur des 2 poutres trapézoïdales qui la compose est de 13m,40 sur pile et de 7m,60 sur culées. Son poids est de 1 113 t, et le poids du mécanisme est de 400 t.

Pendant la rotation le pont tout entier reposera sur un pivot, constitué par une lentille en bronze de 0m,83 de diamètre comprise entre 2 crapaudines en acier. D'après M. Canat ce sera la plus lourde travée du monde entier tournant sur pivot fixe.

Toute la manœuvre est assurée par deux moteurs à essence de 100 chevaux chacun, commandant les mécanismes par une transmission hydraulique système Jeanney. Les rails seront éclissés, après le calage du tablier, mécaniquement par un moteur à air comprimé, les compresseurs étant actionnés par deux petits moteurs à essence. La durée de la manœuvre sera de 5m 17s.

Pour la ligne entière Miramas-l'Estaque le cube total de déblais est de 3 193 000 m³ et le cube total des maçonneries, souterrains non compris, est de 374 800 m³.

H. VILLETARD,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, juin 1913.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en télégraphie sans fil. — Si l'on veut établir un poste de télégraphie sans fil en dimensions réduites, on est arrêté par la difficulté de réaliser l'analogue d'un sol indéfini. Les auteurs ont cherché à s'en affranchir en substituant au sol un fil conducteur de très grande longueur.

Le système formé par un fil indéfini et un conducteur isolé voisin où l'étincelle oscillante éclate entre le fil et le conducteur constitue un oscillateur de médiocre qualité ; par exemple, on obtient de mauvais résultats en plaçant un fil étroit perpendiculairement au fil indéfini. Les résultats sont meilleurs quand on met autour du fil indéfini un cylindre métallique dont l'axe coïncide avec ce fil ; l'énergie en jeu est plus grande, mais l'oscillation est complexe. Le fonctionnement est au contraire, très satisfaisant, et l'on obtient des oscillations dont l'amortissement est du même ordre que celui des antennes filiformes, si l'on substitue au cylindre un disque perpendiculaire au fil, ayant son centre sur le fil. *Le système antenne rectiligne-sol est ainsi remplacé par le système antenne disque-fil indéfini* par un artifice analogue à celui de la transformation ponctuelle en géométrie et l'on remarquera qu'il y a symétrie complète autour du fil et que, de plus, dans un plan contenant le fil et un diamètre, la répartition des lignes de force est analogue à celle qui existe dans un plan vertical contenant une antenne rectiligne verticale.

On retrouve ici toutes les particularités de fonctionnement des antennes de T. S. F. Il est possible de les accorder avec une self ou une capacité, selon que la longueur d'onde doit être augmentée ou diminuée. Pour deux disques égaux, on obtient un maximum net avec le même nombre de spires de self dans les deux disques. Pour deux disques inégaux, il est nécessaire d'ajouter une self au petit disque ou une capacité au grand ; l'acuité de l'accord est la même qu'en T. S. F. ordinaire. L'amortissement est aussi du même ordre de grandeur.

Ce système présente l'avantage de mettre en jeu une énergie considérable très peu affaiblie par la propagation et de permettre la mesure du courant dans le fil, ce qu'on ne peut faire dans le sol. Il offre la possibilité de modifier les conditions du milieu-ambiant, soit à l'émission soit à la réception, d'une façon très commode grâce à ses petites dimensions.

(Note de MM. *E. Rothé* et *M. Guéritot*, transmise par M. E. Bouty, Académie des Sciences, 11 août 1913.)

Câbles en cuivre et câbles en aluminium. — Il n'y a pas de raison particulière, au point de vue électrique, pour que l'on ne substitue pas complètement les conducteurs en aluminium aux conducteurs en cuivre pour tous les usages et pour toutes les applications ; mais le choix de l'un et l'autre système dépend des conditions du marché.

La production mondiale en cuivre est aujourd'hui d'environ 1 004 485 tonnes, celle d'aluminium de 60 000 t ; 15 % environ de cette dernière quantité, soit 10 000 tonnes sont employées dans l'industrie électrique ; on s'occupe actuellement de la construction de nouvelles fabriques et, dans deux ou trois ans, la production d'aluminium sera vraisemblablement voisine de 100 000 t ; cette extension ne manquera pas de déterminer une forte diminution de prix et il en résultera très probablement que l'emploi de l'aluminium s'étendra beaucoup. Les barres de cuivre électrolytique pour les tréfileries contiennent environ 0,2 % d'impuretés ; les barres d'aluminium, 0,5 à 0,7 ; les impuretés qui existent principalement dans l'aluminium sont le siliciure de fer ; la proportion d'impureté ne peut jamais dépasser 0,71 %, valeur à laquelle la conductibilité des fils durs étirés est de 60 % de la conductibilité du cuivre dur ; avec 0,5 % d'impuretés, la conductibilité est de 61,7 %.

L'aluminium présente de grands avantages pour les lignes à installer dans le voisinage des fours à coke et autres installations du même genre, parce qu'il n'est pas altéré par le bioxyde de soufre, ce qui n'est pas le cas pour le cuivre.

A égalité de section et toutes autres choses égales, le conducteur d'aluminium transporte, pour une perte déterminée, 70 % du courant que peut transporter le conducteur de cuivre ; réciproquement, pour pouvoir transporter le même courant avec une chute de tension égale, la section du conducteur d'aluminium doit être 1 666 fois celle du cuivre.

Pour une capacité de transmission donnée, le poids d'aluminium nécessaire est la moitié de celui du cuivre.

Le coefficient de dilatation linéaire de l'aluminium est de 40 % plus grand que celui du cuivre.

L'aluminium destiné aux lignes aériennes doit être laminé à froid ; ce procédé, associé aux perfectionnements qui ont été apportés à l'ensemble de la fabrication a augmenté la résistance à la rupture de 10 % comparativement à celle des fils qui étaient fabriqués il y a trois ans.

Le diamètre du câble en aluminium étant plus grand que celui du câble en cuivre correspondant, le prix de l'isolement est plus cher pour le premier que pour le second.

Tenant compte de cette circonstance, on peut évaluer que le câble en aluminium est moins cher que le câble en cuivre, lorsque l'excédent de prix de la tonne d'aluminium sur celui de la tonne de cuivre ne dépasse pas les sommes indiquées ci-dessous.

Câble triphasé, section de 0,1 pouce carré (65 mm²) en cuivre et de 0,16 pouce carré (108 mm²) en alluminium.

550 fr s'il s'agit d'un câble sous plomb ordinaire

250 fr s'il s'agit d'un câble à armure simple ;

250 fr s'il s'agit d'un câble à armure double.

Pour un courant continu d'une section de 0,30 pouce carré (195 mm²) en cuivre, de 0,50 pouce carré (325 mm²) 50 en aluminium ces prix deviennent respectivement 1 050 fr, 550 fr et 250 fr.

Pour les lignes aériennes, l'aluminium est généralement moins cher que le cuivre, il présente en outre certains avantages techniques ; ainsi l'expérience acquise en Amérique permet de dire qu'avec les conducteurs en aluminium, la glace et la neige occasionnent moins de troubles qu'avec le cuivre.

La confection des joints est parfois encore quelque peu délicate ; pour les conducteurs nus, on peut employer des joints obtenus par coulage ou par l'autogène ; mais ce système n'est pas possible pour les câbles parce qu'il détériore l'isolant ; l'on doit employer alors des jonctions mécaniques.

(Communication de M. *B. Welbourn*, Institution of mining Engineers, 5 juin 1913.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Nouveau type de gazogène à grande capacité de gazéification. — Il y a intérêt à utiliser les charbons collants, que notre industrie peut se procurer à bon compte. Mais ils produisent des mâchefers et des goudrons. Les gazogènes actuels marchent à 50 et 100 kg par mètre carré heure. C'est insuffisant. On est obligé de réaliser des batteries de gros gazogènes pour les fortes puissances par suite de l'allure lente nécessaire à leur bon fonctionnement.

Il faut un gazogène marchant à 300 ou 400 kg par mètre carré, utilisant des combustibles à bas prix, même des poussières et pouvant donner jusqu'à 5 000 chevaux par unité.

Le combustible est réduit en poussières, et par une vis sans fin il arrive dans le vent. Cette fine poussière brûle immédiatement et complètement, la température étant élevée. Les cendres coulent le long de la paroi, et les goudrons sont dissociés. Le vent est réglé de façon à donner 4 m³ d'air pour 1 kg de charbon. Le mélange arrive au bas, près de la sole, où l'on allume des morceaux de bois qui mettent le feu aux poussières. Pour éviter le broyage, dans un autre appareil, on fait arriver le combustible par un moyen mécanique et on le fait descendre en faisant tomber dessus une longue fourche à circulation d'eau, ce qui ébranle la masse et disloque les accrochages. Avec ce casse-voûte, les charbons collants, peuvent être employés. Le combustible peut avoir jusqu'à 50 % de cendres et on gazéifie 700 à 1 200 kg par m².

L'encombrement est faible, le prix de revient réduit et la conduite très simple. Enfin la soufflerie et le casse-voûte ne demandent que 1/2 % de la puissance fournie.

(Communication de M. *Marconnet*, 40e Congrès de la Société Technique du Gaz, 17-20 juin 1913.)

Chauffage au gaz des fours de boulangerie. — L'application du chauffage au gaz aux fours des 2 300 boulangeries de Paris donnerait une consommation annuelle de 30 millions de mètres cubes.

Ce chauffage peut être simplement réalisé en présentant par la

Digitized by Google

porte du four ouverte, un brûleur reposant sur la sole et dont on dirige la flamme soit vers le fond ou les bas-côtés de la voûte.

Divers brûleurs ont été construits par MM. Meker, Lequeux, Helcé, Oudeville.

Ces quatre appareils ont permis de faire des expériences et le Syndicat de la Boulangerie de Paris conclut que le gaz présente tous les avantages au point de vue simplification du travail, propreté, aspect, couleur. Quant au prix de revient, en faisant des expériences sur une grande échelle et avec des fours spécialement appropriés, on arriverait à le diminuer. Il faut noter la suppression du ramonage des cheminées et de leur dégradation, de la manutention, du séchage et cassage du bois, le local nécessaire à son emmagasinage devient inutile. Le chauffage au gaz est appelé à se généraliser.

(Communication de M. *F. Rouland*, 40e Congrès de la Société Technique du Gaz, 17-20 juin 1913.)

Nouvel emploi du gaz de houille comme carburant dans les moteurs de véhicules. — Le gaz comprimé peut lutter actuellement avec l'essence et le benzol pour actionner les véhicules automobiles utilitaires. Avec des tubes étirés sans soudure, on peut admettre des pressions de 200 à 300 kg. Le poids mort serait alors de 10 kgs 3 par mètre cube de gaz emmagasiné.

Il se produit aussi une liquéfaction de certains hydrocarbures lourds, d'où une diminution du pouvoir calorifique de 5 150 c à 4 752 c.

On pourrait compter sur 2 ch par mètre cube. Pour une voiture de 40 ch par exemple, une surcharge de 800 kgs permettant 4 heures de circulation à vitesses variables. Pour les poids lourds, l'application est donc plus difficile. Avec les tramways l'application est possible.

Diverses applications ont été faites sur une locomotive à gaz et sur des bateaux. Sur le bateau fluvial l'*Idée*, muni d'un moteur à gaz vertical Delamare-Debouteville de 40 ch à deux cylindres, le gaz était comprimé à 100 kg dans 40 tubes d'acier placés entre deux ponts. On voulait créer une flottille pour faire un service de transport entre Paris et le Havre ; mais ces essais n'eurent pas de suite.

(Communication de M. *Grebel*, 40e Congrès de la Société Technique du Gaz, 17-20 juin 1913.)

GÉNIE MARITIME

L'apparition du phénomène de cavitation sur les hélices. — Sydney Barnaby a indiqué une *limite* de $0^k,77$ par cm^3 de la surface projetée des ailes, pour la pression sur une hélice. D'un autre côté, M. D. W. Taylor a observé l'apparition de la cavitation à des pressions de $0^k,28$ à $0^k,35$ seulement et il a attribué ce phénomène aux causes suivantes : grande vitesse des ailes par rapport à l'eau et forme défectueuse de l'aile. M. Gümbel attribue, lui, une importance prépondérante au pas absolu, à l'angle formé par les tangentes aux deux faces de l'aile sur l'arête de celle-ci, au recul par rapport à la vitesse du navire, à la température de l'eau, à la proportion d'air dissous, à la pression atmosphérique et à l'immersion de l'hélice. Il a observé que plus la vitesse du navire augmentait, plus le recul devait être réduit en vue d'éviter la cavitation. Il est très important aussi de réduire autant que possible l'angle que forme l'arête arrière de la section transversale de l'aile, et il recommande de donner à cette section une forme symétrique, c'est-à-dire dont les deux faces aient la même courbure, plus renflée vers l'arête d'attaque que vers l'autre. Il conclut que la cavitation dépend plus de la pression que de la vitesse du sommet des ailes ; que plus le pas est petit et plus l'angle d'arête est grand, plus le recul permis doit être réduit. Les bons résultats obtenus avec de larges ailes dans les hélices de turbiniers seraient dus à l'angle très aigu des tangentes à leurs faces. Enfin, le passage d'écoulement entre 2 ailes ne doit pas être trop faible.

(Communication de M. *Gümbel*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.)

Les contrats dans la construction navale. — Ce travail traite de la confection du contrat et l'auteur se propose de le compléter ultérieurement en étudiant d'une manière complète l'établissement d'un navire au point de vue de l'armateur.

M. Peskett énonce d'abord en principe que le maintien de la suprématie britannique dans la construction navale et l'armement exige que l'armateur paye au constructeur un prix laissant à ce dernier un bénéfice loyal et raisonnable.

Les principales Compagnies de navigation préparent elles-mêmes leurs plans et spécifications, et c'est sur ces documents, que les constructeurs sont invités à soumissionner. Le contrat spécifie le paiement d'une certaine somme correspondant à la fourniture d'un navire de dimensions et de vitesse données, construit et installé suivant les désirs de l'armateur et en conformité avec les règles édictées par une Société de classification. Comparons cette manière de procéder avec celle qui est en usage dans le bâtiment ; ici les plans et spécifications sont établis par l'architecte, passent ensuite, après approbation, entre les mains d'une autre personne qui prépare et passe les commandes partielles aux entrepreneurs. Le travail terminé, un vérificateur mesure tous les travaux exécutés qui sont payés sur des bases agréées au préalable. Le propriétaire peut, à tout moment de la construction, ajouter ou supprimer telle ou telle partie avec la certitude que le paiement total en tiendra exactement compte.

Cette méthode paraît difficilement applicable à la construction navale en raison de ce que chaque chantier a sa méthode particulière pour l'établissement des devis, mais il semble cependant que l'on pourrait établir une méthode uniforme (standardised) pour le relevé des prix de revient. Pour cela, les spécifications devraient être calquées sur un modèle-type. Si armateur et constructeur arrivent à se mettre d'accord pour la façon d'évaluer le bénéfice net, les charges d'établissement et les dépenses directes et pour la marge à prévoir pour celles-ci, il devient avantageux pour les deux parties, de chercher à réduire les dépenses directes. Un semblable mode d'opérer a été adopté entre la Cie Cunard et la maison Swan, Hunter et Wigham Richardson pour la construction du paquebot *Franconia*. Le prix fixé au contrat fut considéré comme le maximum à payer, et les travaux furent menés de telle sorte qu'une ristourne de 500000 fr fut faite à l'armateur, à la suite des économies de matière et de main-d'œuvre réalisées pendant la construction.

L'auteur donne un tableau de classification des dépenses, réparties en quatre grandes divisions :

1° Dépenses directes ;
2° Charges d'établissement ;
3° Suppléments pour articles déterminés ;
4° Bénéfice.

Les dépenses directes sont subdivisées en dépenses pour la coque et ses accessoires, les machines et chaudières, les frais et redevances diverses (arbitres, surveillance, redevances, assurances, lancement, essais, remorquage, etc...). Elles sont en outre divisées en matières (y compris les matières usées qui n'entrent pas dans la construction : charbon, eau, bois pour modèles et gabarits, etc...) et main-d'œuvre (y compris les contremaîtres, magasiniers, etc..., occupés uniquement sur le navire).

Les charges d'établissement (frais généraux) comprennent toutes les dépenses de salaire des bureaux, d'études et d'administration, les frais généraux d'entretien et d'exploitation.

Le bénéfice est établi sur la base des dépenses directes, il comprend d'abord un certain pourcentage de celles-ci en tenant compte d'une marge (5 % par exemple) pour les dépenses imprévues, restées à la charge du constructeur, puis un second pourcentage de celui qui est agréé pour couvrir les frais généraux, et enfin un troisième pourcentage sur les suppléments à la fourniture.

D'autres tableaux indiquent la forme sous laquelle les relevés de dépense peuvent être faits pour les différentes natures de travaux.

Le paiement des dépenses directes s'effectue après vérification par les surveillants.

A propos de profit, celui-ci établi sur la base d'un certain pourcentage des dépenses directes telles qu'elles ressortent au devis, pourrait, comme le propose l'auteur, d'un autre côté, être payé sur cette base, quelles que soient les dépenses directes finalement payées.

(Communication de M. *L. Peskett*, Institution of Naval Architects, Glasgow, juin 1913.

HYGIÈNE

L'importance des argiles colloïdales pour la décoloration et l'épuration des eaux résiduelles. — Il est de première importance pour les industriels d'avoir un procédé d'épuration des eaux résiduelles pratique et répondant aux exigences de l'Administration. *Liebig* s'est déjà occupé de cette question, mais on n'a pas d'analyses exactes et l'on ne connaît pas la constitution des substances nuisibles qui sont contenues dans ces eaux, et ce n'est que sur la connaissance de ces matières qu'on peut fonder un procédé d'épuration qui soit efficace.

Les argiles colloïdales conviennent très bien à l'épuration, la clarification et la désodorisation des eaux usées de l'industrie, à cause de leur capacité d'absorption ; au contact de l'eau, ces argiles forment des substances colloïdales, hydrates d'oxyde de fer, d'aluminium et de sili-

Digitized by Google

cium, et des substances organiques, qui se précipitent en flocons : c'est à cela qu'est due la faculté d'absorption de ces argiles. Elles sont en outre caractérisées par une forte perte au rouge, et ne se rapprochent ni du kaolin ni de l'argile à modeler. Elles absorbent, entre autres substances, celles qui se trouvent dans les eaux provenant des fabriques de papier les matières à l'état de solution colloïdale, comme la dextrine, les matières colorantes à constitution complexe, comme les couleurs d'aniline (en l'espèce, les colorants jaunes et bruns nécessitent plus d'argile pour leur décoloration que les bleus et les violets : les rouges sont intermédiaires entre ces deux groupes). Il semble y avoir un lien entre la constitution des couleurs d'aniline et leur absorption par l'argile. Les colorants sont devenus, par cette absorption, complètement insolubles et ne peuvent pas être séparés de l'argile, même par l'eau chaude.

Les huiles pour machines sont également absorbées par l'argile colloïdale, et ce point est d'une grande importance pour l'épuration des eaux résiduelles.

(Communication de M. *Rohland*, Sommerversammlung der Papier und Zellstoffchemiker, Dresde, 17 juin 1913.)

MACHINES THERMIQUES

Nouveau procédé de mesure pour les débits de vapeur. — Ce procédé est seulement destiné à faire connaître le débit de vapeur dans une conduite par unité de temps à un moment donné : c'est à proprement parler, une mesure de la vitesse instantanée.

En principe, la méthode consiste à injecter pendant quelques instants, en un point de la conduite considérée, un filet d'un liquide volatile, sous un débit parfaitement constant et connu : le liquide est choisi de telle sorte que la volatilisation soit immédiate et complète. Sa vapeur se mélange à la vapeur d'eau ; et le brassage dû à la circulation ainsi que la propriété expansive des gaz qui les porte à se pénétrer mutuellement, rendent le mélange homogène après un certain parcours.

Pour connaître le débit de vapeur d'eau dans la conduite, il suffit alors de mesurer la proportion des deux éléments du mélange ainsi réalisé : ceci se fait en prélevant à une distance suffisante de l'endroit d'injection, une petite quantité de vapeur, et en la condensant dans un serpentin réfrigéré : on titre le mélange par les méthodes qui conviennent au liquide employé.

Les conditions auxquelles doit satisfaire ce liquide sont une bonne volatilité entre 70° et 110 à 120°, et la fixité à haute température, au moins aux températures usitées en surchauffe ; il faut ensuite que son dosage dans l'eau soit possible et d'exécution facile ; enfin que son introduction dans la vapeur ne soit pas nuisible, en particulier qu'il n'ait pas d'effet corrosif sur les machines et appareils. La benzine se prête parfaitement à l'application de cette méthode.

La benzine bout vers 80° : dans le commerce on trouve un produit impur et bon marché, contenant une certaine proportion de toluène, mais qui convient encore, tant que le point d'ébullition ne dépasse pas 110 à 120° : cette limite n'est d'ailleurs pas absolue, et elle peut être reculée si la pression de la vapeur est élevée, ou en cas de surchauffe. La benzine est fixe aux hautes températures, c'est d'ailleurs un produit pyrogéné ; elle ne détériore pas les machines, pas plus que les hydrocarbures employés pour le graissage de la vapeur. Sa densité est de 0,89, elle n'est pas soluble dans l'eau et par conséquent surnage à la surface de celle-ci. (L'eau en prend seulement quelques traces qui se révèlent à l'odorat).

Ces circonstances sont particulièrement favorables pour le dosage du mélange condensé recueilli, car l'analyse se transforme en une simple lecture dans un tube de verre gradué : on a constaté que la séparation des deux liquides s'effectue rapidement à la sortie du serpentin, et que la benzine se rassemble en formant un ménisque très net.

Le résultat est immédiat : on a injecté par seconde un poids de benzine égal à $n^{cc} \times d$ grammes ; on recueille dans le condenseur $n'^{cc} \times d$ grammes de benzine et $N^{cc} \times 1$ gramme d'eau ; on en conclut que le débit de vapeur a été pendant l'expérience de $n \times \frac{N}{n'}$ grammes par seconde, car la densité disparaît haut et bas : *le débit de vapeur en poids est égal au débit en volume de la benzine injectée, multiplié par le rapport en volumes du mélange condensé.*

On peut mettre en œuvre cette méthode au moyen d'appareils divers : celui qui a été réalisé par l'auteur est constitué par deux cylindres accouplés en tandem, l'un contenant la benzine, l'autre recevant de la vapeur prise à la conduite pour refouler la benzine : la différence de section des deux cylindres correspond à l'excédent de force nécessaire pour vaincre les résistances passives des pistons et les pertes de charge que subit la benzine dans son déplacement : on règle le débit au moyen d'un robinet. L'ascension du piston est enregistrée sur un tambour à mouvement d'horlogerie : le diagramme obtenu pendant l'opération montre si la vitesse de refoulement a été bien constante, et donne sa valeur.

Pour la condensation d'une petite quantité de mélange, on emploie un bac à circulation d'eau, dans lequel plonge un serpentin, prolongé à sa partie inférieure par un tube de verre gradué à robinet ; un autre robinet, à trois voies, placé à l'entrée du serpentin, permet de le faire communiquer soit avec la conduite, soit avec l'atmosphère.

Le mode opératoire est le suivant : on met en route l'injection ; au bout d'une dizaine de secondes, le régime est établi ; on purge le condenseur en laissant échapper la vapeur par l'extrémité du tube de verre ; on ferme alors le robinet du bas, puis le robinet du haut, lorsque la colonne du mélange condensé est suffisante pour se prêter à une bonne lecture, ce qui n'exige que quelques secondes : la communication établie par le robinet à trois voies avec l'atmosphère a pour but d'éviter la formation du vide et de permettre une condensation complète ; le même résultat pourrait être obtenu avec une reniflard.

Comme on le voit, et ceci grâce aux grandes vitesses linéaires réalisées habituellement par la vapeur, l'opération est très rapide.

La dépense de benzine ne dépasse pas 0,40 ou 0,50 centimes par mesure, dans les conditions les plus défavorables.

On terminera en faisant remarquer l'analogie qui existe entre ce procédé et celui qui est quelquefois employé pour le jaugeage des cours d'eau : déverser dans la masse d'eau une solution saline titrée ou toute autre substance, et faire l'analyse d'un échantillon prélevé en aval.

Il n'y a cependant pas identité complète, car, ici, on substitue à la mesure d'un débit gazeux, opération généralement délicate et aléatoire, la mesure d'un débit liquide, susceptible d'une beaucoup plus grande précision.

(Communication de M. *A. Wallon*, Société Industrielle du Nord de la France, août 1913.)

Ejectair Bréguet, appareil extracteur d'air dépourvu d'organes mobiles. — Cet appareil constitue une pompe à air sec pour condenseurs par mélange ou par surface.

Les pompes à air sec rotatives réalisent le vide correspondant à la température de l'eau à la sortie du condenseur ; mais les systèmes pratiques ne sont pas étanches.

Pour obtenir un vide élevé, on emploie deux éjecteurs en série et un condenseur auxiliaire intermédiaire. Il ne s'agit pas ici d'un dispositif nouveau, mais d'un appareil ayant donné de bons résultats.

L'air est rejeté directement à l'atmosphère et l'eau du condenseur auxiliaire est renvoyée au condenseur principal par suite de la différence de pression entre les deux condenseurs.

Une pompe centrifuge ordinaire extrait l'eau du condenseur principal.

Un appareil dépensant 88 m³ de vapeur à l'heure, engendre un volume de 2,5m³, pour 1 kg de vapeur.

En utilisant le mélange de vapeur et d'air après le premier éjecteur, on peut réchauffer l'eau de la chaudière et le volume devient alors 7,5 m³ par kg de vapeur condensée.

Aucun amorçage n'est nécessaire. L'appareil ne nécessite aucune surveillance et il ne comprend pas d'organes mobiles et ne se désamorce pas.

(Communication de M. *Delaporte*, Société des Ingénieurs civils, le 16 mai 1913.)

MÉCANIQUE

L'origine, la construction et l'emploi d'un accéléromètre à maxima. — Lorsqu'une construction est animée d'un mouvement d'ensemble, la force qui tend à rompre la liaison avec l'ensemble d'un élément de la construction est mesurée par l'accélération de cet élément, si du moins sa liaison avec l'ensemble est unique et son mouvement sensiblement assimilable à une translation.

Cette conception peut être généralisée au cas où l'on connaît les accélérations de tous les éléments de la construction. Dans le cas où l'on ne connaît qu'incomplètement le système de ces accélérations, elle est insuffisante, mais dans tous les cas *l'accélération locale apparaît comme*

Digitized by Google

un élément dont la connaissance est nécessaire toujours et parfois suffisante pour caractériser la fatigue d'une construction.

Le pendule d'inertie permet d'étudier l'accélération et plus généralement le mouvement des points d'un système matériel dont il n'est pas possible d'observer le mouvement par rapport à des repères fixes.

Il est formé d'une masse matérielle partiellement solidaire du système et dont on observe le mouvement relatif par rapport à lui. Ce mouvement relatif est défini par l'équation différentielle du second ordre,

$$a\frac{d^2x}{dt^2} + 2b\frac{dx}{dt} + cx = \frac{d^2y}{dt^2}$$

où x est le déplacement relatif de la masse d'inertie, y le déplacement absolu du support

Quelques remarques fort simples sur les propriétés des intégrales de cette équation conduisent immédiatement à des applications pratiques pour l'emploi du pendule d'inertie comme instrument de mesure.

1° Le pendule d'inertie donne des diagrammes toujours comparables à eux-mêmes, si l'on prend la précaution de fixer les conditions initiales du mouvement relatif.

2° Si l'on peut observer le mouvement assez longtemps après la mise en activité du pendule, les diagrammes sont encore comparables à eux-mêmes, quelle que soit la nature du mouvement du support, pourvu qu'il persiste à être bien continu.

3° Le mouvement du pendule d'inertie, lorsque le mouvement du support est un mouvement sinusoïdal simple, devient au bout d'un certain temps un mouvement sinusoïdal de même période et d'amplitude constante.

4° Dans le cas où le mouvement du support est un mouvement périodique complexe, le pendule d'inertie permet de l'analyser complètement dans la mesure où le diagramme qu'il enregistre est assez net pour permettre la décomposition du mouvement de la masse d'inertie en mouvements sinusoïdaux simples.

Dans les autres cas, il est nécessaire de dégager dans le diagramme le mouvement de support des perturbations dues aux conditions accidentelles de la mise en activité du pendule. L'effort des constructeurs a eu pour objet de réaliser une disposition des appareils fournissant ou facilitant au moins cette interprétation.

1° La réalisation de cette interprétation, c'est-à-dire la construction exacte de la courbe représentant les valeurs de $\frac{d^2y}{dt^2}$ en fonction du temps, est possible en utilisant certains phénomènes physiques réalisant l'intégration ou la différenciation: Sismographe de M. Lippmann.

2° En rendant très lâche la liaison de la masse d'inertie et de son support, on se rapproche du cas où cette masse, demeurant immobile par inertie en l'absence de toute liaison, tracerait sur un tableau, solidaire du support, le diagramme exact du mouvement de ce dernier.

Ce système, que l'on peut appeler la méthode de la ségrégation des oscillations, peut être réalisé par l'emploi d'un pendule à longue période propre d'oscillation. Cette condition est imparfaitement satisfaite, exemple le pallographe d'Otto Schlick ; ou elle conduit à des appareils encombrants, exemple le sismographe de Wiechert.

Tout récemment, MM. Carlo Bourlet et de Gramont de Guiche, ont essayé d'appliquer la méthode de la ségrégation des oscillations en réduisant au contraire la période propre d'oscillation du pendule. Les dimensions extrêmement réduites de leur oscillateur fait de leur appareil un remarquable instrument d'exploration.

3° Le pendule Desdouist inaugure l'emploi de la mesure directe de l'accélération dans l'application. Le succès de cet appareil est dû à ce qu'il a été employé à la mesure d'accélérations lentement variables, condition qui a permis d'équilibrer la réaction d'inertie par une force antagoniste sans que la masse d'inertie entre en oscillation avant d'atteindre la position d'équilibre.

Cette propriété a été encore développée dans l'ergomètre de Doyen-Huberti qui mesure le travail de la force d'inertie en adjoignant au pendule de Desdouist un dispositif intégrateur.

4° Quoiqu'il en soit, aucun des appareils ne réalise la ségrégation des oscillations propre et imposée dans des conditions qui permettent de l'appliquer à la mesure d'accélérations rapidement et irrégulièrement variables. *L'auteur a introduit une nouvelle méthode consistant à immobiliser la masse d'inertie.*

Cet artifice a été signalé et appliqué parallèlement par M. Georges Marié dans la construction de tout petits appareils fournissant une mesure approchée de l'accélération.

Dans les appareils de M. Auclair l'immobilisation de la masse d'inertie a d'abord été partielle, en vue d'obtenir un appareil donnant des diagrammes comparables. Dans l'appareil définitif, la masse d'inertie est complètement immobilisée contre une butée par la traction d'un ressort. Cette liaison est réglée de manière à être sur le point de se rompre pour la valeur maximum de l'accélération pendant le phénomène que l'on observe, la tension limite de la liaison à ce moment est évaluée d'après la compression du ressort et donne la valeur de l'accélération.

Cet appareil a été soumis à un contrôle des plus précis en l'appliquant à déterminer l'amplitude du mouvement de vibrateurs artificiellement excités, l'amplitude mesurée directement ou déduite de l'accélération a été trouvée la même dans tous les cas où la vibration était simple.

De nouveaux modèles de cet appareil sont en construction perfectionnés :

1° Par la coordination de la mesure de l'accélération et d'une autre mesure, ce qui permet de ne plus mesurer seulement l'accélération maximum.

2° Par l'automaticité du réglage de la tension du ressort.

3° Par la notation du temps lorsque l'accélération atteint une valeur déterminée.

(Communication de M. *J. Auclair*, Société des Ingénieurs civils, 4 juillet 1913.)

MÉTALLURGIE

Le raffinage électrochimique de l'or. — Le premier emploi de l'électricité pour le raffinage de l'or date de 1878, mais ce procédé a pris surtout de l'extension depuis que le platine obtenu comme sous-produit est devenu un métal industriel très recherché. La Monnaie de Vienne emploie ce mode de raffinage, dans les conditions suivantes :

L'installation fournit annuellement 2 tonnes d'or fin, d'une valeur d'environ 7 millions de couronnes. Quatre cuves en porcelaine blanche, pouvant contenir chacune 10 litres d'électrolyte, sont placées dans une étuve dont les parois de cuivre sont recouvertes d'un calorifuge (terre d'infusoires et argile). L'électrolyte est une solution de chlorure d'or à 40-50 grammes d'or par litre, additionnée de 400cc d'acide chlorhydrique (densité 1,19) et 200cc d'acide sulfurique pour 10 litres, et dont la température est maintenue à 70°. L'eau évaporée pendant l'électrolyse est remplacée au fur et à mesure au moyen d'une disposition de remplissage automatique, et la saturation du bain, qui s'appauvrit en or au cours de l'électrolyse, est maintenue constante à l'aide d'une solution de chlorure d'or ; en vue d'égaliser la concentration du bain, on y envoie un courant d'air d'une façon continue. L'or à affiner est coulé en anodes de 700 grammes, de 0,6 cm d'épaisseur, et possède une teneur en or fin d'au moins 980 /1000 ; les autres corps qui entrent dans la composition de l'anode sont : 3 à 8 /1000 de platine, puis de l'argent, du palladium, des traces de cuivre, un peu d'iridium, et du plomb qui est précipité lors de l'addition d'acide sulfurique dans l'électrolyte. Ces anodes sont placées dans les bacs, alternativement avec des cathodes en or fin de même grandeur, et de 0,1 mm, à la distance mutuelle de 3 cm, en plusieurs rangées, les anodes et les cathodes sont attachées par des supports en argent à des cadres de suspension communs et mobiles. Les anodes et les cathodes d'une cuve sont montées en parallèle, et les cuves entre elles sont montées en série. Le courant a une intensité de 80 ampères (densité de courant : 1000 amp /mètre carré) ; la chute de potentiel par bac est au début de 1,5 volt, pendant l'électrolyse de 0,8 à 0,9 volt, et à la fin de l'opération, quand il se produit un dégagement de chlore, de 1,3 à 1,5 volt. L'or, le platine, le cuivre, le palladium des anodes, et des traces de chlorure d'argent entrent en solution ; par contre, le chlorure d'argent, le sulfate de plomb, l'iridium, restent insolubles. L'enrichissement de l'électrolyte en platine ne doit pas dépasser 40 grammes par litre, et la quantité de palladium 5 grammes par litre, sinon ces deux métaux peuvent se déposer sur la cathode. Quand cette limite est atteinte, on arrête l'électrolyse, l'or est séparé de l'électrolyte par le chlorure de fer, le platine précipité à l'état de chloro-platinate d'ammoniaque, d'où il est récupéré sous forme de mousse de platine. Avec une quantité d'anode représentant 15,5 kg d'or brut, on obtient en 17 heures, avec une intensité de courant de 80 ampères, 14 kg d'or fin (1000 /1000) ; il reste 700 gr. de résidu d'or aux anodes, et il se fait un dépôt de 700 à 800 gr. d'or dans les boues anodiques. Pour un chargement aux anodes de 320 kg on obtient, avec la teneur en Pt indiquée ci-dessus, 1 à 2,5 kg de platine en solution. L'or recueilli à la cathode est rugueux, mais adhérent.

(Communication de M. *Paweck*, Osterreichischer Ingenieur und Architecten Verein, 25 avril 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Résultats financiers de l'Exploitation des Chemins de fer anglais, allemands et français de 1906 à 1910.

On sait que trois des principaux pays d'Europe ont adopté pour leur régime de chemins de fer des systèmes différents :

L'Angleterre, où l'exploitation est assurée par des Compagnies privées, sans monopoles de droit, avec une application du contrôle de l'Etat qui tend à se développer de jour en jour ;

L'Allemagne, où les chemins de fer sont presque en totalité exploités par l'Etat ;

La France, où fonctionne, en même temps que l'exploitation par l'Etat, un système mixte combinant l'initiative privée et l'intervention de l'Etat, ce dernier associé financièrement aux Compagnies et exerçant sur les actes de leur gestion un contrôle étendu.

Dans son rapport présenté à la Commission des Finances sur les conventions et garanties d'intérêt, M. Astier, dans une comparaison pleine d'enseignements, examine les résultats financiers des chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910, période la plus récente pour laquelle on puisse faire état de statistiques officielles.

Pour permettre un parallèle entre les chiffres et déterminer leur valeur respective, il importe de rappeler brièvement les caractéristiques des différents régimes de chemins de fer dont nous voudrions analyser les résultats.

1. — En *Angleterre*, l'exploitation des voies ferrées est assurée par des Compagnies privées, mais si celles-ci ont pu, pendant toute la première moitié du XIX^e^ siècle, se livrer à une concurrence acharnée, d'ailleurs préjudiciable à leurs propres intérêts, toute concurrence portant sur les prix est depuis 1858 supprimée en fait, le principe qui sert de base à leur accord étant *celui de l'égalité des prix pour les divers itinéraires qui desservent un même trafic.*

En dehors des prix, la concurrence subsiste et c'est à elle, selon toute vraisemblance, qu'on est en grande partie redevable des améliorations apportées dans la rapidité et le confort des trains de voyageurs, dans la célérité du service de marchandises, etc. On peut, il est vrai, objecter que ce tableau a ses ombres représentées par une augmentation telle des dépenses d'exploitation qu'elle rend impossible l'abaissement des tarifs. Les commodités réalisées à grands frais peuvent-elles être considérées comme une compensation suffisante à cette élévation de dépenses ? Il est permis d'en douter en constatant que, malgré un trafic extrêmement actif, les résultats financiers sont assez médiocres.

La liberté d'action dont jouissaient les Compagnies anglaises n'avait pas été sans engendrer des abus au point de vue notamment des traités particuliers intervenus entre elles et les gros expéditeurs. Aussi le législateur se vit-il contraint, en 1873, en 1888 et en 1894, de donner au Gouvernement anglais les moyens d'exercer un contrôle sur les Compagnies pour prévenir les relèvements injustifiés de tarifs et les inégalités de traitement entre les expéditeurs.

A un autre point de vue, en 1907, à l'occasion d'un conflit grave entre les Compagnies et leurs employés, un accord conclu entre les deux parties, sur l'intervention du Gouvernement, établit un système complet de conciliation et d'arbitrage obligatoire. Cet accord, qui a été modifié en 1911 par le Gouvernement anglais, a déjà permis de régler de nombreux différends, et a inspiré à MM. Briand et Puech le projet de loi déposé le 23 décembre 1910 à la Chambre des Députés.

Il ressort de ce rapide exposé que même dans un régime d'aussi grande liberté que le régime anglais, la nécessité d'une intervention administrative s'est fait sentir d'une manière de plus en plus impérieuse. Quelle que soit l'opinion qu'on puisse avoir, au point de vue doctrinal, sur la légitimité de cette intervention, il y a là un symptôme dont il est impossible de ne pas faire état.

2. — En *Allemagne* où les chemins de fer sont presque en totalité exploités par l'Etat, le régime des Compagnies privées en vigueur en Angleterre est à peu près inconnu.

Lors de la création des voies ferrées, les premières lignes prussiennes avaient été établies par l'industrie privée, mais la politique de centralisation des chemins de fer inaugurée vers 1850 permit en moins de 10 ans à l'Etat d'exploiter un nombre de kilomètres de voies ferrées supérieur à celui des quinze compagnies existantes.

Après les événements de 1870, Bismarck reprit la politique, un instant abandonnée, de la concentration de tous les chemins de fer allemands entre les mains de l'Empire. Enfin le discours du trône d'octobre 1879 institua le Régime des chemins de fer de l'Etat, et des conventions intervinrent stipulant le rachat d'un certain nombre de lignes concédées. En vertu de ces conventions, l'Etat avait racheté, à la fin de 1890, 14 168 kilomètres de chemins de fer concédés et, à la fin de l'exercice 1891-1892, sur 26 457 kilomètres de chemin de fer prussiens exploités, 25 310 étaient entre les mains de l'Etat, 52 appartenaient à des Compagnies, mais étaient administrés par l'Etat ; 1 395 kilomètres seulement appartenaient à des Compagnies complémentaires.

Au 31 mars 1911, la situation des chemins de fer allemands en exploitation était la suivante : sur 61 148 kilomètres, l'Etat en exploitait 55 722, dont 37 349 pour l'Etat prussien en particulier, et les Compagnies 5 426.

L'organisation administrative comprend 21 directions territoriales dont les présidents ont des pouvoirs étendus.

Le contrôle est réparti entre le *Comité supérieur des chemins de fer*, chargé d'assurer la surveillance, la légalité des règlements, etc., et les *autorités compétentes des Etats de l'Union*, qui sont le ministère des Travaux publics pour la Prusse, le Ministère des Communications pour la Bavière et le ministère des Finances pour le Grand-Duché de Hesse.

3. — En *France*, l'organisation des chemins de fer est suffisamment connue pour nous permettre d'être très bref. Rappelons cependant les traits caractéristiques de l'organisation adoptée dans notre pays pour l'exploitation des voies ferrées et qui a permis de poursuivre une politique d'ensemble se proposant un triple but : construction d'un réseau destiné à comprendre toutes les lignes déclarées d'utilité publique par le gouvernement ; exploitation du réseau en rapport avec le développement économique du pays ; enfin, amortissement intégral de toutes les dépenses d'établissement des voies ferrées dans une période aussi courte que possible, de manière que l'Etat, lorsqu'il sera devenu maître absolu d'un réseau libre de toutes charges, puisse considérer comme un bénéfice net tous les excédents d'exploitation.

Pour réaliser cette politique, on a utilisé le contrat de concession de travaux publics. On a érigé les transports par voies ferrées en service concédé à des Compagnies privées, dont l'Etat réglemente et contrôle la gestion et avec lesquelles il est lié par une étroite association financière.

L'initiative de l'établissement des tarifs appartient aux Compagnies, sauf homologation du ministre des Travaux publics, qui approuve, en outre, les horaires et détermine d'une manière générale les dispositions nécessaires pour garantir la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer.

A l'expiration des concessions, le chemin de fer fait retour à l'Etat; celui-ci peut, à toute époque, en effectuer le rachat.

Le concours financier de l'Etat, tel qu'il résulte des conventions de 1883, s'exprime sous deux formes distinctes :

Par le remboursement des avances en argent et en travaux faites par les Compagnies pour la construction des lignes concédées ;

Par la garantie d'un minimum de revenu en capital-actions ainsi que de l'intérêt et de l'amortissement des emprunts.

Au delà d'un certain dividende, un partage de bénéfice a été stipulé au profit de l'Etat en échange des avantages consentis aux Compagnies. Les conventions de 1883 ont porté la part de l'Etat de la moitié aux deux tiers.

Le rachat du réseau de l'Ouest a donné au réseau que l'Etat exploite lui-même depuis 1876 une réelle importance qui crée en France une dualité de régime particulièrement intéressante par les enseignements comparatifs qui s'en dégagent. Le rapprochement du système étatiste du système mixte de l'exploitation par l'industrie privée avec le contrôle et avec la participation financière de l'Etat offre le plus sûr moyen de juger de l'opportunité d'étendre ultérieurement l'exploitation directe par l'Etat. Elle donne en outre aux Compagnies une garantie contre les charges trop lourdes que l'Etat pourrait être tenté de leur imposer et qu'il aurait à supporter sur son propre réseau.

Sur les 43 766 kilomètres que présentait le réseau des chemins de fer français d'intérêt général au 31 décembre 1911, les réseaux de l'Etat figurent pour 9 314 kilomètres, dont 8 924 kilomètres en exploitation et 390 kilomètres en construction ou à construire.

* * *

La comparaison des résultats financiers des chemins de fer anglais, allemands et français de 1906 à 1910 — dernières statistiques d'ensemble connues — offre de précieux éléments d'appréciation sur la valeur respective des trois systèmes en présence.

Il faut se garder toutefois de conclure trop rapidement du particulier au général. Le développement du trafic procède de causes diverses, prospérité commerciale et industrielle, population, conditions économiques et sociales qui restent étrangères au régime administratif des chemins de fer et il ne faut pas s'attendre, dans cette interprétation des statistiques, à être amené à une conclusion ferme et motivée en faveur de tel ou tel mode d'exploitation.

Ces données permettent néanmoins d'apprécier les conséquences financières de notre régime de chemins de fer.

Digitized by Google

Les résultats comparés de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général, en France, en Angleterre et en Allemagne de 1906 à 1910 sont résumés dans le tableau I. (Pour ne pas abuser des chiffres, nous indiquons seulement ceux des années 1906 et 1910.)

TABLEAU I. — RÉSULTATS COMPARÉS DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT GÉNÉRAL EN FRANCE, EN ANGLETERRE ET EN ALLEMAGNE *(Statistiques officielles.)*

DÉSIGNATION	FRANCE		ANGLETERRE (1)		ALLEMAGNE (2)		OBSERVATIONS
	1906	1910	1906	1910	1906	1910	
Longueur moyenne exploitée	kilom. 39 600	kilom. 40 300	kilom. 36 600	kilom. 37 150	kilom. 55 150	kilom. 58 600	(1) Non compris les lignes urbaines électriques.
Résultats d'exploitation :							(2) Lignes à voie large d'intérêt général (chemins de fer Guillaume Luxembourg compris.)
	millions	millions	millions	millions	millions	millions	
Voyageurs	540	593	979	1 008	920	1 089	
Grande vitesse	194	216	219	240	»	»	
Petite vitesse	884	990	1 457	1 532	2 131	2 453	
Recettes annexes	30	29	160	180	231	249	
Recettes totales	1 648	1 828	2 815	2 960	3 282	3 791	
Dépense d'exploitation	871	1 099	1 752	1 838	2 139	2 559	
Produit net	777	729	1 063	1 122	1 143	1 232	
Capital d'établissement	17 618	18 874	25 220	25 730	18 801	21 686	
Intérêt fourni par le produit net au capital %	4 40	3 86	4 22	4 35	6 08	5 67	
Recettes kilométriques	41 710	45 300	77 400	79 800	59 600	64 700	
Coefficient d'exploitat.	53 %	60 %	62 %	62 %	65 %	67 %	

Il ressort de ce tableau que, de 1906 à 1910, la progression des dépenses a suivi celle des recettes, mais qu'elle lui a été inférieure en Angleterre et en Allemagne, sensiblement supérieure, au contraire, en France.

En Angleterre, les recettes ont augmenté de 145 millions, les dépenses de 86 millions et le produit net s'est élevé de 59 millions.

En Allemagne, les recettes ont présenté une plus-value de 509 millions, les dépenses une majoration de 420 millions et le produit net une augmentation de 89 millions.

En France, alors que les recettes augmentaient de 180 millions, les dépenses s'accroissaient de 228 millions et le produit net de 1910 s'est trouvé inférieur de 48 millions à celui de 1906.

Lorsqu'on examine en détail les résultats de cette période 1906-1910 pour ces trois pays, on arrive aux constatations suivantes :

En Angleterre, après une période de prospérité dont 1907 avait marqué le point culminant, la crise américaine de 1908 vint apporter le plus grand trouble dans le trafic. Les recettes fléchirent de 50 millions en 1908, et après être restées stationnaires en 1909, elles se relevèrent en 1910 de 87 millions La crise eut toutefois un heureux effet à certain point de vue : elle provoqua une réduction des frais d'exploitation de 39 millions. Néanmoins, le coefficient d'exploitation — c'est-à-dire le rapport entre la dépense et la recette — est descendu de 64 à 62 %.

En Allemagne, les plus-values atteignaient en 1907, 140 millions, mais la poussée des dépenses était plus vive encore et dépassait de 97 millions les plus-values de recettes. La crise de 1908 amena dans les recettes un fléchissement alors que l'accroissement continu des dépenses se poursuivait. En deux ans, de 1906 à 1908, le produit net avait baissé de 276 millions et comme l'essor du mouvement industriel exigeait des améliorations coûteuses dans le matériel, le Gouvernement se décida à recourir à un emprunt de 630 millions.

Par suite d'une compression sensible des frais d'exploitation, le produit net devait se relever en 1909 de 25 millions. Le personnel fut momentanément réduit et son effectif ne fut relevé qu'en 1910 à la suite d'un accroissement de recettes de 241 millions. Ainsi, le produit net s'est relevé en 1909 et 1910. Le coefficient d'exploitation s'est abaissé de 74 % en 1908 à 67 % en 1910 et l'intérêt fourni par le revenu net au capital est monté de 4,26, à 5,67 %.

Contrairement à ce qui s'est passé en Angleterre et en Allemagne, en France la progression des recettes a été continue : 53 millions en 1907, 33 en 1908, 40 en 1909, 53 en 1910. La crise de 1908 n'a pas eu chez nous la répercussion que nous avons signalée en Angleterre et en Allemagne. En dépit des inondations de 1910 et de la grève des agents de l'Ouest et du Nord, le développement des recettes ne s'est pas arrêté.

Par contre, l'accroissement des dépenses a été plus accentué qu'en Allemagne et en Angleterre, absorbant et au-delà les plus-values de recettes. Il est dû notamment à l'accroissement de l'effectif du personnel, au relèvement des traitements et enfin aux grèves et inondations.

Il en est résulté un abaissement du produit net qui est passé de 777 millions en 1906 à 729 en 1910 ; le coefficient d'exploitation s'est relevé de 53 % en 1906, à 60 % en 1910. D'autre part, le taux de la rémunération du capital qui était en 1908 de 4 % n'est plus en 1910 que de 3,88 %, conséquence de l'augmentation du capital entraînée par les travaux complémentaires et l'accroissement du matériel roulant (640 millions en 1909 et 1910).

Ces résultats de l'exploitation des chemins de fer sous trois régimes différents peuvent-ils fournir les éléments d'une comparaison suffisante pour permettre de tirer une conclusion sur la valeur respective de chacun de ces systèmes ? Nous ne le croyons pas. Mais l'examen de ces résultats nous permet de constater que la crise de 1907-1908 a provoqué en Angleterre et en Allemagne une compression sensible des frais d'exploitation, tandis que chez nous la progression est restée continue et importante.

Il est à remarquer toutefois que les frais d'exploitation n'absorbaient en 1906 que 50 % de la Recette en France, tandis qu'ils atteignaient 62 % en Angleterre et 65 % en Allemagne. En 1908, le coefficient d'exploitation était de 54,9 % en France, de 64 % en Angleterre et de 74 % en Allemagne. La gestion de nos réseaux était donc à cette époque, sensiblement plus économique.

Faut-il en conclure que le régime de l'exploitation en régie est plus coûteux que celui des concessions ? La majoration des dépenses qui s'est accentuée si brusquement sur le réseau de l'Ouest après le rachat a été souvent invoquée en faveur de l'affirmative. Peut-être est-il prématuré de vouloir juger, dès maintenant, une entreprise qui est encore en voie d'organisation. Les éléments constitutifs du trafic sont trop complexes, les conditions économiques et sociales jouent un rôle trop important pour qu'on puisse tirer une conclusion générale du simple rapport des recettes aux dépenses. Mais il faut bien reconnaître que les résultats de l'exercice 1912 qui vient de s'achever semblent avoir été particulièrement favorables aux Compagnies. L'augmentation des recettes brutes a dépassé 76 millions : c'est la plus forte qui ait jamais été atteinte. Deux Compagnies, celle du Nord et celle de Paris à Lyon et à la Méditerranée peuvent entrevoir un relèvement du dividende minimum réparti aux actionnaires et l'appel à la garantie d'intérêt sur le budget de 1913 est réduit à une seule Compagnie, l'Orléans.

Ces résultats sont encore trop près de nous pour qu'on puisse les commenter utilement. Ils méritaient cependant s'être signalés.

GEORGES LAINEL.

STATISTIQUES

La Production du Pétrole en 1912.

La production mondiale du pétrole a suivi la progression suivante :

1908	37 970 697	tonnes
1909	39 897 388	—
1910	43 514 285	—
1911	46 095 927	—
1912	47 100 003	—

La production des Etats-Unis, qui représente 80 % de celle du monde entier est, pour la première fois depuis longtemps, restée stationnaire en 1912. Voici les chiffres comparatifs des divers pays en 1907 et 1912 :

	1907	1912
Etats-Unis	21 753 770 t	29 663 927 t
Russie	8 443 129	9 263 566
Roumanie	1 129 097	1 806 942
Galicie (Autriche)	1 175 975	1 180 568
Indes Néerlandaises	1 345 975	1 520 000
Mexique	133 000	2 100 000
Autres pays	1 212 561	1 565 000
Total	35 193 507 t	47 100 003 t

La production de la benzine baisse lentement, la production du pétrole lampant reste la même, tandis que seule la production des résidus et des huiles à moteur enregistre des augmentations importantes.

La consommation de la benzine a été en augmentation considérable par uite du développement de l'industrie des moteurs fins (automobilisme et aviation) ; la consommation du pétrole lampant croît lentement ; elle a dépassé dans les pays de grande consommation (Allemagne, Angleterre, France), son point culminant. Par contre, d'autres pays se signalent avec une augmentation de consommation considérable. Outre les pays producteurs : Amérique, Autriche-Hongrie et Russie, il faut citer encore l'Italie, l'Asie orientale, etc.

La consommation des résidus et de la motorine a subi, dans tous les pays civilisés, comme combustible pour les locomotives, les machines à vapeur et les fabriques, les moteurs Diesel, une augmentation qui dépasse de beaucoup l'augmentation de la production.

P. B.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e *Semestre*). — TOME VII. — N° 7. 1er OCTOBRE 1913

La Technique Moderne

MACHINES THERMIQUES

DE L'UTILISATION DES CHALEURS PERDUES DES MOTEURS A EXPLOSION

Dans l'étude sur *Le chauffage et la ventilation des bâtiments industriels* (1), l'auteur du présent article écrivait :

« ... Notre ambition serait d'envisager surtout le point de vue « économique, et, de même que les auteurs précédemment cités « ont cherché à enseigner comment on pouvait tirer le meilleur « parti de tous les déchets industriels, de même nous voudrions « montrer qu'il existe aussi de véritables déchets de chaleur dans « presque toutes les usines, et qu'un industriel avisé devrait tou- « jours chercher à les utiliser...

« Les déchets de chaleur sont nombreux dans l'industrie : « chaleur perdue des carneaux et cheminées de chaudières à va- « peur et de fours de toutes natures, vapeur d'échappement des « moteurs fonctionnant avec ou sans condenseur, thermosiphons « refroidisseurs des cylindres de moteurs à gaz ; force motrice « perdue en frottements dans les transmissions, etc., etc...

« *Il n'y a pas de petite économie dans l'industrie, on doit chercher « à ne rien perdre, et le praticien du chauffage saura toujours tirer « parti, ne fût-ce qu'à titre d'appoint, de ces déchets de chaleur, « lorsque l'industriel aura su les lui indiquer.* »

Une question posée dans la Tribune des Abonnés de *La Technique Moderne* (2), nous a amené à étudier aujourd'hui *l'Utilisation de la chaleur perdue des Moteurs à combustion interne, ou Moteurs à explosions*, moteurs à gaz de ville, moteurs à gaz pauvre, moteurs à pétrole, moteurs à huiles lourdes, etc., question que nous pouvons placer, certes, au premier rang de l'utilisation des déchets industriels de chaleur.

La question était ainsi posée : *Pour le séchage des Produits Céramiques, a-t-on utilisé la chaleur des gaz d'échappement d'un moteur à gaz pauvre ? Bibliographie de la question.*

Nous élargirons la question en disant : *Peut-on utiliser la chaleur perdue des moteurs à explosion ? A quels problèmes de chauffage ou de séchage peut-elle s'appliquer ?*

CHALEUR PERDUE PAR LES MOTEURS

Aucun moteur n'est un transformateur parfait de l'énergie calorifique en énergie mécanique. Tous perdent, dans une proportion variable, mais toujours considérable, une certaine quantité de calories qu'ils ne transforment pas en kilogrammètres utiles.

Dans les moteurs à vapeur, l'énergie calorifique part du générateur sous forme de vapeur à une certaine pression ; elle est conduite au moteur par des tuyauteries, et arrive à une pression moindre, due, en partie, à la condensation en route. C'est déjà une perte d'énergie, que réduira au minimum un calorifuge approprié, mais dont il est bien difficile de tirer parti d'une manière intéressante.

Toutes les parties du moteur, portées à une température élevée, transmettent par radiation et par conduction une autre quantité de chaleur, qui, comme la première, ne peut guère être récupérée.

Dans certaines industries, cependant, on pourrait, par une ventilation convenable de la chaufferie, utiliser ces calories en envoyant l'air dans des séchoirs ou des étuves, après avoir augmenté sa température en le faisant passer sur un récupérateur d'autre chaleur. Ceci, bien entendu, ne pourrait se faire qu'avec précaution, car, d'une part, une ventilation trop énergique serait gênante pour le personnel, et, d'autre part, cette ventilation augmenterait encore les pertes et nuirait au moteur en diminuant encore la pression à l'arrivée au tiroir distributeur.

Mais la grosse perte dans un moteur à vapeur est celle des calories qui partent avec la vapeur d'échappement, et celle-ci, toujours utilisable, est maintenant souvent utilisée dans l'application au chauffage et au séchage.

Les moteurs à combustion interne n'échappent pas à cette règle: l'explosion du mélange gazeux de combustible et de comburant se fait à haute température ; une partie des calories produites est transformée en travail utile, qui représente la puissance du moteur; une autre partie, beaucoup plus grande, s'en va avec les gaz d'échappement, l'eau de refroidissement du cylindre, la radiation du moteur.

Cette perte, dont nous montrerons plus loin la très grosse importance, peut parfaitement être évitée, et on peut, dans la plupart des cas, en réutiliser la plus grande partie.

A-T-ON DÉJA UTILISÉ CETTE CHALEUR PERDUE?

Dans la grosse industrie, et aussi dans certains moteurs spéciaux, on utilise déjà partiellement cette chaleur.

Nous pouvons en effet extraire d'une communication faite par M. Gouvy à la Société des Ingénieurs Civils de France, le 6 décembre 1912, le passage suivant, qui s'applique aux gros moteurs utilisant les gaz des fours à coke industriels :

« Les gaz s'échappent du cylindre moteur à des températures « variant entre 450 et 600° ; il semble donc tout naturel de cher- « cher à récupérer cette chaleur perdue en les faisant passer dans « une chaudière à vapeur placée sur le tuyau d'échappement, et « produisant ainsi, soit de l'eau chaude pour chauffage d'ateliers, « ou pour alimentation de chaudières, soit directement de la va- « peur sous pression, susceptible d'actionner des machines ac- « cessoires.

« Plusieurs constructeurs, notamment les ateliers Cockerill, « Nuremberg (M. A. N.), Ehrhardt et Sehmer, etc., ont établi des « types de chaudières appropriées, permettant d'obtenir par che-

(1) BIBLIOTHÈQUE DE LA TECHNIQUE MODERNE. Fascicule II. *Le Chauffage et la Ventilation des Bâtiments industriels.* (Supplément au t. II, n° 6, juin 1910).

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 3 (1er février 1913). — Une question analogue a été posée dans le numéro de *La Technique Moderne* du 15 août 1913, *Tribune des abonnés*, question n° 1029, ce qui démontre encore que l'attention des industriels est appelée sur ce sujet.

Digitized by Google

« val-heure des moteurs à gaz 0 kg 8 de vapeur à une pression de « 8 kg, ce qui répond, au cas d'emploi dans une turbine, consom- « mant 7 kg par cheval, à un rendement supplémentaire de « 10 chevaux pour 100 chevaux du moteur à gaz correspondant.

« On emploie de préférence des chaudières à tubes d'eau, de « façon à ne pas augmenter la contre-pression à l'échappement. »

Ainsi, M. Gouvy démontre qu'on peut, de cette manière, récupérer 10 % de la puissance d'un moteur à gaz. Nous verrons plus loin que cette proportion est relativement peu importante, eu égard au faible pourcentage de transformation des calories du gaz en chevaux-vapeur ; mais il faut noter qu'il s'agit ici d'une utilisation en *force motrice*, et qu'après cette utilisation, on pourrait encore récupérer en *chaleur* presque toutes les calories contenues dans la vapeur d'échappement du moteur auxiliaire, par les procédés habituels d'aéro-condenseurs, chaque fois qu'on aurait un moteur trop peu important pour justifier la marche au condenseur.

M. Ventoux-Duclaux, dans une communication faite le 18 octobre 1912 à la Société des Ingénieurs civils de France, sur l'utilisation de la naphtaline comme combustible dans les moteurs à explosions, montre l'utilisation de l'eau de refroidissement des cylindres, et surtout des gaz de l'échappement, dans de nombreux dispositifs de fusion de la naphtaline en avant des carburateurs : carburateurs de la Gasmotorenfabrik Deuz (eau), de la Société Schneider et C^ie^ (eau), de Chenier et Lion (gaz), de Burlat (gaz), de Bruneau (gaz), de Noel (gaz), de Lion (gaz), de Constantinesco (gaz).

Encore ne peut-on considérer dans ces cas que l'utilisation d'une très petite partie des gaz, en raison de la très faible absorption de calories nécessaires, comme le montrent bien les surfaces de chauffe peu importantes des appareils de fusion considérés.

Donc, à part les gros moteurs industriels et les moteurs spéciaux, la réutilisation des chaleurs perdues des moteurs à explosions est rarement envisagée, et ne fait pas l'objet d'applications courantes.

Et pourtant, comme nous allons le montrer, elle représenterait une récupération importante, et pourrait être assez facilement réalisée.

Évaluation de la chaleur perdue dans les moteurs a explosion

Si nous nous reportons à la savante et fort intéressante étude de M. Léon Letombe, *Production de la force motrice, moteurs à combustion interne et gazogènes* (1), nous trouvons expliqués les moteurs à gaz de ville, à gaz de fours à coke, à gaz de hauts-fourneaux, à gaz pauvre, à pétrole, à essence, à benzol, à huiles lourdes (moteurs Diesel), etc.

M. Letombe admet, pour les différents combustibles employés, les puissances calorifiques ci-après :

Gaz de ville (type Cahier des charges de la Ville de Paris), 5 250 calories par mètre cube.

Gaz de fours à coke, 3 500 à 4 500 calories par mètre cube.

Gaz de hauts-fourneaux, 950 calories par mètre cube.

Gaz pauvre de gazogènes (bonne moyenne), 1 250 calories par mètre cube.

Pétroles, 10 000 à 11 000 calories par kilogramme.

Pétrole lampant (densité 0,810), 8 900 calories par litre.

Essence de pétrole (automobiles, densité de 0,68 à 0,72), 7 500 à 8 000 calories par litre.

Benzol, 8 800 calories par litre.

D'après sa formule des moteurs types, de construction parfaite et de forte puissance, marchant suivant un cycle Beau de Rochas et une compression allant à 12,55 atmosphères, M. Letombe trouve qu'un moteur à gaz de ville, à 5 000 calories, devrait consommer, 452 litres par cheval-heure, ce qui représente :

$0{,}452 \times 5\,000 = 2.260$ calories absorbées.

Or, en prenant 425 kilogrammètres pour équivalent mécanique de la calorie, 1 cheval-heure représente :

$$\frac{75 \times 3\,600}{425} = 635{,}3 \text{ calories.}$$

Le moteur ci-dessus perd donc par cheval-heure :

2 260 — 635,3 calories = 1 624,7 calories, soit 71,90 %.

Avec du gaz pauvre, à 1 250 calories, il faudrait, dit M. Letombe, 1 810 litres de gaz à 0° et 760 mm par cheval-heure, soit :

$1\,810 \times 1\,250 = 2\,262{,}5$ calories.

Soit encore une perte de :

2 262,5 — 635,3 = 1 627,2 calories, ou encore 71,9 %.

Si on se reporte au charbon employé au gazogène, ces 1 810 litres de gaz seraient produits par 386 gr de charbon à 7 200 calories, soit :

$7\,200 \times 0{,}386 = 2\,779{,}2$ calories absorbées,

soit 2 779,2 — 635,3 = 2 143,9 calories, ou 77,1 % perdus.

Encore s'agit-il là de moteurs de construction théorique, c'est-à-dire parfaite, et de grosses unités.

Les moteurs à gaz des bons systèmes, dans les petites et moyennes unités employées généralement par les industriels que cette étude intéresse, consomment par cheval-heure :

En gaz de ville à 5 000 calories, de 900 à 500 litres de gaz, ce qui fait :

$(5\,000 \times 0{,}900) - 635{,}3 = 3\,864{,}7$ calories perdues, ou 85,9 %.

$(5\,000 \times 0{,}500) - 635{,}3 = 1\,864{,}7$ calories perdues, ou 74,6 %.

Dans les moteurs de construction récente, toutefois, on dépasse rarement 700 litres de gaz par cheval-heure, ce qui fait :

$(5\,000 \times 0{,}700) - 635{,}3 = 2\,864{,}7$ calories perdues, ou 81,8 %.

En charbon maigre d'Anzin à 7 520 calories, 0 kg 568, ce qui fait :

$(7\,250 \times 0{,}568) - 635{,}3 = 3\,536$ calories perdues ou 82,8 %.

Beaucoup de moteurs ne consomment que 0 kg 450 en pleine charge, et 0 kg 600 en demi-charge, mais les moteurs marchant rarement à pleine charge, les chiffres ci-dessus conservent leur valeur.

Dans les gros moteurs, 300 chevaux et plus, M. Letombe dit qu'on arrive maintenant à une consommation par cheval-heure de 2 300 calories gaz, et de 3 000 calories charbon, d'où des pertes de :

2 300 — 635,3 = 1 664,7 calories ou 72,4 %.

3 000 — 635,3 = 2 364,7 calories, ou 78,8 %.

Pour les moteurs à pétrole des séries courantes, la consommation est de 350 à 500 grammes par cheval-heure effectif, chiffre très élevé, qui, en admettant la puissance calorifique moyenne de 10 500 calories par kilogramme représente :

$(10\,500 \times 0{,}35) - 635{,}3 = 3\,039{,}7$ calories perdues ou 82,7 %.

$(10\,500 \times 0{,}5) - 635{,}3 = 1\,684{,}7$ calories perdues ou 72,6 %.

Dans les meilleurs moteurs Diesel, on obtient le cheval-heure avec des consommations plus réduites de 180 à 220 gr de pétrole lourd, ou 240 à 260 grammes d'huile de goudron.

Les pertes sont encore :

$(10\,500 \times 0{,}18) - 635{,}3 = 1\,264{,}7$ calories perdues ou 66,6 %.

$(10\,500 \times 0{,}22) - 635{,}3 = 1\,684{,}7$ calories perdues ou 72,6 %.

On voit par l'exposé ci-dessus que, suivant la perfection du moteur et la nature du combustible, les pertes de calories dans les moteurs à combustion interne varient de 66,6 % à 87,9 %, chiffres considérables.

Les perfectionnements incessants, dus tant à la connaissance plus parfaite de la théorie qu'à la construction mécanique meilleure des moteurs, permettent évidemment d'admettre que le pourcentage moyen des pertes diminuera dans l'avenir, mais pas entièrement, et on ne peut certainement pas espérer qu'il deviendra jamais négligeable.

L'étude de la récupération des chaleurs perdues devrait donc suivre parallèlement l'étude des moteurs, et il y a là un facteur de déchets de chaleur dont il est extrêmement intéressant de chercher à tirer parti.

(1) Voir Bibliothèque de la Technique Moderne. Fascicule V Supplément au t. V, n° 12, 15 décembre 1912).

Digitized by Google

QUELLES SONT LES PROPORTIONS RÉUTILISABLES DES PERTES ?

Peut-on récupérer intégralement toutes ces pertes? Il est bien évident que non, et on n'arrivera jamais à en réutiliser qu'une partie. Mais encore cette partie, sur un tel pourcentage, représente-t-elle un chiffre intéressant, et de nombreux problèmes de chauffage et de séchage pourraient être résolus avec une dépense de fonctionnement à peu près nulle, et une dépense d'entretien minime.

Il est donc utile d'examiner tout d'abord comment elles sont composées, de manière à pouvoir en déduire la proportion utilisable.

Dans les moteurs à gaz, les combustions incomplètes font perdre un minimum de 5 %, mais le pourcentage est beaucoup plus grand dans les moteurs mal construits, dans ceux où l'admission d'air n'est pas bien réglée ou bien surveillée ; il faut donc, de ce côté, apporter le plus grand soin, de manière à ne pas dépasser ce minimum.

Il n'existe pas de machines sans légères fuites, soit par les soupapes, soit par les pistons, ou encore par les échappements anticipés ; on peut encore admettre de ce fait 5 % dans les moteurs bien entretenus.

Une certaine quantité de chaleur est perdue par radiation des divers organes et tuyauteries du moteur, et, bien qu'on puisse partiellement la récupérer par une ventilation convenable, comme nous l'avons dit précédemment, il n'est pas exagéré de dire qu'il y a là encore une perte de 5 %.

pour réussir à condenser les goudrons, à dissoudre l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré, etc.

M. Letombe dit que, outre les pertes par radiation de gazogène, il faut soustraire 1 000 calories au gaz produit par 1 kilogramme de charbon pour le refroidir complètement, et que ce résultat est obtenu avec une dépense d'eau froide de 20 litres par cheval, quand celui-ci est obtenu avec une dépense de 400 gr de charbon.

On remarquera de suite que ces 400 gr de charbon correspondent, d'après la donnée ci-dessus à :

$$1\,000 \times 0{,}4 = 400 \text{ calories},$$

qui, emportées par 20 litres d'eau, ne représentent pour cette eau qu'une élévation de température de :

$$\frac{400}{20} = 20°$$

c'est-à-dire insuffisante pour qu'on puisse songer à en tirer parti autrement qu'en envoyant l'eau au gazogène.

Disons donc que toutes les calories perdues entre le gazogène et le moteur sont absolument inutilisables, et que, de ce fait, nous devrons ramener les chiffres de pertes réutilisables, dans les moteurs à gaz pauvre, à la même proportion que dans les moteurs à gaz de ville, bien que les chiffres des calculs indiquent une proportion beaucoup plus grande pour les pertes en partant du charbon.

Nous avons résumé les chiffres précédents dans le tableau I.

TABLEAU I. — RÉPARTITION DES CALORIES PERDUES.

	PAR CHEVAL - HEURE					
	Consommation	Calories employées	Calories perdues	Pertes entre le gazogène et le moteur 1000 cal. par kg de charbon	Pertes au moteur 15 % des calories employées	Pertes dont on peut songer à tirer parti
Moteurs à Gaz de Ville, à 5 000 calories (théorique)...	0 m³, 452	2260	1624,7		339	1285,7
Moteurs à Gaz pauvre, charbon à 7 250 cal. (théorique)	0 kg 386	2779,2	2143,9	386	416,9	1341
Moteurs à Gaz, puissance moyenne, gaz à 5 000 cal...	0 m³, 500	2500	1864,7		375	1489,7
	0 m³, 700	3500	2864,7		525	2339,7
	0 m³, 900	4500	3864,7		675	3189,7
Moteurs à Gaz, puissance moyenne, charbon à 7 520 cal	0 kg 568	4271,3	3536	568	640,7	2327,3
	0 kg 450	3384	2748	450	507,6	1790,4
Gros Moteurs, 300 chevaux et plus, gaz à 5 000 cal...	0 m³, 460	2300	1664,7		345	1319,7
Gros Moteurs, charbon à 7 200 cal...	0 kg 416	3000	2364,7	416	450	1498,7
Moteurs à pétroles courants, 10 500 cal. au kg.....	0 kg 350	3675	3039,7		551,2	2488,5
	0 kg 500	5250	4614,7		787,5	3827,2
Moteurs type Diesel à pétrole lourd, 10 500 cal. au kg.	0 kg 180	1900	1264,7		285	979,7
	0 kg 220	2320	1684,7		348	1336,7

Voilà donc déjà 15 % de chaleur perdue que nous ne pouvons pas songer à réutiliser.

Ces 15 % ne s'appliquent, bien entendu, qu'au cas où nous considérons les calories en partant du gaz ou du liquide tel qu'il arrive au moteur.

Dans les cas d'application du gaz pauvre à la force motrice, il ne faudrait pas considérer les calories en partant du charbon consommé. Là, le déchet sera plus grand.

En effet, le gazogène, les épurateurs, les gazomètres et toutes leurs tuyauteries représentent autant de surface de radiation.

Dans la plupart des gazogènes, on épure le gaz par lavages ou barbottages, et le maximum d'épuration a lieu quand on réussit à ramener le gaz à la température ambiante à l'entrée du moteur. Cet abaissement de température donne les plus grandes chances

Les chiffres de la dernière colonne représentent donc les calories que l'on peut songer à reprendre dans la récupération des chaleurs perdues.

On remarquera de suite qu'il ne faut pas compter refroidir les gaz d'échappement au-dessous de la température du fluide, air ou liquide, qui sera employé comme agent de récupération, et qu'il y aura donc de ce fait une nouvelle perte, qui diminuera d'un échelon de plus l'importance de la réutilisation.

Par conséquent, lorsqu'il songera à tirer parti du déchet de chaleur contenu dans l'échappement de son moteur, l'industriel devra s'inquiéter tout d'abord de son importance, que lui indiquera immédiatement la puissance de ce moteur.

S'il s'agit d'un moteur de faible puissance, la réutilisation n'aura aucun intérêt pour lui, car elle sera compensée, bien au-delà

Digitized by Google

même peut-être, par la dépense d'amortissement, de fonctionnement, d'entretien du récupérateur.

Mais s'il s'agit d'un moteur d'une certaine importance, il y aura un gros intérêt, d'autant plus qu'il est possible de faire intervenir un autre facteur, celui de la récupération de l'eau de refroidissement du cylindre du moteur, comme nous allons l'expliquer.

Comment sont composées les pertes réutilisables

Il est tout d'abord nécessaire de voir comment sont réparties les calories réutilisables dans ces chiffres de pertes :

1° Une partie s'en va avec l'eau de refroidissement du cylindre ;

2° Le reste part dans les gaz de l'échappement.

Pour les petits moteurs, où le refroidissement du cylindre se fait simplement par thermosiphon, on comprend que la quantité de calories est peu importante, puisque la simple radiation des tuyauteries d'aller et retour et du réservoir suffit à les dissiper dans l'atmosphère ambiante.

Il n'en est pas de même dans les gros moteurs, puisqu'on est obligé de créer une circulation d'eau et de perdre l'eau chaude à l'égout. Ceci constitue évidemment une dépense d'eau, c'est-à-dire un nouveau déchet intéressant à récupérer, l'eau coûtant toujours quelque chose, ne serait-ce que le travail de la pompe, si on n'a pas une distribution d'eau urbaine qui la fait payer au mètre cube.

L'eau de refroidissement, dit M. Letombe, doit enlever 700 à 800 calories par cheval-heure effectif, ce qui représente dans les gros moteurs de Nuremberg un volume de 35 litres d'eau prise à 15°, et élevée à 35° et 38°. Mais peu de constructeurs sont capables de refroidir leurs cylindres avec une aussi faible quantité d'eau, et certains vont jusqu'à 100 litres, avec naturellement une température moindre.

Rien ne serait plus facile que d'établir un thermosiphon comprenant sur son parcours un aéro-réfrigérant par surface, qui ramènerait l'eau échauffée par le cylindre aux environs de la température ambiante, retrouvant ainsi les 700 à 800 calories par cheval dont nous parlions ci-dessus, et réutilisant toujours la même eau.

En admettant l'eau d'une distribution urbaine à 0 fr 20 le mètre cube, l'économie réalisée de ce fait serait de 0 fr 007 à 0 fr 02 par cheval-heure, soit 0 fr 35 à 1 fr par heure pour un moteur de 50 ch.

Quel que soit le bas prix de l'eau, il y aurait donc toujours là une économie intéressante.

Le récupérateur de la chaleur contenue dans les gaz d'échappement serait placé à la suite de l'aéro-réfrigérant, et la limite de refroidissement des gaz serait, par conséquent, celle de la température de l'air chaud à la sortie de cet aéro-réfrigérant.

Or, la température des gaz d'échappement, variable bien entendu avec les moteurs, est toujours fort élevée, et comprise entre 450 et 600°, depuis la marche à vide ou à faible charge, jusqu'à la marche en pleine charge.

Dans la brochure des Gazogènes et Moteurs Pierson, on trouve, d'après les résultats d'un essai fait par le Laboratoire officiel d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, sur un moteur de 70 ch, alimenté en gaz pauvre par du charbon à 7 250 calories, à raison de 568 gr de charbon brut par cheval-heure, que la température des gaz d'échappement était de 539 à 587°.

On peut donc admettre une température moyenne de 550°.

Avec les moteurs modernes et un réglage très bien fait, on peut cependant abaisser cette température à 450°.

Remarquons de suite que, lorsque l'appareil récupérateur est construit d'une manière judicieuse, c'est-à-dire sans longueur excessive de parcours pour les gaz, il ne peut produire de contre-pression au cylindre du moteur, puisque le refroidissement des gaz d'échappement donne lieu à une réduction de leur volume, et que le récupérateur agit, en quelque sorte, et toutes proportions gardées, comme un condenseur de machine à vapeur.

Disposition possible d'un récupérateur

Nous n'avons pas l'intention d'envisager ici toutes les dispositions possibles de récupérateurs, celles-ci pouvant varier presque à l'infini avec la puissance du moteur et le résultat qu'on se propose d'obtenir.

Ainsi nous ne dirons rien des dispositifs de chaudières à eau chaude ou à vapeur, chauffées par les gaz d'échappement, et employées à alimenter des appareils de chauffage de locaux.

Nous considérons comme plus intéressant le chauffage direct de l'air, parce qu'il permet d'utiliser la majeure partie des chaleurs perdues :

1° En faisant traverser par l'air (tout ou partie du volume) la salle des machines, pour emporter la chaleur perdue par radiation;

2° En le faisant passer ensuite sur une batterie de chauffe dans laquelle circulera l'eau de refroidissement du cylindre ;

3° En terminant par une circulation sur une batterie de chauffe analogue, dans laquelle passeront les gaz de l'échappement.

La température de l'air s'augmentera ainsi graduellement jusqu'à sa sortie, qui se fera du côté de l'arrivée des gaz, c'est-à-dire à l'endroit le plus chaud, ce qui réalise la condition théorique du chauffage.

Une telle circulation ne pourrait être obtenue, bien entendu, qu'au moyen d'un ventilateur, mais la puissance absorbée par ce ventilateur serait peu importante par rapport au résultat économique utile, comme nous le verrons plus loin.

Le seul appareil nécessitant une construction un peu spéciale serait la batterie de chauffe recevant les gaz d'échappement du moteur, qui devra satisfaire aux conditions suivantes :

1° Avoir des joints très étanches, malgré la différence de dilatation du métal entre l'entrée (450 à 600°) et la sortie, qu'on cherchera à avoir à température aussi basse que possible ;

2° Etre facilement nettoyable, en raison de l'encrassage qui se produira par suite du refroidissement des gaz (noir de fumée, eau, composés divers de l'huile plus ou moins brûlée provenant du graissage des cylindres, combinaisons azotées, etc.);

3° Evacuer l'eau de condensation de la combinaison inévitable de l'hydrogène et de l'oxygène en excès, et qui sera peut-être un peu ammoniacale ;

4° Etre inattaquable aux diverses combinaisons gazeuses ou liquides de l'échappement, qui seront surtout basiques, mais pourraient cependant être un peu acides dans le cas des moteurs à liquides.

Ces conditions nécessitent certainement l'emploi de la fonte, mais les diverses catégories de tuyaux à ailettes qui existent maintenant dans le commerce pour les usages des chauffages par la vapeur et par l'eau chaude permettront de les résoudre d'une manière certaine et sans aléas.

Examinons quelques-uns des cas qui peuvent se présenter, en choisissant une usine de moyenne importance, possédant, par exemple, un moteur de 50 ch.

Moteurs a gaz de ville

Supposons un moteur à bon rendement, consommant à peu près le minimum indiqué à notre tableau, soit 500 litres en gaz à 5 000 calories.

Nous avons dit que les pertes utilisables représentent 1 489,7, soit, en chiffres ronds, 1 490 calories par cheval.

Admettons que nous voulions les récupérer pour un séchoir dans lequel la température maximum d'arrivée de l'air chaud ne doit pas dépasser 60° à l'entrée.

Pour utiliser au maximum les pertes dont nous n'avons pas tenu compte, c'est-à-dire celles de la salle des machines, nous aspi-

Digitized by Google

rerons l'air dans cette salle même, par exemple à une extrémité, en laissant une ouverture de communication à l'extrémité opposée. Bien entendu, notre installation devra être combinée de telle sorte qu'il n'en résulte pas un courant de passage trop violent, qui mettrait le personnel dans des conditions hygiéniques défectueuses. S'il devait en être ainsi, il serait toujours possible de ne faire passer dans la salle des machines qu'une partie du volume d'air, en aspirant directement à l'extérieur une autre partie.

Nous pouvons admettre facilement que l'air ayant traversé la salle du moteur arrivera au réchauffeur à une température voisine de 15°.

La première partie de ce réchauffeur sera constituée par une batterie de tuyaux à ailettes, dans laquelle circulera l'eau de refroidissement du cylindre, et la disposition sera celle, très simple, d'un thermosiphon.

Il n'y a aucun inconvénient ici à employer une surface de chauffe un peu importante, de manière à obtenir la récupération presque complète de toutes les calories contenues dans l'eau, qui, arrivant vers 35-38°, pourra être refroidie presque jusqu'à la température de l'air, soit vers 15°, restituant ainsi les 7 à 800 calories qu'elle contient.

$700 \times 50 = 35\,000$ calories que nous pouvons retrouver ici, et qui seraient capables d'élever de 20° la température de:

$$\frac{35\,000}{0{,}2377 \times 20} = 7\,312 \text{ kgs d'air,}$$

entrant à 15° et sortant à 35°, pendant que la température de l'eau descendrait de 35° à 15°.

L'air entrera donc vers 35° dans le réchauffeur suivant, qui pourra avoir une disposition identique, et qui recevra lui-même les gaz de l'échappement à 450-600°. Les 35° seront la limite de refroidissement de ces gaz, et on comprendra qu'ainsi une certaine partie de leurs calories sera fatalement emportée dans l'atmosphère et ne pourra être récupérée.

Il serait évidemment téméraire de chercher à en calculer rigoureusement la proportion, celle-ci variant pour chaque moteur avec le volume des gaz de l'échappement qui dépend du réglage, et avec cent autres considérations qu'il est sans intérêt d'examiner ici.

Pour ne pas compliquer cette étude, nous admettrons que sur les 1 490 calories par cheval qui représentent la chaleur perdue, $1\,490 - 700 = 790$ calories restaient dans l'échappement à 600°, et qu'en refroidissant cet échappement à 35° nous avons récupéré la partie correspondante à la proportion du refroidissement, soit :

$$\frac{790 \times (600 - 35)}{600} = 744 \text{ calories}$$

par cheval, ou pour 50 ch : $744 \times 50 = 37\,200$ calories, qui, transmises à nos 7 312 kg d'air, ont élevé sa température de :

$$\frac{37\,200}{0{,}2377 \times 7\,312} = 21°,4 \text{ environ.}$$

L'air sortira donc du second réchauffeur vers : $35° + 21°,4 = 56°,4$.

Si on remarque que 7 312 kgs d'air élevés de 15° à 56°,4 ont ainsi absorbé :

$0{,}2377 + 7312 \times (56°4 - 15°) = 71\,953$ calories,

alors que nous disposions de :

$1\,490 \times 50 = 74\,500$ calories ;

nous voyons que notre récupérateur nous a permis de retrouver :

$$\frac{71\,953 \times 100}{74\,500} = 96\ \%$$

de la chaleur perdue.

En réalité, le rendement sera moindre, car il ne sera pas possible de ramener l'eau à 15°, ni les gaz d'échappement à 35°, mais il n'est pas téméraire d'admettre que nous pourrions retrouver 75 à 80 %, soit :

$74\,500 \times 0{,}8 = 59\,600$ calories,

permettant d'élever de 15 à 60° :

$$\frac{59\,600}{0{,}2377\ (60 - 15)} = 5\,570 \text{ kgs d'air,}$$

soit :

$$\frac{5\,570}{1{,}293} = 4\,300 \text{ m}^3 \text{ d'air,}$$

en chiffres ronds.

Ces 4 300 m³, avec un séchoir dont les résistances, jointes à celles du réchauffeur, nécessiteraient une pression génératrice de 20 mm au ventilateur, ne représenteraient théoriquement que :

$$\frac{4\,300 \times 20}{3\,600 \times 75} = 0{,}32 \text{ cheval.}$$

Soit environ 0 cheval 6 pour un ventilateur ayant un rendement mécanique de 50 %, puissance absolument négligeable.

Supposons maintenant que nous envoyions cet air à 60° dans un séchoir méthodique, d'où il sortira saturé aux 2/3 à 30°, résultat parfaitement admissible.

Admettons encore que, lorsque nous l'avons pris à + 15°, il était déjà saturé au 1/3.

Le calcul est facile :

1 kg d'air, saturé au 2/3 à 30° emporte :
$0{,}02694 \times 2/3$ ..... 0 kg 01796 d'eau
1 kg d'air, saturé au 1/3 à 15° contenait :
$0{,}0105 \times 1/3$ ..... 0 kg 00350 —
1 kg d'air enlèvera dans le séchoir ..... 0 kg 01446 d'eau

Et nos 4 300 m³ ou 5 570 kgs d'air enlèveront :

$0{,}01446 \times 5\,570 = 80$ kgs d'eau en chiffres ronds.

Ce qui, dans une usine travaillant 10 heures par jour, permettrait l'évaporation dans un séchoir de :

$80 \times 10 = 800$ kgs d'eau.

Résultat obtenu d'une manière à peu près gratuite par la récupération des chaleurs perdues par un moteur de 50 chevaux travaillant au gaz de ville.

Moteur a gaz pauvre

Prenons maintenant un moteur à gaz pauvre consommant 0 kg 568 de charbon à 7 520 calories par cheval-heure.

Le tableau I (page 211) nous a indiqué 2 327,3 calories réutilisables par cheval.

Admettons comme précédemment une récupération de 80 %, soit pour 50 chevaux :

$2\,327 \times 0{,}8 \times 50 = 93\,080$ calories

permettant d'élever de 15° à 60° :

$$\frac{9\,3080}{0\ 2377 \times (60 - 15)} = 8\,700 \text{ kgs d'air}$$

ou

$$\frac{8\,700}{1{,}293} = 6\,729 \text{ m}^3 \text{ d'air.}$$

Avec une force motrice dépensée de :

$$\frac{6\,729 \times 20 \times 100}{3\,600 \times 75 \times 50} = 1 \text{ cheval}$$

nous pourrons enlever dans un séchoir fonctionnant 10 heures par jour:

$0{,}01446 \times 8\,700 \times 10 = 1\,268$ kgs d'eau.

Si ce moteur ne consommait que 0,450 au lieu de 0,568, un calcul analogue donnerait 6 694 kgs ou 5 177 m³ d'air, avec une force motrice dépensée de 0,8 cheval, enlevant en 10 heures dans le séchoir 1 035 kgs d'eau.

Moteur a pétrole

Prenons un bon moteur, consommant 0 kg 350 par cheval-heure.

Le tableau I (page 211) indique 2 488,5 calories réutilisables par cheval-heure.

Digitized by Google

Avec un rendement de 80 % le moteur de 50 HP nous abandonnera :

$2\,488{,}5 \times 0{,}80 \times 50 = 99\,540$ calories,

permettant d'élever de 15 à 60° :

$$\frac{99\,540}{0{,}2377(60-15)} = 9\,300 \text{ kgs d'air,}$$

ou

$$\frac{9\,300}{1\,293} = 192\,7 \text{ m}^3.$$

Avec une force motrice dépensée de :

$$\frac{7\,192 \times 20 \times 100}{3\,600 \times 75 \times 50} = 1{,}07 \text{ HP,}$$

nous pourrons enlever dans un séchoir fonctionnant 10 heures par jour :

$0{,}01446 \times 9\,300 = 1\,345$ kgs d'eau.

Si ce moteur ne consommait que 0 kg 450 au lieu de 0 kg 568, un calcul analogue donnerait 6 694 kgs ou 5 177 m³ d'air, avec une force motrice dépensée de 0,8 cheval enlevant en 10 heures dans le séchoir 1 035 kgs d'eau.

Résumé

Les quelques exemples cités ci-dessus ont eu seulement pour but de montrer dans quelles proportions la récupération des chaleurs perdues par les moteurs à explosions ou à combustion interne pouvait intéresser les industriels.

Nous ne saurions trop répéter que cette question est très importante dans tous les cas. Il n'est pas une industrie qui n'a pas besoin de chauffage ou de séchage ; il n'est pas un industriel qui ne doive songer à réduire au minimum ses frais de fabrication ou ses frais généraux.

La récupération des chaleurs perdues par ces types de moteurs en augmentera encore l'économie de marche, et permettra de faire un pas de plus en avant dans la voie de l'abaissement des prix de fabrication. Dans chaque cas particulier, une petite étude s'impose, facile à résoudre par l'ingénieur spécialiste, et sur laquelle l'attention méritait, croyons-nous, d'être appelée.

G. Debesson.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

UN PROBLÈME INTÉRESSANT SUR LE RÉGLAGE DE LA TENSION DE RÉSEAUX A COURANTS ALTERNATIFS A HAUTE TENSION

Exposé du problème. — Etant données deux usines génératrices de courant A et B (fig. 1) reliées par une ligne de distribution BA à courant triphasé 22 000 volts de tension composée, 50 périodes. Cette ligne ayant une longueur de 60 kilomètres, et étant composée de 3 câbles en cuivre de 40 mm² de section chacun, placés symétriquement à une distance de 0m,70.

La distribution de la puissance ayant lieu de la façon suivante :

L'usine B produit le courant sous la tension de 10 000 à 11 000 volts aux bornes des alternateurs. L'énergie destinée à la ligne BA est transformée au départ de l'usine B par un transformateur statique de 1 200 KVA portant la tension de 11 000 volts à 22 000 volts. Cette énergie est distribuée dans les centres de distribution, alimentés par cette ligne sous forme de courant triphasé basse tension, sauf à l'arrivée à l'usine A, où elle est transformée en triphasé 5 000 volts à l'aide d'un poste de transformation abaisseur. Ce poste comprenant 3 transformateurs triphasés statiques de 360 KVA chacun, rapport de transformation 20 000/5 000 volts et pouvant fonctionner tous les trois en parallèle.

L'usine génératrice A produit également du courant triphasé sous la tension de 5 000 volts, 50 périodes aux bornes des alternateurs et il peut arriver à certaines époques de l'année que cette usine fournisse l'énergie à la ligne de distribution BA au lieu et place de l'usine B. Dans ce cas, le courant produit à 5 000 volts par l'usine A est transformé à 20 000 volts au départ de cette usine à l'aide du poste de transformation dont il est question plus haut et qui fonctionne dans ce cas comme élévateur. Il est posé comme condition essentielle que les usines A et B ne fonctionnent en parallèle que pendant le temps strictement nécessaire permettant les passations de service d'une usine sur l'autre.

Le problème consiste à étudier un appareil régulateur R (fig. 1) survolteur-dévolteur destiné à fonctionner à l'usine A sur le circuit reliant les barres 5 000 volts de cette usine aux bornes 5 000 volts des transformateurs 20 000/5 000 volts du poste de transformation de l'usine A. Cet appareil devra être prévu à manœuvre automatique pour le service courant et pour manœuvre à main lors des passages de charge d'une usine sur l'autre au moment des changements de service. Le régulateur doit être prévu pour une puissance du réseau de 1 000 KW sous $\cos \Phi = 0{,}70$ soit pour une puissance apparente du réseau de

$$\frac{1000}{0{,}70} = 1430 \text{ KVA.}$$

Il doit être à action rapide et capable de supporter les à-coups provenant d'un excès de voltage à l'arrivée, excès pouvant être dû aux déclanchements des disjoncteurs des autres départs de l'usine B en cas de courts-circuits sur des lignes intéressant ces départs.

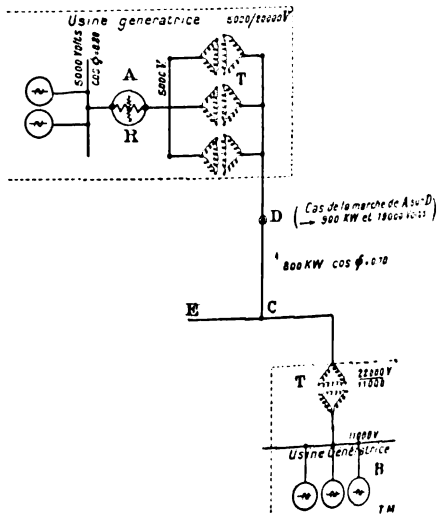


Fig. 1. — *Schéma à un fil des usines génératrices A et B et de la ligne de transport d'énergie* BA. — BC, 10 kilomètres ; CD, 10 kilomètres ; DA, 40 kilomètres ; BA, 60 kilomètres.

Il doit en outre être prévu pour remédier aux variations de charges brusques sur le réseau 5 000 volts de l'usine A, ce dernier étant destiné à fournir du courant de traction en outre du courant nécessaire à l'éclairage et à la force motrice.

Digitized by Google

Données numériques. — Les données numériques du problème sont les suivantes :

I. — *Marche de l'usine génératrice B distribuant le courant sur la ligne BA, la puissance au départ de B étant de* 800 *kw. Le cos* Φ *de la ligne de distribution BA varie de* 0 70 *à* 0 75. *Le cos* Φ *du réseau* 5 000 *volts de l'usine A est de* 0 80.

Le voltage aux bornes des génératrices de l'usine B ne peut pas dépasser 11 000 volts.

Le voltage à l'arrivée au poste de transformation de l'usine A ne doit pas être inférieur à 20 000 volts pour une puissance au départ de B égale à 800 kw.

Le voltage aux bornes 5 000 volts de l'usine A doit être maintenu constant à 5 000 volts.

Dans ces conditions, le transformateur de l'usine B fonctionne avec 10 % de surcharge ; les 3 transformateurs du poste d'arrivée A fonctionnent à charge normale.

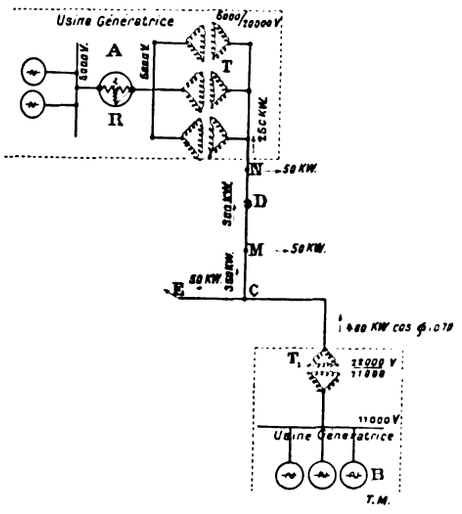


Fig. 2. — Répartition des charges dans le cas du fonctionnement en hiver de l'usine B sur l'usine A avec une puissance de 250 kw en A.

II. — *Marche en rétrocession de l'usine* A *sur le point* D, *la distance* AD *étant de* 40 *km* (fig. 1). Le voltage aux bornes des alternateurs de l'usine A ne peut pas être supérieur à 5 000 volts quelle que soit la puissance demandée par la ligne AB.

Le voltage à l'arrivée en D doit être de 19 000 volts pour la puissance de 900 kw distribuée en D.

Les transformateurs du poste de l'usine A fonctionnent alors avec une surcharge de 6 %.

III. — *Marche de l'usine* B *sur l'usine* A *en hiver. La répartition des charges ayant lieu suivant les valeurs indiquées sur schéma de la figure* 2.

Le voltage aux barres 5 000 volts de l'usine A doit être maintenu constant à 5 000 volts, la puissance étant de 250 kw à l'arrivée en A. Les transformateurs de l'usine A fonctionnent alors à 1/4 de charge environ.

Rapports de transformation des transformateurs des postes A et B. — Les transformateurs de 360 KVA du poste A sont prévus. Pour marcher en parallèle avec le rapport de transformation de 20 000/5 000 volts en charge et cos Φ = 1, la surcharge admissible sans échauffement dangereux en marche continue est de 10 %.

Ces transformateurs fonctionnant en abaisseur ont les rapports de transformation suivants :

A vide	20000/5100 volts
A pleine charge et cos Φ = 1	20000/5040 —
A pleine charge et cos Φ = 0,70	20000/4900 —
En surcharge de 10 % et cos Φ = 1	20000/5030 —
En surcharge de 10 % et cos Φ = 0,70	20000/4870 —

Ces mêmes transformateurs, fonctionnant comme élévateurs avec la tension de 5 000 volts au primaire, ont les rapports de transformation suivants :

A vide	5000/19550 volts
A pleine charge et cos Φ = 1	5000/19350 —
A pleine charge et cos Φ = 0,70	5000/18750 —
En surcharge de 10 % et cos Φ = 1	5000/19300 volts
En surcharge de 10 % et cos Φ = 0,70	5000/18650 —

Le transformateur triphasé de 1 200 KVA de l'usine B a les rapports de transformation suivants :

A vide	11000/22500 volts
A pleine charge et cos Φ = 1	11000/22300 —
A pleine charge et cos Φ = 0,70	11000/22000 —
En surcharge de 10 % et cos Φ = 1	11000/22270 —
En surcharge de 10 % et cos Φ = 0,70	11000/21900 —

I. — Calcul de la ligne BA dans le cas de la marche indiquée au paragraphe I.

Les données sont les suivantes :

Longueur de la ligne	L = 60 kilomètres
Puissance au départ	P = 800 kilowatts
Tension au départ	V = 22000 volts
Section du fil	s = 38 mm²
Distance entre conducteurs	d = 70 cm.
Cos Φ de la ligne	= 0,70
Fréquence	= 50 périodes par seconde.

Dans ces conditions, les calculs se mènent de la façon suivante :

Perte en énergie

$$p = \frac{\rho \, L \, P}{V^2 \times s \times \cos^2 \Phi}$$

ρ étant la résistivité du cuivre. Si nous prenons la valeur $\rho = 1{,}67$, on a

$$p = \frac{1{,}67 \times 60 \times 800}{22000^2 \times 38 \times 0{,}7^2} = 8{,}88\ \%$$

Résistance de la ligne :

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{1}{60} \times \frac{60000}{38} = 26{,}3 \text{ ohms}$$

Si nous admettons pour p la valeur de 9 %, la puissance disponible à l'arrivée en A sera :

$$800 - 800 \frac{9}{100} = 800 - 72 = 728 \text{ KW}$$

et R = 26,7 ohms.

La résistance totale de la ligne est donnée par :

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 \mathcal{L}^2} \qquad \text{où } \omega = 2\pi f = 2\pi . 50$$

et $\mathcal{L}$ est le coefficient de self-induction de la ligne.

La valeur de $\mathcal{L}$ est donnée par la formule :

$$\mathcal{L} = \left[\left(4{,}6 \times \log \frac{d}{s} + 0{,}50 \right) 10^{-4} \right] \sqrt{3}$$

$$\mathcal{L} = \left[\left(4{,}6 \log \frac{70}{0{,}38} + 0{,}50 \right) 10^{-4} \right] \sqrt{3}$$

$$\mathcal{L} = \left[\left(4{,}6 \times 2{,}3 + 0{,}50 \right) 10^{-4} \right] \sqrt{3} = 0{,}00192 \text{ henry par kilomètre}$$

$$\mathcal{L} \text{ total} = 0{,}00192 \times 60 = 0{,}115 \text{ henry.}$$

D'où Z

$$Z = \sqrt{26{,}7^2 + (314 + 0{,}115)^2}.$$

$$Z = \sqrt{712 + 1305} = 45 \text{ ohms environ.}$$

Le courant en ligne est donné par

$$I = \frac{P}{V \sqrt{3} \cos \Phi} = \frac{800\,000}{22\,000 \sqrt{3} \times 0{,}7} = 31 \text{ ampères.}$$

La chute de tension en ligne sera

$$Z \, I \sqrt{3} = 2\,340 \text{ volts} = 10{,}62\ \%.$$

La tension à l'arrivée sera donc de: 22 000 — 2 340 = 19660 volts.

Le rapport de transformation en charge et cos Φ = 0,70 des transformateurs de l'usine A étant de 20 000/4900 volts, la tension secondaire de ces transformateurs avec une tension primaire de 19660 volts sera : x tel que :

$$\frac{19\,660}{x} = \frac{20\,000}{4\,900} \qquad \text{D'où } x = 4820 \text{ volts.}$$

Digitized by Google

Comme la tension doit être maintenue constante à 5 000 volts, le régulateur devra donc élever la tension de :

$$5\,000 - 4820 = 180 \text{ volts soit de } 3{,}67\ \%$$

II. — Calcul de la ligne AD dans le cas de la marche en rétrocession de l'usine A sur l'usine D suivant les conditions du paragraphe II.

Les données sont :

Longueur de la ligne AD	L = 40 kilomètres;
Puissance en D	P = 900 kilowatts;
Tension au départ	V = 18 690 volts (transformateurs à 6 % de surcharge);
Section du fil	s = 35 mm²;
Distance entre conducteurs	d = 0m, 70;
Cos Φ de la ligne	= 0,70;
Fréquence	= 50 périodes par seconde.

Les calculs s'effectuent comme précédemment. On trouve alors :

Résistance de la ligne :

$$R = \frac{1}{60}\,\frac{40\,000}{38} = 17{,}85 \text{ ohms}$$

Courant en ligne :

$$I = \frac{900\,000}{18\,690\ \sqrt{3}\,0{,}70} = 40 \text{ ampères}$$

Résistance totale de la ligne :

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 \mathcal{L}^2} = \sqrt{320 + 1\,305} = 40{,}3 \text{ ohms}$$

Chute de tension en ligne :

$$Z\,I\,\sqrt{3} = 2\,790 \text{ volts}$$

La tension à l'arrivée au point D sera donc de :

$$18\,690 - 2\,790 = 15\,900 \text{ volts}$$

Or, comme il est nécessaire d'avoir 19 000 volts en D la tension au départ de A devra être maintenue à une valeur x tel que :

$$\frac{x}{19\,000} = \frac{18\,690}{15\,900} \qquad \text{D'où } x = 22\,300 \text{ volts}$$

Dans ces conditions, la tension au primaire des transformateurs du poste A sera y telle que :

$$\frac{y}{22\,300} = \frac{5\,000}{18\,690} \qquad \text{D'où } y = 5\,950 \text{ volts}$$

La tension de l'usine A ne pouvant pas dépasser 5 000 volts le régulateur devra donc survolter de :

$$5\,950 - 5\,000 = 950 \text{ volts.} \qquad \text{Soit } \frac{950}{5\,000} \times 100 = 19{,}3\ \%$$

III. — Calcul de la ligne BA dans le cas de la marche en hiver de l'usine B sur l'usine A suivant les conditions du paragraphe III.

Les puissances sont réparties comme il est indiqué sur le schéma donné figure 2.

Puissance au départ de l'usine	B = 400 kilowatts;
Tension au départ	V = 22 000 volts;
Distance	BC = 10 kilomètres;
Distance	CD = 10 kilomètres;
Distance	DA = 40 kilomètres.

Tronçon BC. — Longueur 10 kilomètres.

$$\text{Le courant } I_1 = \frac{400\,000}{22\,000\ \sqrt{3}\,0{,}70} = 15 \text{ ampères.}$$

$$\text{Résistance } R_1 = \frac{1}{60}\,\frac{10\,000}{38} = 4{,}4 \text{ ohms}$$

$$\text{Résistance totale } Z_1 = \sqrt{4{,}4^2 + (314\mathcal{L})^2}$$

Nous savons que $\mathcal{L} = 0{,}00192$ henry par kilomètre.

D'où

$$Z_1 = \sqrt{4{,}4^2 + (314 \times 0{,}00192 \times 10)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{19{,}4 + 36{,}4\ 7{,}46} = \text{ ohms.}$$

La chute de tension depuis l'usine B jusqu'au point C est de : $7{,}46 \times 15 \times \sqrt{3}\ 194 = \text{volts.}$

La tension en C est donc de 22 000 — 194 = 21 806 volts.

Tronçon CM. — Longueur 5 kilomètres.

$$\text{Le courant } I_2 = \frac{350\,000}{21\,806\ \sqrt{3}\ 0{,}70} = 13{,}25 \text{ ampères.}$$

$$\text{Résistance } R_2 = \frac{1}{60}\cdot\frac{5\,000}{38} = 2{,}2 \text{ ohms.}$$

$$\text{Résistance totale } Z_2 = \sqrt{2{,}2^2 + 32} = 3{,}73 \text{ ohms.}$$

Chute de tension dans le tronçon CM = $13{,}25 \times 3{,}73 \times \sqrt{3} =$ 86 volts.

Tronçon MD. — Longueur 5 kilomètres.

$$\text{Le courant } I_3 = \frac{325\,000}{21\,720\ \sqrt{3} \times 0{,}7} = 12{,}35 \text{ ampères.}$$

Résistance $R_3 = 2{,}2$ ohms.

Résistance totale peut-être prise égale à la précédente soit 3,73 ohms.

Chute de tension dans le tronçon MD = $12{,}35 + 3{,}73 \times \sqrt{3} =$ 80 *volts.*

Tronçon DN. — Longueur 20 kilomètres.

$$\text{Le courant } I_4 = \frac{300\,000}{21\,640\ \sqrt{3}.0{,}70}\ 11{,}4 \text{ ampères.}$$

$$\text{Résistance } R_4 = \frac{1}{60} \times \frac{20\,000}{38} = 8.78 \text{ ohms.}$$

$$\text{Résistance totale : } Z_4 = \sqrt{8{,}78^2 + 12^2} = 14{,}85 \text{ ohms}$$

Chute de tension dans le tronçon $DN = 11{,}4 \times 14{,}85\ \sqrt{3} =$ 293 *volts.*

Tronçon NA. — Longueur 20 kilomètres.

$$\text{Le courant } I_5 = \frac{275\,000}{21\,367\ \sqrt{3},\ 0{,}7} = 10{,}6 \text{ ampères.}$$

Résistance totale $Z_5 = 14{,}85$ ohms.

Chute de tension dans le tronçon NA = $10{,}6 \times 14{,}85\ \sqrt{3} =$ 273 volts.

La chute de tension totale dans la ligne BA sera donc de :

$$194 + 86 + 80 + 293 + 273 = 926 \text{ volts.}$$

La tension à l'arrivée au poste A sera : 22 000 — 926 = 21 074 volts.

Le rapport de transformation des transformateurs du poste A étant 20 000/5050 volts, à 1/4 de charge environ, la tension au secondaire des transformateurs avec 21074 volts au primaire sera x tel que :

$$\frac{21\,074}{x} = \frac{20\,000}{5\,050}$$

D'où

$$x = 5\,320 \text{ volts.}$$

La tension devant rester constante à 5 000 volts, le régulateur aura donc à dévolter de 5 320 — 5 000 = 320 volts.

En définitive, le problème se résume de la façon suivante :

Le rapport de transformation des transformateurs de l'usine A est :

a) de $\frac{19\,660}{4\,820}$ volts

lorsqu'on fonctionne de B vers A avec 728 kw en A.

Digitized by Google

b) de $\frac{5\,950}{22\,300}$ volts

lorsqu'on fonctionne de A sur le point D avec 900 kw et 19 000 v. en D.

c) de $\frac{21\,074}{5\,320}$ volts

lorsqu'on fonctionne de B vers A en hiver avec 250 kw en A.

Il s'agit de maintenir constante à 5 000 volts la tension de l'usine A dans les cas des paragraphes (*a*) et (*c*) et d'élever la tension de 5 000 à 5 950 volts dans le cas du paragraphe (*b*).

Le problème a été résolu à l'aide d'un régulateur d'induction système Brown-Boveri, dont le montage est indiqué par le schéma de la figure 3. On a monté en série avec le régulateur d'induction (J) un auto-transformateur dont le rapport de transformation est de 5 000/5 385 lorsqu'on fonctionne de A vers B ou D, et de 5 385/5 000 lorsqu'on fonctionne en sens inverse.

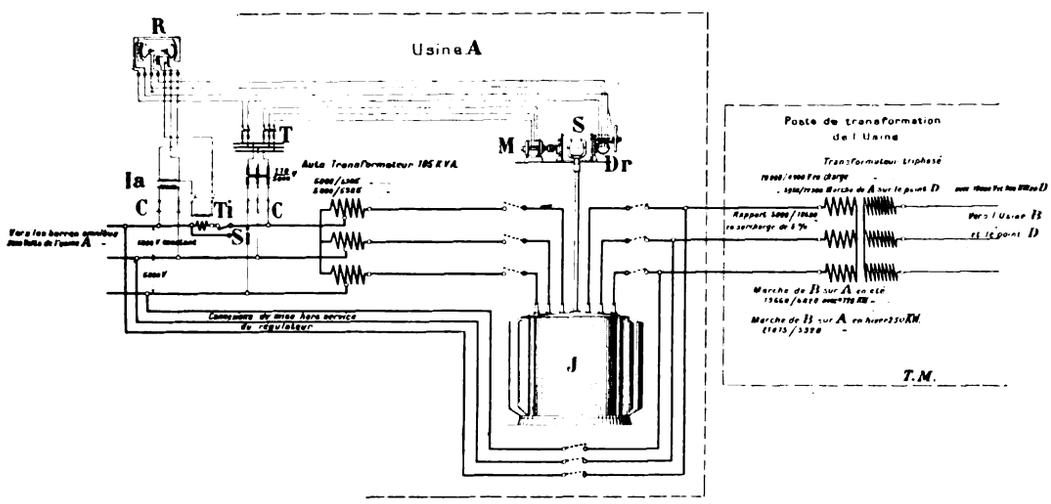


Fig. 3. — *Schéma d'une commande par huile sous pression d'un régulateur d'induction survolteur-dévolteur, système Brown-Boveri, pour courant triphasé de* 20 000/5 000 *volts-50 périodes.* — J, régulateur d'induction ; M, moteur de la commande de la pompe à huile ; S, servo-moteur ; R, régulateur à action rapide ; T, tableau d'interrupteurs ; *Ia*, transformateur de tension ; *Ti*, transformateur d'intensité ; C, court-circuits fusibles ; *Si*, sectionneur.

Le transformateur de tension *Ia* doit toujours être inséré. Le transformateur d'intensité *Ti* doit être mis en circuit seulement quand on travaille de A sur le point D (marche en rétrocession). Le sectionneur *Si* sert à cet effet.

L'emploi de cet auto-transformateur permet de réduire la puissance du régulateur d'induction : en effet, dans le cas de la marche de l'usine A sur le point D, nous avons vu que la tension au primaire des transformateurs devait être de 5 950 volts sans l'emploi de l'auto-transformateur. Le survoltage serait donc de 950 volts ou de 19,3 %, tandis que l'auto-transformateur élevant déjà la tension à 5 385 volts le survoltage que le régulateur devrait donner ne serait que de

$$5\,950 - 5385 = 565 \text{ volts soit } \frac{565}{5385}100 = 10{,}5\ \%.$$

C'est-à-dire que le réseau étant prévu pour une capacité de 1000 kw sous cos $\Phi = 0{,}7$ ou de $\frac{1\,000}{0{,}70} = 1430$ KVA, la puissance du régulateur sans l'emploi de l'auto-transformateur serait de :

$$19{,}3 \times \frac{1\,430}{100} = 275 \text{ KVA}$$

tandis qu'elle n'est que de

$$10{,}5 \times \frac{1\,430}{100} = 150 \text{ KVA}$$

avec l'emploi de l'auto-transformateur.

D'autre part, si nous nous basons sur une tension moyenne entre 4820 et 5385 volts, c'est-à-dire 5100 volts, la puissance du régulateur d'induction doit être de

$$\frac{565}{5\,100} \times 1\,430 = 158{,}5 \text{ KVA.}$$

En prenant le type de 160 KVA de puissance propre, nous sommes dans de bonnes conditions.

La puissance de l'auto-transformateur est de

$$\frac{5\,385 - 5\,000}{5\,385}\,1\,430 = 105 \text{ KVA.}$$

Description du régulateur d'induction. — Nous avons vu précédemment que l'appareil régulateur choisi était un régulateur d'induction. Nous savons que le régulateur d'induction n'est pas autre chose qu'un moteur asynchrone dont on empêche le rotor de tourner sous l'action du couple moteur dont il est l'objet lorsqu'il est parcouru par un courant. Le stator est placé en série sur la ligne à régler et le rotor en dérivation. Ce dernier induit dans le stator une tension constante en grandeur (tension dépendant simplement de la tension primaire et du rapport de transformation de l'appareil) mais variable en direction suivant la position du rotor par rapport au stator.

Le passage d'une tension à une autre se fait d'une façon continue, sans aucune commutation ni interruption de courant.

Représentation graphique des tensions. — Portons sur une droite quelconque Ox (fig. 4), une longueur OA égale à la tension

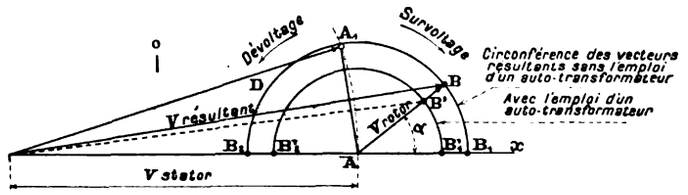


Fig. 4. — Diagramme représentatif des tensions d'un régulateur d'induction.

du réseau à un instant quelconque, puis un vecteur AB = *e* égal à la tension induite dans le stator par le rotor et faisant avec Ox un angle α qui est le décalage de ces deux tensions. La tension résultante est OB.

Suivant la position du stator par rapport au rotor, le point B se trouvera quelque part sur la circonférence décrite de A comme centre avec AB = *e* comme rayon. La tension résultante V_s peut donc varier de :

$$OA + e = 0\,B_1 \text{ à } OA - e = OB_2.$$

Si du point O comme centre on décrit un arc de cercle ayant OA comme rayon, le point A_1 d'intersection avec la circonférence de rayon AB, est celui pour lequel la tension résultante OA_1 est égale à la tension du réseau. Nous voyons donc que pour tous les points situés sur l'arc A_1BB_1 la tension résultant V_r est supérieure à la tension OA du réseau, il y a donc survoltage. Inversement, il y a dévoltage pour tous les points situés sur l'arc A_1DB_2.

Digitized by Google

Ce diagramme (fig. 4) permet de se rendre compte :

1° Qu'il est possible de maintenir constante à une valeur quelconque comprise entre OB_1 et OB_2 une tension variable dans ces limites ;

2° Inversement qu'avec une tension constante V = OA par exemple, il est possible d'obtenir une tension variable comprise entre OB_2 et OB_1.

Fonctionnement d'un régulateur d'induction système Brown-Boveri. — Le stator du régulateur d'induction est monté directement sur le réseau 5 000 volts (fig. 5). Ce régulateur est du modèle à bain d'huile et à axe vertical. Sa mise au point a lieu à l'aide d'un servo-moteur P, commandé par de l'huile sous pression provenant d'une pompe à huile. Le mécanisme de commande du servo-moteur est en principe le même que celui employé pour le réglage des turbines hydrauliques, avec cette différence, toutefois, qu'à la place du régulateur centrifuge, on a un électro-aimant, Mg. Cet électro-aimant est influencé par le régulateur à action rapide R ; ce dernier étant dépendant de la tension du réseau.

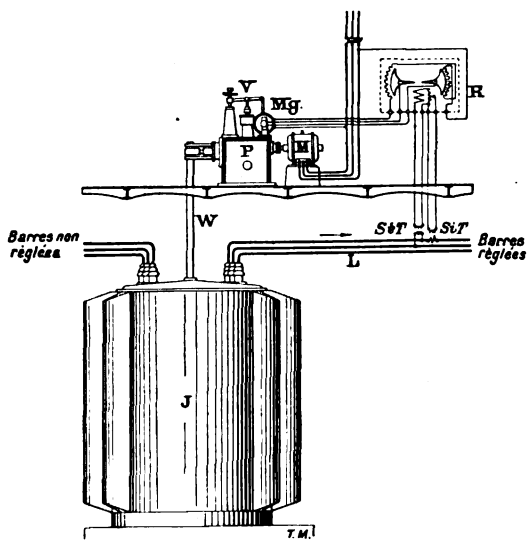


Fig. 5. — *Schéma de montage d'un régulateur d'induction à commande automatique par huile sous pression* (système Brown-Boveri). — J, régulateur d'induction type dans l'huile; R, régulateur à action rapide; Mg, électro-aimant de commande du servo-moteur; P, servo-moteur à huile; M, moteur de commande; SiT, transformateur de compoundage ; SpT, transformateur de tension.

La soupape du servo-moteur occupe une position d'équilibre déterminée.

Au moment où l'électro-aimant tourne même faiblement, le levier de commande tourne autour de son point de rotation, manœuvre qui provoque en même temps le déplacement de la soupape. Du fait de ce déplacement, de l'huile sous pression fournie par la pompe à huile est tout de suite comprimée contre le côté correspondant du piston du servo-moteur, ce qui provoque le déplacement du régulateur d'induction. Afin que l'effet du régulateur ne dépasse pas l'étendue voulue, le constructeur a prévu un dispositif mécanique de retour, dispositif qui permet, par l'intermédiaire du servo-moteur, de mettre de force dans une autre position le bout resté libre du levier. Par l'action de ce dispositif, la soupape reprend de nouveau sa position primitive. Lors de la manœuvre qui vient d'être exposée, le levier de commande arrive dans une nouvelle position d'équilibre, position qui répond alors aux conditions de tension modifiées dans le réseau.

En outre, le régulateur à action rapide R est lui-même muni d'un dispositif de retour séparé, lequel se compose essentiellement d'un ressort en forme de spirale et d'un appareil d'amortissement à courants de Foucault.

Ce dispositif travaille indépendamment de celui du servo-moteur.

Par l'emploi de ce dispositif mécanique de retour, comme aussi par le fait que les résistances du secteur du régulateur à action rapide sont connectées en série avec l'électro-aimant à une source auxiliaire de courant, on obtient que tous les organes de commande travaillent absolument en cadence, c'est-à-dire réagissent simultanément.

Pour chaque tension survenant dans le réseau variable il existe une position nettement définie tant du régulateur à action rapide que du servo-moteur et par conséquent aussi du régulateur d'induction J.

La pompe à huile utilisée pour le servo-moteur est du système à roue dentée et travaille à une pression allant jusqu'à 16 atmosphères. Elle se compose essentiellement de deux pompes, à savoir : d'une petite qui engendre continuellement la pression d'huile nécessaire tant que des écarts considérables ne sont pas à régler, et d'une grande qui n'est mise sous pression que quand des écarts considérables sont à régler. La mise en marche et l'arrêt de cette seconde pompe se font automatiquement. De cette façon on obtient que pour l'équilibrage des petites variations dans le réseau, une faible puissance seulement est nécessaire. A n'importe quelle position de la commande par huile sous pression, on peut passer de la commande automatique à celle à main ; ce changement est réalisé par simple blocage ce qui permet ainsi d'accoupler le volant à main de manœuvre à l'axe de commande.

Ce dispositif automatique à huile sous pression permet de régulariser en une seconde des variations de tension de l'ordre de 10 %, de la tension du réseau. Les résultats qu'il a donnés dans la pratique sont des plus satisfaisants.

V. Sylvestre.

TRAVAUX PUBLICS

LE PORT DE SAINT-NAZAIRE

L'évolution du trafic maritime et l'accroissement des dimensions des navires ont nécessité dans tous les grands ports (1) de profondes améliorations et des extensions souvent considérables.

Le port de Saint-Nazaire, appelé à construire les plus grands navires français a naturellement donné lieu à des préoccupations de cet ordre.

Nous nous proposons d'indiquer ici les différents problèmes qui s'y présentent et les solutions actuellement à l'étude ou en exécution pour chacun d'eux.

Nous donnerons, au préalable, un aperçu rapide des ressources du port et de l'accroissement de son trafic.

Mouvement commercial du port de Saint-Nazaire.

1° Trafic postal. — Saint-Nazaire est le point de départ des deux grandes lignes de l'Amérique centrale (La Vera-Cruz et Colon). Ce port présenterait pour le trafic postal d'incontestables avantages s'il bénéficiait d'installations *ad hoc*. Son accès est particulièrement facile : la rade y est sûre et très abritée. Enfin, Saint-Nazaire est relié directement à Paris (7 heures) et à Lyon (12 heures) et c'est le port de l'Océan le plus rapproché du Maroc.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 6 (15 septembre 1913), p. 177.

Digitized by Google

2° Trafic commercial. — Le trafic du port de Saint-Nazaire a suivi dans les cinq dernières années une marche régulièrement ascendante. L'importation du charbon, qui constitue la plus importante fraction du mouvement, s'accroît sans cesse par suite du développement industriel de la région. De plus, les gisements de minerais de fer de Segré et de Chateaubriand sont exploités de plus en plus intensément et fournissent à l'exploitation un tonnage qui croît très vite.

En 1912 le tonnage s'est élevé à 1 542 000 t se décomposant comme suit :

Charbon, 940 000 t ;
Minerai, 194 000 ;
Divers, 408 000.

Dès les premiers mois de 1913, on a pu constater une augmentation sensible.

Ces résultats de bon augure s'expliquent par la situation privilégiée de Saint-Nazaire.

3° Armement. — Il existe à Saint-Nazaire des chantiers parfaitement organisés pour la construction des grands navires. Le plus grand paquebot français *France* y a été construit et deux cuirassés des plus modernes *France* et *Lorraine* y sont encore en armement.

Ces chantiers, dotés d'une puissante organisation et d'un outillage complet, sont appelés à participer dans l'avenir à l'exécution du programme naval actuellement poursuivi.

Les Chantiers de l'Atlantique construisent les postaux de la Cie Gle Transatlantique et doivent mettre prochainement sur cale un navire semblable comme dimensions au paquebot *France*.

En résumé, le mouvement commercial du port de Saint-Nazaire et ses industries maritimes se développent sans cesse et continueront certainement de s'accroître. Par sa situation, ce port bénéficiera de l'ouverture du canal de Panama et dans un autre ordre d'idées, de l'exploitation des gisements de minerais de fer découverts récemment dans la Loire-Inférieure.

Cet élément d'exportation fournira le fret de retour qui manquait jusqu'ici. Les cargos importateurs de charbon repartiront dorénavant avec des chargements de minerai pour l'Angleterre et Rotterdam. Ces nouvelles conditions économiques avantageuses auront pour conséquence, un abaissement notable des frets et un accroissement général du trafic.

Ouvrages actuels du port de Saint-Nazaire.

Le port de Saint Nazaire comprend 2 bassins à flot auxquels les navires accèdent par une écluse de 30 m de large et de 211 m de long. Le plafond de l'avant-port est à la cote = 6,07. Il existe dans cet avant-port un quai de marée avec une souille à la cote — 8,07.

Le commerce et l'armement disposent finalement d'une surface d'eau de 34 hectares, d'une longueur de quai de 4 330 m et de trois formes de radoub dont l'une est la plus grande des formes existant en France (220 m).

Les navires postaux qui sont exploités à Saint-Nazaire ont des dimensions bien inférieures à celles des ouvrages du port et ne donneront vraisemblablement lieu à aucune préoccupation pendant de nombreuses années encore. Les cargos qui importent le charbon ou exportent le minerai sont également de faibles dimensions, et seuls quelques navires chargés de marchandises diverses sont comparables aux postaux.

Mais le trafic qui suit une progression constante menace d'être entravé par le manque de place. Les quais sont presque tous concédés et les emplacements banaux peu importants.

La première question à envisager est donc : *l'extension des quais et terre-pleins*, destinée à faire face au développement intense du trafic.

Si les dimensions du port doivent convenir longtemps encore aux navires en exploitation à Saint-Nazaire, elles sont à peine suffisantes pour les navires de guerre et surtout pour les navires postaux armés aux chantiers de l'Atlantique et aux chantiers de la Loire.

La Compagnie générale Transatlantique a dû limiter les dimensions des navires de la ligne Havre-New-York aux dimensions mêmes des ouvrages du port, et son administration entend bien augmenter notablement ses futures unités dès que les améliorations prévues à Saint-Nazaire le permettront.

La deuxième question qui se pose est donc relative à *l'insuffisance de la nouvelle entrée pour les cuirassés et les grands postaux en armement*. L'industrie navale contribuant pour la plus grande part à la prospérité de la région, l'importance de cette question est fondamentale.

Enfin, la troisième question qui se pose non moins impérieusement devant les exigences croissantes du trafic maritime, est relative aux accès du port de Saint-Nazaire.

Ces accès donnent toute sécurité par l'abri remarquable de la rade. Mais le chenal qui présentait au siècle précédent des mouillages de $9^m,50$ sous les plus basses mers, a été comblé progressivement sur une longueur de plus de 1 500 m. Le banc dit des Charpentiers, qui s'est formé à l'est des rochers du même nom, forme une sorte de dune sous-marine qui, comme les dunes terrestres, se déplace sous l'influence persistante des vents d'ouest et de sud-ouest.

La cote moyenne de cette barre est environ — 4,00. Tant que les navires ont eu de faibles tirants d'eau, la barre des Charpentiers apportait une gêne à la navigation mais n'interdisait pas l'accès du port de Saint-Nazaire, puisque des navires de $7^m,50$ de tirant d'eau pouvaient encore la franchir par marées de morteau.

Mais devant l'accroissement des dimensions des navires et, aussi pour améliorer les conditions d'accès au port en évitant les retards, on se proposa de bonne heure d'abaisser le seuil des Charpentiers.

Sur les propositions des ingénieurs, en 1883, on fit des essais de dragages qui réussirent pleinement. Il fut décidé qu'on procéderait au creusement d'un chenal de 200 mètres de large à la cote — 5,00.

En 1903, pour faire face aux nouveaux besoins de l'industrie maritime et pour éviter les pertes de temps de plus en plus lourdes pour les armateurs, un nouvel approfondissement à la cote — 7,00 fut proposé et compris dans la loi du 22 décembre. Mais ce travail comportait l'enlèvement d'agrégats calcaires et l'achat d'une drague à godet devint nécessaire.

Depuis cette époque, les apports annuels ont pu être évalués à 100 000 m^3 environ. Ils sont en grande partie d'origine marine et sauf en cas de crues exceptionnelles, ne proviennent pas de la Loire.

Comptant une levée de 1 m par la houle, on voit que les navires pouvant rentrer en tout temps à la marée ont $3^m,70 + 7 - 1 = 9^m,70$ de tirant d'eau.

Les navires ne peuvent rentrer à toute heure de la marée que si leur tirant d'eau est inférieur à 6 m.

En somme, quoique améliorée, la barre des Charpentiers est un grand obstacle au développement du trafic postal et constitue une gêne considérable pour l'accès des ports de Saint-Nazaire et de Nantes.

Aussi, le programme des travaux d'amélioration du port comprend un nouvel abaissement de cette barre à la cote — 8,00. La réalisation de cette cote, sur tout le chenal, entraînera l'enlèvement de plusieurs seuils dont les cotes sont voisines de — 7,00, ainsi que l'indique l'extrait de carte hydrographique de l'estuaire de la Loire.

Digitized by Google

En résumé, les améliorations du port de Saint-Nazaire comportent essentiellement :

1° Une extension des ouvrages par la construction des nouveaux quais et terre-pleins ;

2° La construction d'une forme de radoub pour l'armement des grands navires (la longueur de cette forme atteignant au moins 300 m) ;

3° L'approfondissement du chenal à la cote — 8,00.

Avant d'étudier les améliorations projetées, nous exposerons d'abord les travaux en cours et en particulier la construction d'un appontement en béton armé à l'emplacement des darses aux gabarres.

Appontement des darses.

Lors de la construction du bassin de Penhouet, les sondages avaient révélé l'existence d'une vallée rocheuse très profonde traversant de part en part l'emplacement du nouveau bassin. Cette vallée qui s'abaisse à la cote — 25,00 est actuellement comblée de vase très molle et incapable de porter aucun ouvrage en maçonnerie. Cette vase n'acquiert une position d'équilibre que sous une charge très faible et ne prend aucune consistance avec le temps.

Les murs de quais furent donc interrompus à la traversée de cette dépression et l'on se borna à y construire des perrés et quelques estacades formant des darses destinées aux gabarres.

L'insuffisance des quais causant une véritable gêne on songea à utiliser cette place et à y construire malgré la mauvaise qualité du terrain, un quai continu.

On essaya d'abord de réduire la pression sur le sol en construisant un ouvrage léger constitué par une plate-forme de béton armé reposant sur des piles en maçonnerie. Mais lorsqu'il fut éprouvé, on constata que le sol de fondation était trop chargé par les supports et que l'ouvrage était difficilement utilisable.

On tenta alors de réduire la pression par une disposition toute différente : en munissant des pieux de gaines à semelles dont la surface était un multiple considérable de celle du pieu.

Les essais ayant pleinement réussi, le problème fut mis au concours et la solution présentée par la maison Hennebique, de Nantes, fut adoptée.

Les conditions imposées étaient les suivantes :

1° L'ouvrage devrait porter une surcharge de 4 t par mètre carré et s'étendre sur 388 m de long ;

2° Le poids serait réparti sur la vase par l'intermédiaire de la couche d'enrochements existant déjà et sous laquelle la vase avait pris un état d'équilibre stable ;

3° La pression sur les enrochements ne devrait pas dépasser 0k,760 par cm² pour les files de supports 1 et 2 et 1 kg pour les autres ;

4° Le plafond sera dragué à la cote — 4,07 devant tout l'ouvrage ;

5° Les semelles des gaines en bordure extérieure seront posées à la cote — 3,00 et celles des gaines en arrière seront placées à la cote du talus d'enrochement.

Description de l'ouvrage.

GAINES A SEMELLES. — Les gaines ont une section carrée de 0,55 × 0,55 présentant un évidement de 0,35 × 0,35. A la partie inférieure, ce solide est relié à une semelle fortement armaturée sur la face inférieure et nervurée parallèlement aux côtés de la section (fig. 1).

Ces semelles reposent sur des plate-formes réglées au moyen d'un caisson à air comprimé, et constituées d'enrochements ou de gros béton immergé.

Dans ces conditions, on a admis que la charge étant très faible

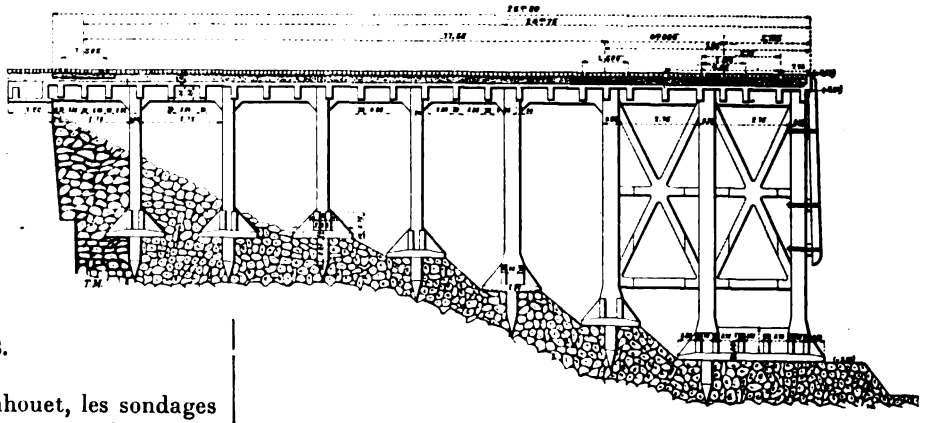


FIG. 1. — Profil en travers du quai.

sur les enrochements la vase ne viendrait pas refluer entre les semelles et conserverait son état d'équilibre. Comme la tendance à refluer est moindre dans une zone déjà comprimée sur son pourtour, on a porté le taux de compression pour les files 3, 4, 5, 6, 7, à 1 kg par cm², tandis qu'il n'est que de 0 kg,76 pour les files 1 et 2.

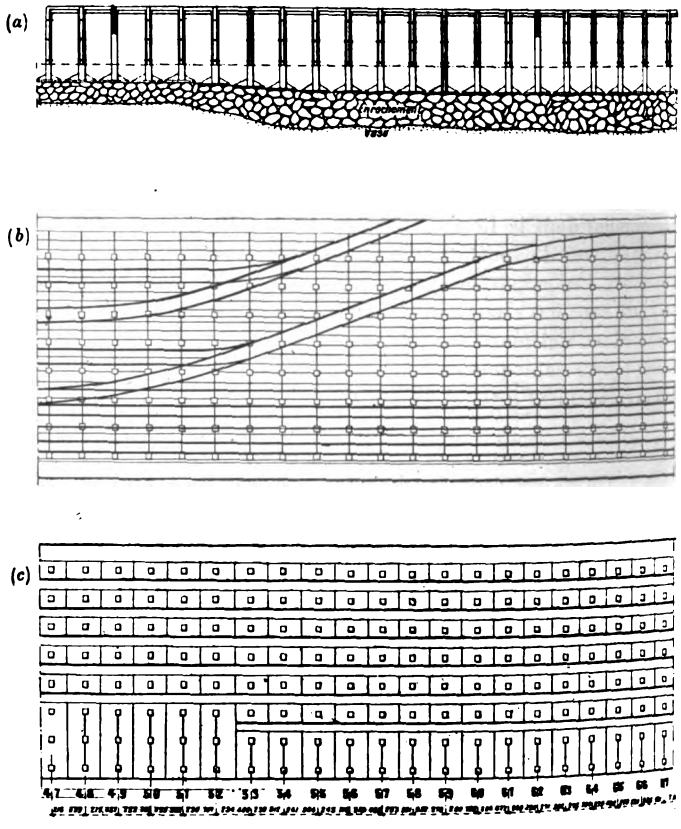


FIG. 2. — Elévation (*a*). — Plan au niveau du platelage (*b*). Plan au niveau des semelles (*c*).

Les gaines des files 1, 2 et 3 sont réunies par 2 ou 3 suivant le cas, pour solidariser les supports et diminuer les conséquences fâcheuses du mouvement des semelles.

Enfin, des pieux en béton armé de 0,35 × 0,35 sont battus à l'intérieur des gaines mises en place pour combattre les déplacements latéraux.

Ce pieu intérieur est ensuite solidarisé complètement avec la

Digitized by Google

gaine par un coulis de ciment versé de la partie supérieure après la mise en place.

En somme, les semelles jouent le même rôle que le platelage supérieur, mais la pression par cm² y est plus élevée, parce qu'elles ont à répartir en plus le poids de l'ouvrage et que, d'autre part, la surface des semelles est moins grande que celle du platelage (fig. 2).

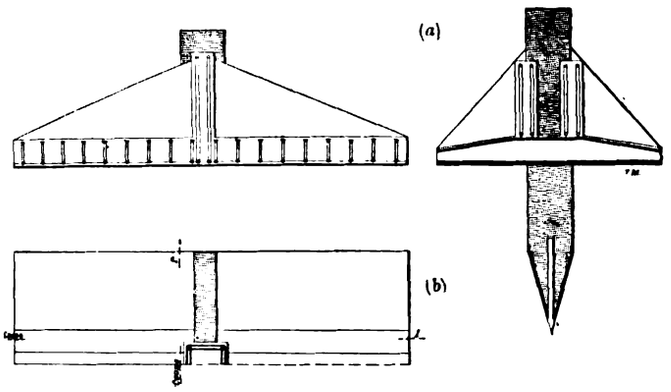


Fig. 3. — Pieu à semelle. — Elévation (*a*) ; demi-plan (*b*).

Contreventements. — La solidarisation des 3 gaines de rive donne une grande sécurité contre les déplacements. Elle est assurée par des croix de Saint-André et des barres très vigoureuses de 30/30.

ou verticalement). Leur poids maximum est d'environ 70 t et la mise en place se fait au moyen d'un ponton muni d'un échafaudage en charpente. Des ras sont appuyés contre les gaines précédentes et dirigent dans sa descente la gaine soutenue par le ponton. La position est en outre parfaitement repérée avant de la laisser reposer définitivement (fig. 4).

Platelage. — Les poutres qui supportent le platelage sont ensuite construites sur les gaines dont les armatures ont été, au préalable, dégagées par la démolition du béton sur la hauteur nécessaire.

Le platelage est un hourdis à nervures. Les poutres perpendiculaires à la rive solidarisent les gaines et les pieux. Les nervures longitudinales sont à des distances variables. Elles sont plus rapprochées sous les voies de quai et disposées de façon à porter directement les voies de grues (profil type).

Des dispositions spéciales ont été prises pour les fosses des plaques tournantes.

Constitution du béton. — Le béton a la composition suivante :
350 kgs par m³ pour la superstructure ;
400 kgs par m³ pour l'infrastructure.
Les parties immergées n'ont été recouvertes d'aucun enduit.

Essais. — L'ouvrage entier sera soumis à des essais comportant le chargement uniforme de l'appontement au taux de 4 t par mètre carré. Pour pouvoir les effectuer par tronçons, assez

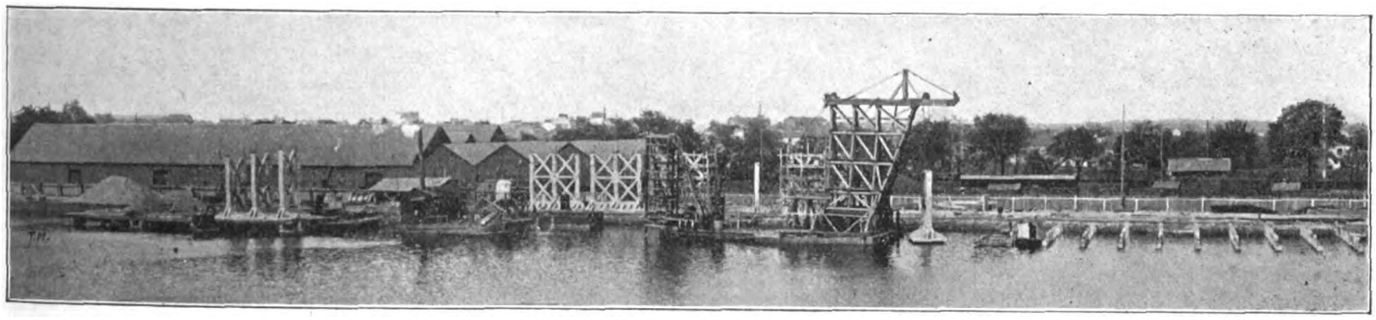


Fig. 4. — Vue des chantiers. — Mise en place d'une gaine triple au moyen du ponton spécial. Travail du caisson à l'air comprimé. Confection des gaines sur la rive.

Pieux a semelles. — Les files 6, 7, 8 sont constituées de pieux à semelle (fig. 3).

Ce sont des pieux ordinaires présentant à 1m,50 de la pointe une semelle carrée analogue à celle des gaines et soutenue par des contreforts en consoles.

courts, des coupures ont été ménagées dans le hourdis. On s'est ainsi assuré de l'indépendance complète des différentes portions soumises aux essais (fig. 5).

Le système employé pour procéder à ces essais consiste à limiter le platelage à éprouver par des panneaux en bois ayant la

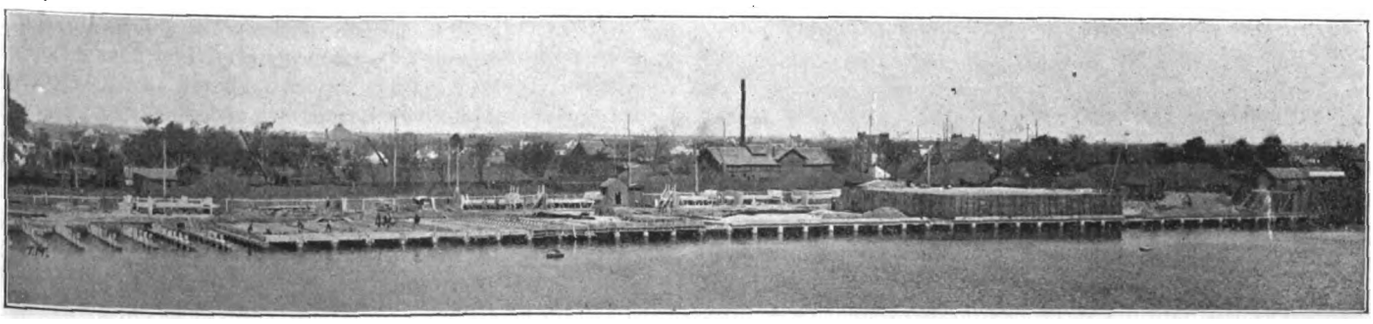


Fig. 5. — Vue du chantier aux différents états d avancement. — A droite, le tronçon en essai. A gauche, les gaines récemment mises en place. Le tronçon suivant est en exécution, les coffrages sont mis en place.

Ces pieux sont placés sur des plateformes réglées au caisson sur le talus d'enrochement. Ils n'exigent qu'un court battage qui doit être exécuté avec de grandes précautions.

Mise en place. — Toutes les gaines simples, doubles, triples et les pieux à semelles sont construits sur la rive (horizontalement

disposition ci-jointe et à le recouvrir de sable sur une épaisseur convenable.

La première épreuve a donné toute satisfaction.

Utilisation de l'ouvrage. — La destination de l'ouvrage n'est pas encore entièrement établie, mais la Compagnie d'Orléans, qui

Digitized by Google

importe un tonnage considérable de charbon par Saint-Nazaire, occupera une portion de ce quai. Elle y installera un outillage perfectionné pour le déchargement des navires et le chargement des wagons.

Les projets d'extension du port.

Les différentes solutions préconisées pour l'extension du port procèdent des deux conceptions suivantes :

1° Création d'un port extérieur par emprise sur la Loire (fig. 6);

2° Création d'un nouveau bassin à flot dans les terrains vagues de Means (fig. 7).

Le port actuel est en effet, étroitement enserré entre la ville et la Loire et son extension ne peut être envisagée que par un empiètement sur la rive gauche de l'estuaire ou par l'utilisation des seuls terrains disponibles dans le prolongement des bassins à flot.

Le projet à l'étude comprend :

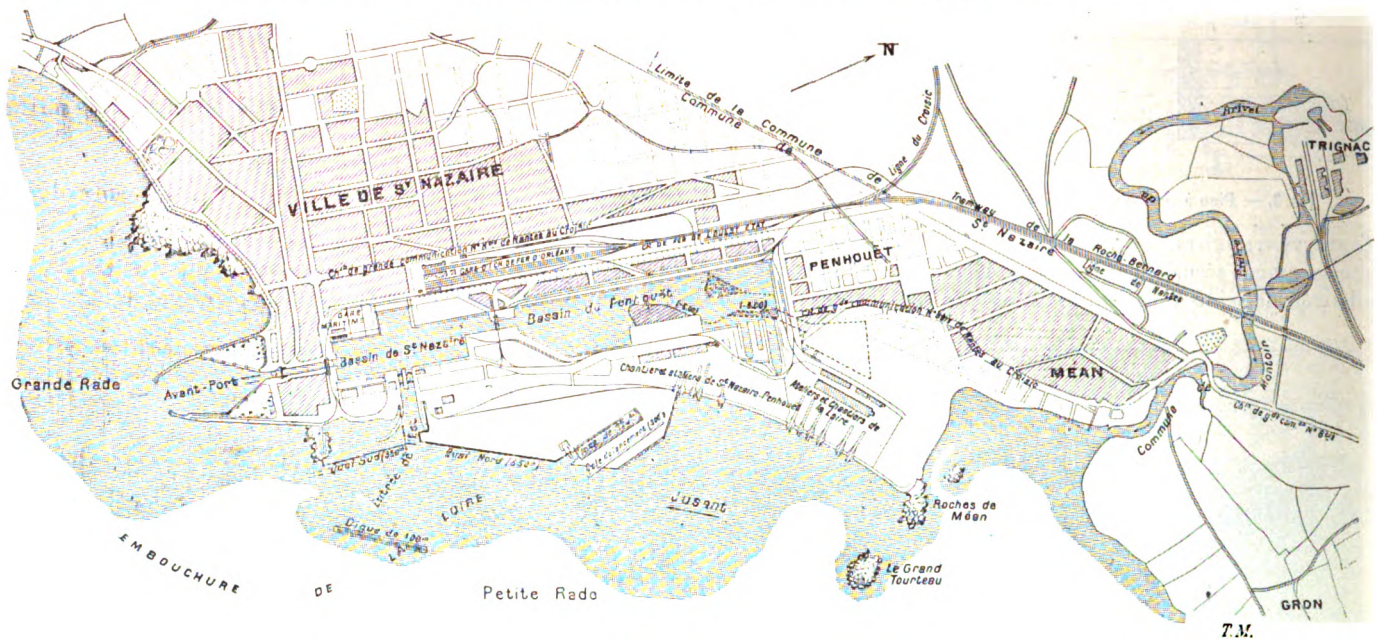
1° Construction d'une grande forme de radoub pour l'armement des plus grands cuirassés et des plus grands postaux ;

2° Aménagement de quais fondés profondément et d'un développement suffisant pour l'armement des grands navires ;

3° Construction de quais d'escale pour le trafic postal ;

4° Construction de quais pour le commerce.

Nous examinerons d'abord la solution du port extérieur.



T.M.

FIG. 6. — Premier projet de port extérieur. — Quais en Loire et forme de radoub.

Le port extérieur.

a) LE BASSIN DE MARÉE EN LOIRE. — La première idée qui se présente à l'esprit est de constituer, à l'instar de ce qui a été réalisé au Havre, un bassin de marée à l'emplacement de la petite rade de Saint-Nazaire. Il semble à première vue que les conditions soient très satisfaisantes, puisque les grands fonds existent déjà et que d'autre part l'empiètement ne semble comporter aucune limite.

Ainsi présentée, la solution du bassin en Loire ne pouvait manquer de séduire et elle fut en effet envisagée très sérieusement.

Mais elle se heurte à des difficultés que nous signalons tout d'abord, et qui sont inhérentes à l'estuaire :

1° L'envasement en zone calme qui constitue pour des surfaces un peu étendues, une difficulté insurmontable ;

2° La conformation extrêmement irrégulière du sous-sol rocheux à l'emplacement des ouvrages projetés ;

3° La répercussion des emprises en Loire sur le régime de l'estuaire.

L'implantation d'un bassin de marée dans cette partie de l'estuaire en réduisait dans des proportions tout à fait inadmissibles la section utile pour la propagation du flot. Le barrage transversal prévu sur 300 m pour limiter au nord le bassin projeté aurait bouleversé complètement le régime du fleuve. Or, des améliorations considérables ont été réalisées dans l'estuaire par un endiguement rationnel dont le but était précisément d'assurer la progression régulière des sections de l'estuaire. Le flot canalisé, ne subissant aucune déperdition d'énergie, remonte plus facilement et se propage vers l'amont, qui constitue ainsi un réservoir de marée.

En jusant, l'énergie hydraulique ainsi emmagasinée et mieux conduite maintient les profondeurs et empêche la formation de bancs ou des seuils.

Les résultats d'une persévérance continue et de travaux prolongés, ne pourraient être compromis par la construction d'un barrage sur la partie de la section la plus utile à la pénétration de la marée et c'est ainsi que l'idée du bassin en Loire a été abandonnée.

Les trois raisons que nous avons exposées, ont conduit dans le même ordre d'idées, à envisager seulement l'étude de quais de marées en bordure de la petite rade.

b) QUAIS DE MARÉE EN LOIRE. — La nécessité de n'apporter, au régime de l'estuaire, aucune modification susceptible de répercussions à l'amont, a été la préoccupation dominante de cette étude.

Il a fallu la concilier avec l'extraordinaire irrégularité du sous-sol rocheux dans cette région. Le plan de sondages indique en effet que la cote varie de — 3 à — 25 sur la ligne d'implantation des ouvrages. On y retrouve une dépression qui était autrefois le lit du Brivet et qui continue la vallée où l'on construit aujourd'hui l'appontement des darses.

L'irrégularité du rocher avait encore une conséquence très grave pour la réalisation des quais de marée. La cote à réaliser devant être — 12 ou tout au moins — 10, des dérochages considérables devaient être exécutés au pied des ouvrages.

Par contre, la construction d'une forme de radoub en plein rocher était sûre et d'un prix non excessif, sauf toutefois le dérochage de l'accès qui représente à lui seul une forte part de la dépense

Digitized by Google

Nous signalons de suite les inconvénients de cette solution qui est représentée sur le plan ci-joint.

1° *Le coût en est considérable.* En effet, les régions où le rocher est très profond exigent des fondations très coûteuses bien que le système des supports isolés y soit envisagé. Les piles atteignent des dimensions colossales dans les dépressions (jusqu'à 30 m). Au contraire, dans les régions où le rocher affleure et où les fondations sont aisées, des déroctages considérables sont nécessaires.

De sorte que le prix du mètre courant de quai semble devoir atteindre de 16 000 à 17 000 fr en moyenne.

2° Le résultat obtenu n'est pas susceptible d'extensions. La longueur des quais à réaliser est minime, au maximum 1 000 m, leur développement étant irrémédiablement arrêté au nord par le plateau rocheux de Penhouet.

L'entrée actuelle menaçant de devenir insuffisante, les ouvrages du port et en particulier les formes et les quais d'armement pouvaient devenir inaccessibles.

Or, le projet que nous venons d'exposer comporte un ensemble d'ouvrages pour l'exploitation et l'armement. Il répondait donc aux nécessités présentes avec sa forme de 320 m, ses quais en eau profonde et des terre-pleins entièrement créés. De plus, les emplacements industriels qui sont très rares dans le port se trouvaient notablement accrus.

Enfin, l'accès des ouvrages devait être possible à toute heure de la marée.

Telle est dans ses grandes lignes la solution du port extérieur, solution coûteuse (de 28 à 30 millions), et d'un développement trop limité.

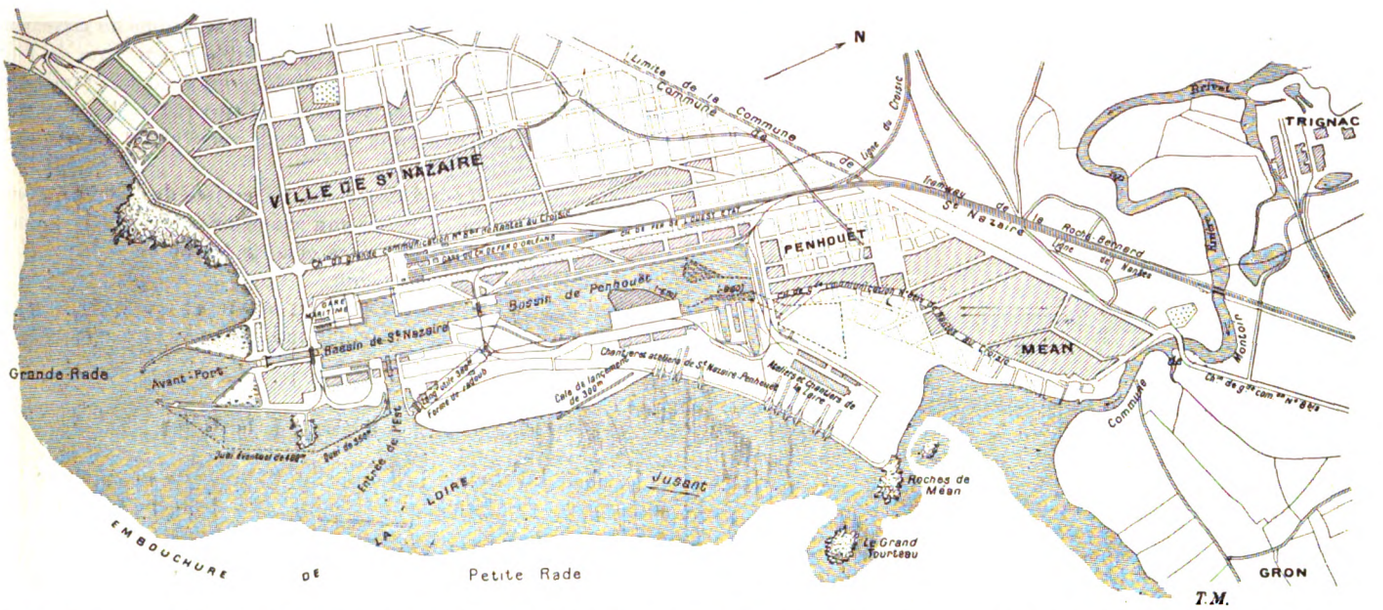


Fig. 7. — Avant-projet définitif des extensions du port de Saint-Nazaire. — Quai de marée, forme de radoub et cale de lancement de 300 mètres.

3° L'agitation qui règne en Loire, par les vents du sud et du sud-ouest, est extrêmement faible. On a pu constater en effet, lors des tempêtes, qu'une houle de 1 m sur la barre des Charpentiers ne se propage guère au-delà de la grande rade et que la levée en petite rade ne dépasse pas 15 cm. Mais les vents sud et les vents d'est y produisent une agitation locale qui donne une levée bien plus considérable. Ils sont, malgré tout, extrêmement rares et la petite rade constitue un abri extrêmement sûr. Les grands navires qui feront escale à ces quais et ceux qui pourraient y être armés sont de dimensions telles qu'ils ne souffriront aucunement de la houle de la Loire. Par contre, les engins flottants nombreux qui sont utilisés pour l'armement des navires en construction, s'accommoderaient beaucoup moins sûrement de l'agitation qui règnerait souvent au pied des ouvrages et c'est dans ce but que le projet des quais en Loire comportait une digue d'abri.

Celle-ci aurait été implantée sur la Basse-Nazaire, haut-fond rocheux arasé à la cote — 3,50 suivant la direction dominante des courants de flot et de jusant.

Mais par son orientation, la digue n'aurait pas beaucoup combattu la houle et la protection des quais n'était pas certaine.

La convenance du port extérieur pour les escales n'est donc pas discutable. Par contre, il semble bien que l'armement s'accommode difficilement des sujétions qui y sont afférentes.

Ces graves inconvénients ne vont pas toutefois sans quelques avantages qui avaient conduit à envisager résolument l'étude du port extérieur.

Les extensions intérieures.

Les seuls emplacements disponibles à proximité du port actuel sont les terrains vagues de Means-Penhouet dont la plus grande partie s'étend sur le domaine public maritime.

On s'est préoccupé de bonne heure d'y construire un troisième bassin à flot pour compléter les installations des deux bassins actuels.

Le projet primitif comportait un canal central et de nombreuses darses allongées obliquement pour assurer un grand développement de quai et des raccordements faciles.

Ce bassin communiquait avec le bassin de Penhouet par un pertuis muni d'un pont-tournant.

La nouvelle solution des extensions du port de Saint-Nazaire est une adaptation de cette dernière solution à la situation présente.

1° La forme de radoub destinée aux très grands navires sera placée de façon à pouvoir faire communiquer la petite rade et le bassin de Penhouet, elle aura donc deux entrées et sa longueur utile sera de 380 m.

Elle pourra livrer passage à des navires de 40 m de large. Son orientation a été déterminée de façon à ce que les grands navires puissent pénétrer dans le bassin de Penhouet et s'y placer à quai. Dès qu'ils seront lancés, les cuirassés et transatlantiques seront conduits par cette forme aux quais d'armement actuel.

Comme ces navires n'exécuteront pendant leur séjour au port qu'un très petit nombre d'entrées et de sorties, et comme, d'autre part, les grands navires en armement seront peu nombreux, les

Digitized by Google

deux rôles de forme et d'entrée pourront se concilier aisément.

L'emplacement de cet ouvrage a été imposé par les conditions d'accessibilité du bassin de Penhouet et par les conditions de fondations. Il était indispensable en effet que la forme soit entièrement située sur le rocher, étant donné l'inconsistance des remblais qui le recouvrent.

2° Le fond du bassin de Penhouet est à la cote — 4,00 et le plan d'eau des bassins est maintenu par pompage à la cote (+5,00). Or, il est indispensable de réaliser immédiatement un mouillage de 10m,50. Un approfondissement du bassin du Penhouet à la cote — 6,00 est donc nécessaire. Malheureusement, cette opération comporte des dérochages importants et occasionnera

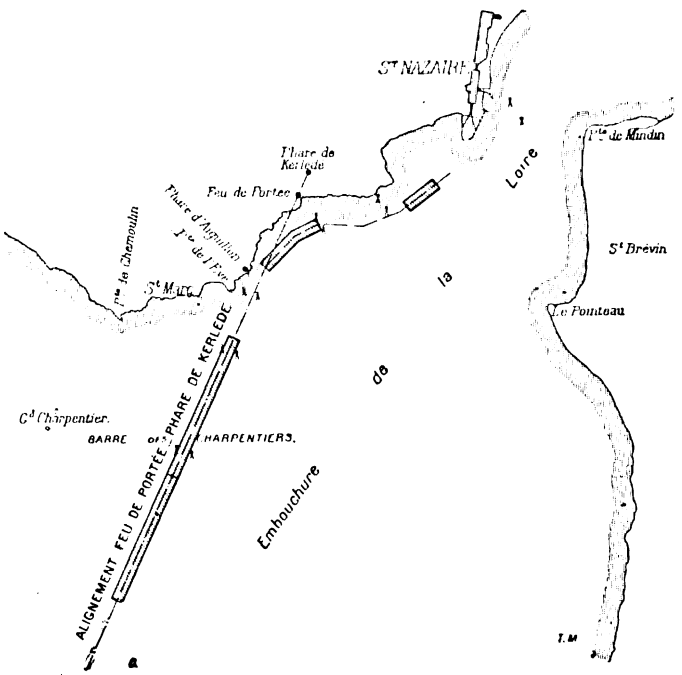


Fig. 8. — Chenal d'accès à la Loire. — Traversée du banc des Charpentiers.

une forte dépense. Le coût des dragages sera par contre peu important.

3° L'amorce du 3e bassin à flot serait exécutée. Le pertuis de 42 m le reliant au port actuel serait orienté de façon à y permettre l'accès des plus grands navires. Une longueur de 800 m de quai serait immédiatement construite et affectée à l'armement et au commerce.

Au fur et à mesure des besoins du trafic de nouveaux quais prolongeraient les anciens et pourraient être construits à sec très économiquement.

4° Les cales de lancement des grands navires sont devenues tout à fait insuffisantes et l'on ne pourrait pas actuellement lancer et construire un navire de 300 m. Il existe en effet devant les installations des chantiers un massif rocheux sous-marin qui interdit l'adaptation des cales actuelles aux grandes unités.

Le projet comporte donc la construction d'un vaste terre-plein en bordure de la Loire. Une cale de 300 m pourra y être construite dans des conditions favorables et son orientation permettra de l'allonger plus tard si les besoins l'exigent.

Ces terre-pleins seront très utiles dans cette région du port où la place est actuellement trop mesurée.

5° Enfin le quai prévu dans le premier projet au sud de l'ancienne entrée sera maintenu et destiné aux escales.

Les avantages de ce nouveau projet sont les suivants :

1° Il prépare merveilleusement les extensions de l'avenir. Il ouvre, en effet, un immense bassin à flot qu'il sera très aisé d'étendre dans des conditions particulièrement économiques. Le mur de quai des bassins à flot coûte à peine 4 000 fr le mètre courant, en admettant qu'il soit construit à sec; tandis qu'en Loire, le quai de marée reviendra à plus de 15 000 fr.

2° Etant donné les résultats obtenus, ce projet est donc moins coûteux que le premier. Mais la comparaison ne doit pas porter seulement sur les chiffres. Il faut en outre tenir compte de la portée des travaux et de leur degré d'utilité dans l'avenir. Or, il est certain que, pour l'armement et pour le commerce spécial de Saint-Nazaire, les quais des bassins à flot conviennent mieux que des quais de marée. Par contre, il était très rationnel d'envisager la construction d'un quai d'escale en Loire, les mouvements des paquebots demandant à être affranchis des sujétions de sassements.

3° Le bassin du Penhouet reste accessible aux navires de toutes dimensions. C'est là une question vitale pour les deux grands chantiers de construction de Saint-Nazaire. Leurs postes d'armement et leurs installations pourront désormais recevoir et construire les plus grands navires (fig. 7).

Cette solution répond donc aux nécessités de l'heure et réserve entièrement l'avenir. C'est là son grand avantage sur la première qui, réduite aux quais en Loire et à la forme de radoub, n'était susceptible d'aucune extension.

Aussi elle est de plus en plus en faveur et sera prochainement soumise au ministre des travaux publics pour être ensuite l'objet d'une loi d'utilité publique.

Chenal d'accès à la Loire.

Le chenal d'accès à la Loire (fig. 8) présente sur presque toute sa longueur des fonds considérables. Au droit du banc des Charpentiers, il est traversé par la fameuse « barre des Charpentiers » dont l'existence parut autrefois compromettre irrémédiablement les ports de Nantes et Saint-Nazaire.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, un sillon a été creusé dans cette barre et à condition d'enlever des apports annuels d'environ 100 000 m³, la cote — 7,00 peut être maintenue sur l'axe du chenal. La profondeur sur laquelle on peut compter est donc en somme — 6,00.

Il semble indispensable de réaliser un progrès sérieux dans cet ordre d'idées pour l'accès du port de Saint-Nazaire. Les hautes mers de morte eau ne dépassant pas 3,70 le tirant des navires susceptibles de rentrer à toutes marées est de 9,70. D'autre part, un navire de plus de 6 m ne peut pas rentrer à toutes les basses mers. C'est là une gêne dont la navigation demande de plus en plus à s'affranchir.

Le projet d'extension et d'amélioration du port de Saint-Nazaire comporte donc naturellement l'approfondissement du chenal d'accès à — 8,00.

Comme l'indique la carte ci-jointe, le chenal sera non seulement approfondi à la traversée de la barre des Charpentiers, mais en deux autres points où la cote actuelle est — 7,00. Le port de Nantes bénéficiera de cette amélioration dans une large mesure. Les navires pourront, en effet, franchir la barre plus tôt et disposeront de plus de temps pour remonter à Nantes.

Le nouvel avant-projet, y compris l'approfondissement du chenal à la cote —8,00 ne coûtera pas moins de 32 millions qui seront payés par l'Etat, la chambre de commerce et sans doute les intéressés directs.

N.,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS

LE CANAL DE MARSEILLE AU RHÔNE

La partie maritime du canal de Marseille au Rhône (1), actuellement en construction, comporte des travaux d'art considérables, notamment le souterrain du Rove sous le massif de l'Estaque, entre le golfe de Marseille et l'Etang de Berre. La section de ce tunnel laisse en effet loin derrière elle les ouvrages existants, comme nous le verrons ci-après, et en fait le plus grand souterrain du monde entier.

Ainsi que le montre le plan d'ensemble (fig. 1), le tracé du canal part du port de Marseille, à l'extrémité du bassin en cours de construction de la Madrague. Une série de digues en enrochements, suivant sensiblement la côte, en forme le tracé sur une dizaine de kilomètres, et constitue un abri contre l'agitation du large. Le port de l'Estaque dépassé, le canal pénètre en souterrain sous la chaîne rocheuse de la Nerthe, d'une altitude moyenne de 250 mètres. Après un parcours souterrain de plus de 7 kilomètres, il débouche par une grande tranchée dans la plaine de Marignane, où sont aménagés un bassin de stationnement et un bassin de garage, séparés par une écluse de 191 m de longueur.

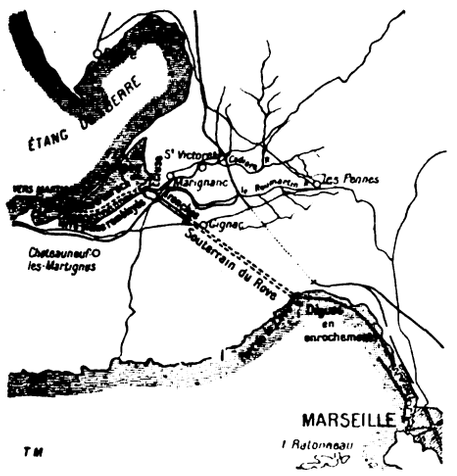


Fig. 1. — Tracé du canal de Marseille au Rhône, entre la Méditerranée et l'étang de Berre.

Le canal débouche ensuite dans l'étang de Bolmon qu'il traverse entre deux lignes d'enrochements ; la lagune du Jaï, séparée de l'étang de Berre, est coupée par une tranchée. Une longue digue longe ensuite le bord sud de l'étang de Berre pour conduire le canal jusqu'au village des Martigues, d'où il rejoint le Rhône par une tranchée coupant la plaine marécageuse d'Arles.

En profil normal (tranchée) le tirant d'eau du canal est de 3 m, et sa largeur au plafond de 17m,90, donnant 21m,90 à la flottaison. Une banquette de halage est aménagée sur chaque rive.

Souterrain sous le Rove. — Le grand souterrain traversant le massif rocheux de la Nerthe a une longueur de 7 120 m, et une largeur libre de 22 m. La voûte en anse de panier a sa clef à plus de 14 m du radier (fig. 2). Elle est maçonnée au mortier de chaux hydraulique en moellons bruts, avec parement de moellons d'appareil ; son épaisseur varie, selon la consistance des terrains traversés, de 0m,70 à 1m,25, avec piédroits et radier lorsqu'il y a lieu. Une banquette de halage de 2 m de largeur est aménagée sur chaque côté, avec des niches de refuge dans les piédroits.

L'excavation nécessaire peut atteindre ainsi près de 25 m de largeur aux naissances pour 17 m de hauteur maximum. On voit par ces chiffres le caractère gigantesque de cet immense souterrain s'étendant sur une longueur de plus de 7 kilomètres et creusé dans une roche calcaire dure semblable par endroits à celle des carrières de la région marseillaise.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 6 (15 septembre 1913), p. 177 ; *ibid* Planche II.

Pour le percement de ce souterrain, on emploie la méthode des trois galeries (fig. 3) ; deux galeries aux naissances de la voûte sont reliées à celle du faîte par des cheminées d'évacuation des déblais. Des abattages entre ces galeries sont faits pour compléter l'excavation de la voûte, laquelle est alors maçonnée sur cintres.

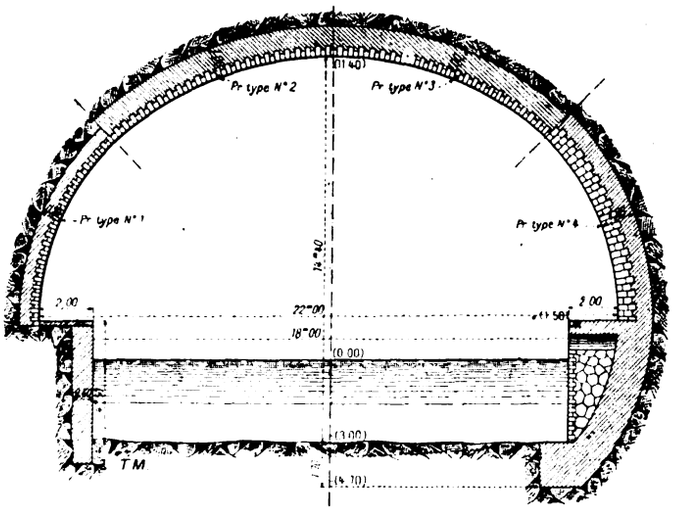


Fig. 2. — Coupe et profils-types du grand souterrain sous le massif du Rove (7 100 m de longueur).

Une telle ouverture de voûte a nécessité l'emploi de cintres en fer, assemblés en 9 tronçons et dont le poids atteint 2 500 kg pour un cintre complet. La maçonnerie est faite par anneaux successifs de 6 m de largeur ; la voûte achevée, la masse restante du stross est déblayée sans difficulté par passes successives d'abatages. Les engins de perforation employés sont des perforatrices et des marteaux à air comprimé types Meyer et Ingersoll.

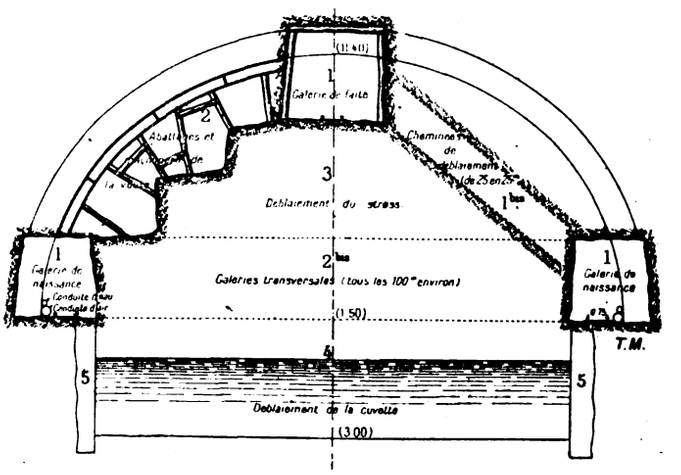


Fig. 3. — Schéma du percement du tunnel du Rove. Les chiffres indiquent l'ordre d'exécution des différentes parties.

Pour des raisons administratives et financières, les travaux du souterrain du Rove ne sont attaqués, depuis 1910, que par la tête Sud, laquelle est creusée dans une carrière à pic bordant la Méditerranée. Une tranchée de 100 m de longueur fera déboucher le canal dans le port de la Lave, aménagé spécialement pour servir de bassin de manœuvres avant le passage du tunnel. Cette

Digitized by Google

tranchée ne sera d'ailleurs creusée qu'en fin de travaux, son terrain devant servir jusque-là de batardeau au souterrain, dont le radier sera à 3 m au-dessous du niveau de la mer.

Sur le tracé du souterrain, deux grands puits de sondage, pouvant servir éventuellement de puits de service pour la construction avaient été percés antérieurement aux travaux. L'un de ces puits, dit du « Logis-Neuf », à 2 500 m de la tête Sud, vient d'être recoupé par la galerie d'avancement, et procure aux chantiers souterrains une ventilation appréciable : l'énorme consommation de dynamite nécessaire dans les roches rencontrées rendait désirable cette ventilation, insuffisante malgré les énormes quantités d'air amenées par l'échappement des perforatrices à 10 kg et des locomotives à air comprimé à 100 kg.

Des venues d'eau assez importantes, sources ou infiltrations des pluies de surface, ont souvent retardé et même arrêté les travaux, nécessitant en outre le boisage de certaines parties glaiseuses ; d'importantes poches remplies d'eau, de glaise et de sable ont dû être consolidées derrière les voûtes par des remplissages maçonnés ou en pierre sèches.

Les déblais du souterrain sont employés en remblais pour constituer le terre-plein des quais du bassin de la Lave, ou embarqués dans des bateaux à clapets qui vont les déverser sur les emplacements des ouvrages projetés des nouveaux bassins de Marseille. Les moellons bruts et appareillés sont également amenés par mer des carrières à la tête du souterrain. Tous ces transports ont nécessité un outillage maritime très important en plus des estacades, silos, grues, etc.

Toutes les installations de l'entreprise de la tête Sud ont dû être concentrées sur une étroite bande de terrain resserrée entre cette tête et la mer. Plus de 1 500 chevaux fournis par un secteur électrique marseillais, sont employés constamment à actionner les compresseurs 10 kg et 100 kg, ainsi que les nombreuses machines-outils des ateliers.

Du côté Nord la tête du souterrain doit déboucher dans une tranchée de 25 m de hauteur et plus de 100 m d'ouverture en ciel. Des talus inclinés coupés de plusieurs banquettes ramènent cette largeur à 17m,90 au plafond du canal. Ces dimensions décroissent sur la longueur totale de 1 935 m de la tranchée (fig. 4). Par suite de cette situation, on doit commencer le déblaiement de la tranchée avant de pouvoir attaquer le percement du souterrain. Cette tranchée est en œuvre depuis plus d'un an et on y emploie des excavateurs à godets et des pelles à vapeur américaines type Bucyrus, capables d'excaver chacune 1 500 m³ par jour. Des trains

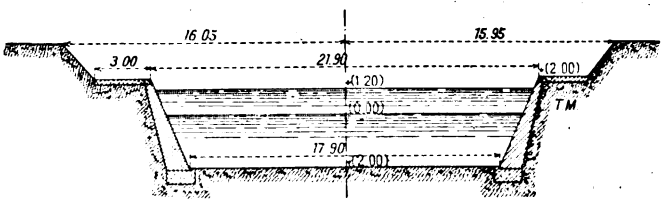


Fig. 4. — Profil du canal en tranchée.

de wagons basculants à voie normale vont transporter les 1 200 000 m³ de déblais de cette tranchée à une distance moyenne de 6 kilomètres, dans l'étang de Bolmon.

La surface ainsi remblayée entre la digue du canal et l'ancienne rive de l'étang constituera de vastes terre-pleins où l'on pourra installer des usines desservies économiquement par la nouvelle voie d'eau.

La construction du canal de Marseille au Rhône nécessitera une dépense d'environ 90 millions de francs ; la moitié de cette somme est prévue pour les deux lots comprenant le souterrain du Rove, de la mer à l'étang de Berre. Les travaux de cette section ont été confiés, après concours, à M. Chagnaud, l'entrepreneur qui vient de mener à bien l'œuvre du Loetschberg. Le percement du souterrain ne demandera guère plus de 5 années, grâce à l'emploi d'un matériel largement prévu, et dans lequel sont appliquées toutes les ressources de la mécanique moderne.

Lucien-Georges Lévy,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

CHEMINS DE FER

FABRICATION ET ENTRETIEN DES RESSORTS A LAMES EMPLOYÉS SUR LE MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

L'étude des ressorts employés sur le matériel roulant des chemins de fer donne lieu à des considérations de trois ordres différents touchant :

D'abord la détermination des dimensions qu'ils doivent avoir pour satisfaire aux conditions de résistance et de flexibilité qui leur sont imposées ;

Ensuite, le tracé de la forme qu'il faut leur donner pour les relier, selon l'usage auquel ils sont destinés, aux mécanismes avec lesquels ils doivent être conjugués ;

Enfin, la manière de les fabriquer conformément aux dimensions et à la forme exigées.

Détermination des dimensions. — Pour déterminer les dimensions des ressorts des wagons de chemins de fer, on s'est basé, à l'origine, sur la pratique de la carrosserie ordinaire ; puis on a appris à calculer la résistance des ressorts ainsi que leur flexibilité, en se conformant aux règles énoncées par Phillips, en 1852.

Ces règles ont été commentées, résumées et simplifiées depuis par divers auteurs (1).

Formes des ressorts. — Des données relatives aux formes des ressorts et à leurs applications au matériel roulant des che-

(1) *Manuel pratique pour l'étude et le calcul des ressorts en acier employés dans le matériel des chemins de fer,* par M. Phillips, ingénieur des mines, broch. in-8, 68 pages, 1 planche. Paris, 1852.

Mémoire sur les ressorts en acier employés dans le matériel des chemins de fer, par M. Phillips, ingénieur des mines (présenté à l'Académie des Sciences et Extrait des Annales des Mines. 5e série, t. I, 1852.) Paris, 1857, broch. in-8, 114 p. et 1 planche.

Die Gesetze des Locomotivbahns, par Redtenbacher, 1854.

Construction und Berechnung der Wichligsten Federarten, par Reuleaux (1857) ; voir aussi le *Constructeur,* du même auteur.

Note sur l'établissement des ressorts à lames employés dans le matériel des chemins de fer, par L. Rey et H. Vallat ; 1 broch. in-8, de 82 pages avec planche et tableau (Extrait des Mémoires de la Société des ingénieurs civils). Paris, 1882.

Tableaux graphiques pour le calcul des ressorts à lames employés dans le matériel des chemins de fer, par Henri Chevalier, 1 broch. in-8, de 7 pages, avec tableau (Extrait des Mémoires de la Société des ingénieurs civils). Paris, 1887.

Etude sur les ressorts de suspension et de traction à lames étagées, suivie d'une table permettant une détermination facile de leurs dimensions, par Albert de Fierlant, 2e édition, in-8, de 56 p. Paris, 1889.

Théorie des Ressorts, par A. Stévart, leçons professées en 1873 et 1874 à l'Université de Bruxelles, et reproduites dans le *Traité d'exploitation des chemins de fer,* de A. Flamache, A. Huberti et A. Stevart. Liège, 1892.

Etude sur les Ressorts, par M. Paul Brenier, ingénieur de la Compagnie des Aciéries de la marine et d'Homécourt, à Assailly (*Bulletin de la Société de l'industrie minérale,* avril 1912 et avril 1913).

Calcul des ressorts ; applications au matériel roulant des chemins de fer, par A. Nachtergal, ingénieur, 2e édition, Bruxelles 1913.

Digitized by Google

mins de fer se trouvent dans les traités, devenus classiques, de Ch. Couche, Ch. Goschler, Maurice Demoulin, A. Flamache (1), etc., qui contiennent des indications sur le choix des différents types de ressorts : à lames, en hélice, etc. ; à étoquiaux, à rainure et languette ; à bouts refoulés, à bouts roulés, à couteaux, etc. ; toutes questions qui sont du domaine de l'étude et de la construction du matériel.

Fabrication des ressorts. — Il existe fort peu d'écrits sur la fabrication des ressorts (2). Nous nous proposons, dans la présente note, de faire connaître les diverses opérations qui s'exécutent dans un atelier consacré spécialement au travail des ressorts à lames pour matériel de chemins de fer.

Nous admettrons que l'atelier dont il s'agit est approvisionné d'acier à ressorts répondant aux prescriptions du cahier des charges unifié des chemins de fer français (3) et qu'il n'a plus qu'à mettre en œuvre cet acier.

Fabrication des ressorts a lames.

Le mode de fabrication des ressorts varie nécessairement suivant la forme et la composition de ceux-ci. Dans la grande généralité des cas, les ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer se composent de barres d'acier méplat de longueurs inégales, superposées les unes aux autres par étagements réguliers. Ces barres doivent être maintenues réunies, et le bloc ainsi formé est relié, par son milieu et par ses extrémités, avec les parties du véhicule auquel il appartient. Bien que les éléments des ressorts soient simples et peu nombreux, ils donnent lieu à une grande variété de dimensions et de formes, tant à cause de la constitution du ressort lui-même, que par son mode d'attache avec les organes du véhicule dont il fait partie. Nous ne décrirons pas en détail les différents types de ressorts que l'on rencontre dans la pratique des chemins de fer ; nous nous bornerons à en choisir quelques-uns des plus usuels et, pour faciliter la description de leur fabrication, nous les grouperons en trois catégories comprenant :

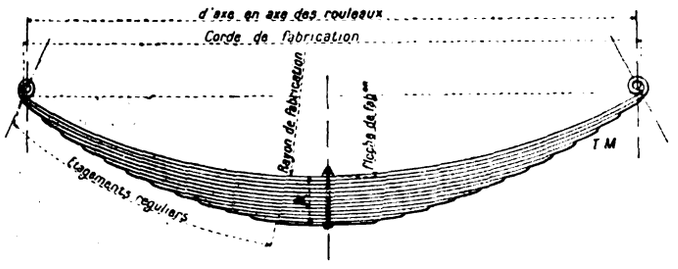


Fig. 1. — Ressort à bouts roulés (ou à œillets) en acier plat.

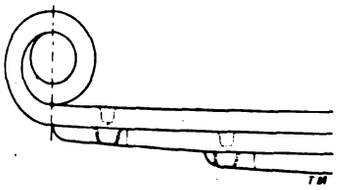


Fig. 2. — Détail du bout roulé (ou œillet) et des étoquiaux du ressort ci-dessus.

1° Les ressorts en acier plat dont les lames sont rendues solidaires les unes des autres : d'abord dans le sens latéral, au moyen d'étoquiaux et de fentes pratiquées à leurs extrémités ; ensuite, dans le sens longitudinal, par un boulon ou rivet qui traverse toutes les lames (ce genre de ressorts est représenté par les figures 1 à 5 ci-contre) ;

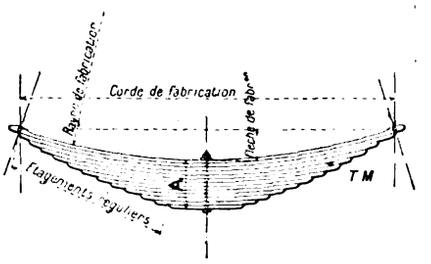


Fig. 3. — Ressort à bouts refoulés en acier plat.

2° Les ressorts en acier à rainure et languette dont les lames sont rendues solidaires, dans le sens latéral par l'assemblage de ces rainures et languettes, et dans le sens longitudinal, par un boulon ou un rivet, comme dans le cas précédent (les figures 6 à 7 ci-contre se rapportent à ce genre de ressorts) ;

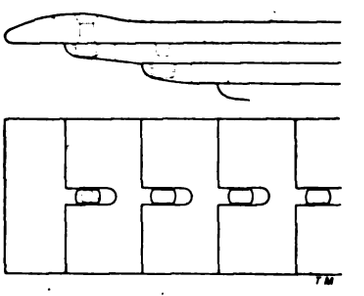


Fig. 4 et 5. — Détails du bout refoulé, des fentes et étoquiaux du ressort ci-dessus.

3° Les ressorts en acier plat ou autre, dont les lames sont assemblées entre elles par le serrage d'une large bride qui s'oppose à leur déplacement latéral ou longitudinal (voir les figures 8 à 10 ci-contre). Les lames de ces ressorts sont percées en leur milieu et traversées par un rivet dont les têtes sont à la fois fraisées et noyées dans les lames du dessus et du dessous ou bien fraisées et noyées dans la bride (fig. 8), ou bien encore elles sont assemblées au moyen d'étoquiaux placés au centre des lames (fig. 11 et 12), enfin elles comportent à la fois des étoquiaux et un trou central (fig. 13 et 14).

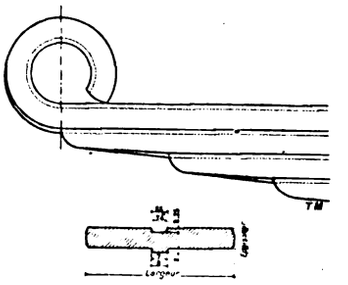


Fig. 6 et 7. — Détail du bout roulé et section transversale d'une lame du ressort à rainure et languette.

A ces différents ressorts, qui sont les plus usuels, il faudrait en ajouter bien d'autres, si on voulait passer en revue tous les systèmes employés ; nous citerons cependant le ressort Cliff (fig. 15 à 18), dont le mode de fabrication est tout à fait spécial ; il est employé aux Etat-Unis et en Russie.

La confection des ressorts à lames groupées dans les trois catégories précédentes comporte les opérations suivantes :

1° Le cisaillage des barres ;
2° Le centrage des lames ;
3° Le façonnage des bouts ;
4° Le chauffage et le cintrage des lames ;
5° La trempe ;
6° Le recuit ;
7° Le meulage ;
8° L'ajustage ;
9° Le montage ;
10° L'essai.

Ces diverses opérations peuvent et doivent se faire dans un même local, à l'aide d'un outillage disposé de telle sorte que l'acier entrant dans l'atelier sous forme de barres, passe suc-

(1) Voici les titres de ces ouvrages :

Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer, par Ch. Couche, Paris, 1873, p. 82 à 95 et 415 à 421.

Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer, par Ch. Goschler. Tome 3e, Paris, 1878, p. 353 à 376. Tome 5e, Paris, 1882, p. 182 à 183.

Traité pratique de la machine locomotive, par Maurice Demoulin. Tome 3e, Paris, 1898, p. 434.

On trouvera des renseignements complets sur les ressorts employés sur le matériel américain dans le *Locomotive Dictionary*, publié sous les auspices de la *Railroad Gazette* de New-York, et de la *Railway Gazette* de Londres.

(2) Des renseignements sur ce sujet spécial se trouvent toutefois dans le *Génie industriel*, d'Armengaud, livraisons de décembre 1852 et mai 1861, ainsi que dans la *Railroad Gazette* du 25 janvier 1901.

(3) *Recueil des cahiers des charges unifiés adoptés par les grandes compagnies des chemins de fer français.*

Digitized by Google

cessivement par toutes les phases de la fabrication, en avançant toujours sans revenir en arrière et en se dirigeant vers la sortie de l'atelier, où les ressorts arrivent finis, prêts à être envoyés ou expédiés sur le lieu d'emploi.

A titre de spécimen, nous donnons ci-joint le plan d'un atelier de ressorts judicieusement installé et où les manutentions se trouvent réduites au minimum. Ce plan permettra de suivre les opérations qui vont être décrites dans l'ordre où elles sont énumérées ci-dessus.

1re *Opération : Cisaillage des barres.*

On débite des barres d'acier en diverses longueurs, pour obtenir des *lames* ou *feuilles* destinées à composer les ressorts. Cette opération se fait à l'aide d'une cisaille à commande mécanique ou électrique.

Le cisailleur possède, pour les différents types de ressorts à fabriquer, un gabarit ou calibre donnant la longueur de chaque lame, à l'aide duquel il marque d'un trait, sur la barre, l'endroit où doit être donné le coup de cisaille. Il commence par découper les lames les plus grandes et il termine par les plus petites, de manière à avoir la meilleure utilisation possible des barres.

Fig. 8. — Ressort bridé et rivé après bridage.

Lorsqu'on doit fabriquer un grand nombre de ressorts semblables, on adapte à la cisaille une jauge à coulisse qui est réglée successivement pour chaque longueur de lame, ce qui permet de débiter toutes les lames ayant la même longueur, sans avoir à les mesurer ou à les tracer, une à une, sur la barre.

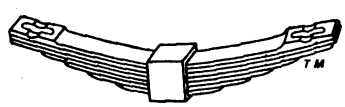


Fig. 9. — Ressort bridé et rivé avant bridage.

Les barres doivent être commandées, ou choisies en magasin, avec des longueurs telles qu'on puisse y trouver, sans déchets ni chutes inutilisables, les lames dont on a besoin.

Les cisailles pour barres d'acier à ressorts peuvent ne pas différer des cisailles ordinaires, en col de cygne, qui servent dans les ateliers de construction pour couper les fers plats, et qui se distinguent des cisailles à tôles par la position de leurs couteaux (ceux-ci sont dans une direction perpendiculaire à celle donnée aux couteaux des cisailles à tôle). Toutefois, par suite de leur ouverture latérale, les cisailles en col de cygne sont volumineuses ; or, pour couper les barres d'acier, à ressort, dont la largeur et l'épaisseur ne varient qu'entre des limites très restreintes, l'ouverture latérale n'est pas indispensable : les barres sont toujours présentées par bout, sous le couteau. Dans ces conditions, il est préférable d'employer, dans un atelier de ressorts, un type de cisaille robuste et peu encombrant (fig. 19), qui a été étudié spécialement, d'ailleurs, pour couper les barres d'acier à ressorts.

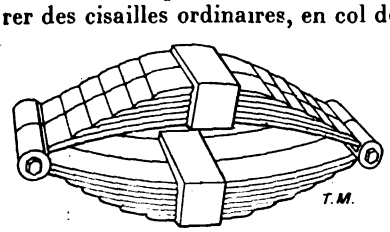
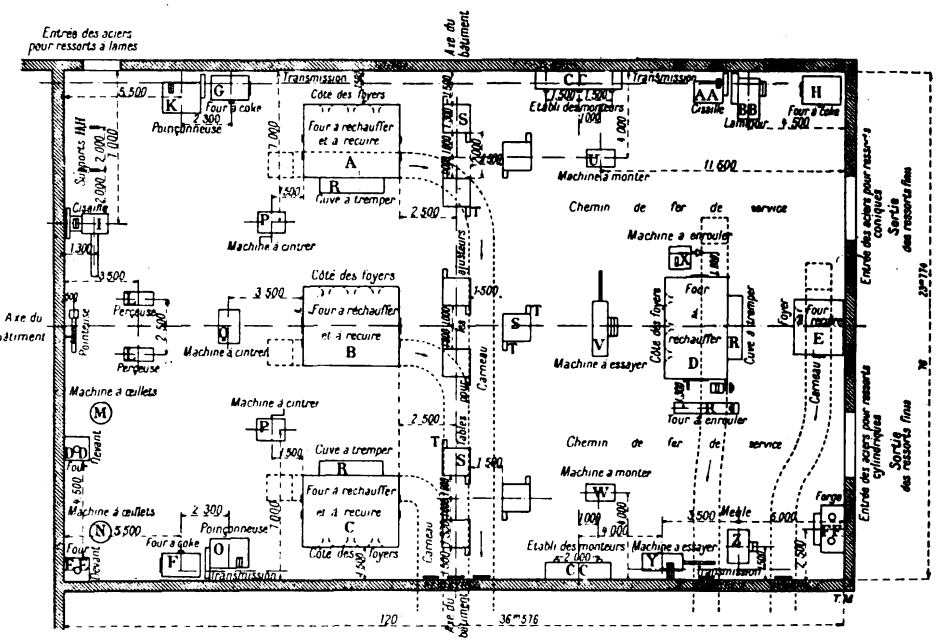


Fig. 10. — Ressorts bridés et jumelés.

2e *Opération : Centrage des lames.*

Le centrage est obtenu, comme on l'a déjà dit, soit en perçant les lames en leur milieu (fig. 1, 3 et 8), soit en repoussant en ce point un étoquiau (fig. 11), soit en employant à la fois le trou et l'étoquiau (fig. 13 et 14).

Dans la pratique française, en général, toutes les lames sont percées, en leur milieu, et à la mèche, d'un trou qui marque le centre de la lame, et d'après lequel on peut ensuite rogner et régler par rapport à ce centre, les extrémités des bouts déformées pendant leur finissage. Ce trou aide en outre à tenir les lames au moyen d'une broche pendant qu'on les travaille : enfin, il sert à assembler les lames, par boulon ou rivet, au moment du montage.



Plan d'ensemble d'un atelier pour la fabrication des ressorts.

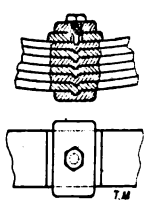


Fig. 11 et 12. — Ressorts bridés avec étoquiaux de centrage.

Perçage. — Pour effectuer le perçage de chaque lame sans tracer et pointer l'emplacement du trou, on se sert d'un appareil qui s'adapte facilement à toutes les perceuses et qui centre automatiquement la lame. Il consiste en un support à double serrage (fig. 20) qui amène le milieu de la lame sous l'axe de la mèche en agissant à la fois sur les bouts et sur les côtés de la pièce.

Etoquiaux. — Dans la pratique anglaise et américaine, ainsi que nous l'avons déjà dit, les lames de ressorts ne sont pas toujours percées en leur milieu, ce point est repéré à l'aide d'un petit emboutissage ou étoquiau qui forme (fig. 11 et 12) un creux sur le dessus de la lame et une saillie au-dessous. Cette manière d'opérer ne réduit pas la section de la lame, comme on le fait en la perçant ; elle n'affaiblit donc pas le ressort. Par contre, elle ne permet pas de faire l'assemblage des lames par un boulon ou un rivet traversant les lames ; elle exige l'emploi de fausses brides pour les montages préparatoires, et de brides définitives pour la terminaison du ressort.

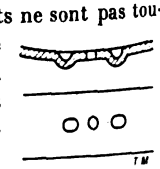


Fig. 13 et 14. — Lame de ressort avec trou de centrage et double étoquiau.

Certains fabricants adoptent à la fois le trou central qui facilite la manutention des lames, et l'étoquiau qui règle leur position les unes sur les autres ; dans ce cas, on fait venir deux étoquiaux placés de part et d'autre du trou central (fig. 13 et 14). Les lames sont alors guidées par les étoquiaux dans le sens latéral et dans le sens longitudinal.

La manière de faire les étoquiaux est indiquée ci-après, au paragraphe relatif au façonnage des bouts de lames.

Digitized by Google

3e *Opération : Façonnage des bouts.*

L'opération diffère suivant la forme donnée aux bouts, mais, en tous cas, elle débute par le chauffage des extrémités des lames. On chauffe ces extrémités l'une après l'autre, soit dans un four

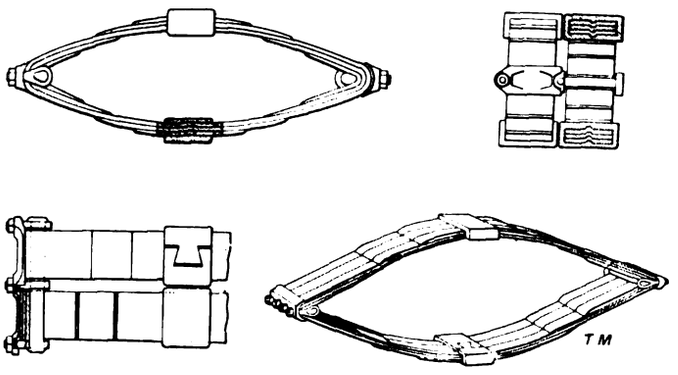


Fig. 15 à 18. — Ressort Cliff avec lame centrale ovale et bride à queue d'aronde.

disposé spécialement pour les bouts de lames, soit dans un grand four dont un compartiment a été réservé pour ce chauffage. On forge ensuite les bouts pour leur donner la forme voulue.

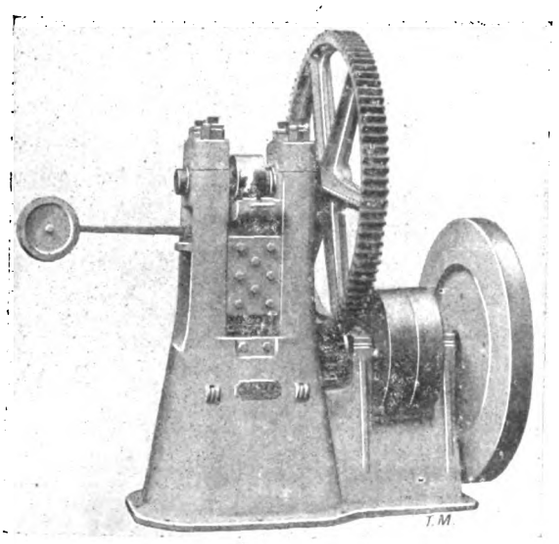


Fig. 19. — Cisaille pour barres d'acier à ressorts.

La maîtresse lame du ressort, c'est-à-dire celle qui porte à ses extrémités les dispositifs d'attache ou d'appui du ressort, est

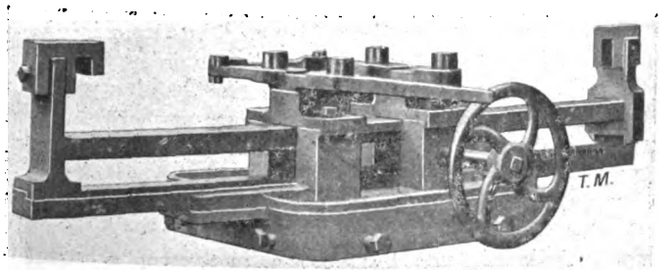


Fig. 20. — Appareil à centrer automatiquement les lames, en longueur et en largeur, sur la machine à percer (Dietz, constructeur).

généralement plus ouvragée que les autres. Les formes qu'on lui donne habituellement sont celles dites :

A bouts roulés (ou à œillets), (fig. 1, 2, 6 et 10) ;
A bouts refoulés (fig. 3 et 4) ;
A couteaux (fig. 9 et 21).

Quant aux autres lames, leurs bouts sont le plus souvent amincis d'après les figures 1 à 7. Les lames en acier plat sont fendues et munies d'étoquiaux comme on le voit sur les figures 2, 4 et 5.

Bout roulé ou œillet (fig. 1, 2, 6 et 10). — Autrefois, l'œillet ou le rouleau était d'abord forgé plein en fer, à l'aide de deux matrices, puis soudé aux extrémités de la maîtresse-lame ; on le perçait ensuite sur une machine travaillant horizontalement, avec deux mèches qui attaquaient le métal simultanément des deux côtés. Cette pratique coûteuse a été abandonnée.

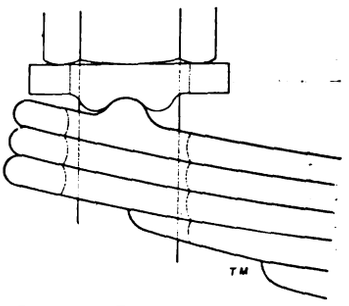


Fig. 21. — Ressort avec maîtresse lame à couteau.

Aujourd'hui, on amincit d'abord l'extrémité de la lame, puis on l'enroule autour d'un mandrin, soit sur l'enclume, en se servant d'un marteau et d'une chasse ronde ; soit, ce qui est plus rapide et plus économique, à l'aide d'une machine spéciale à faire les rouleaux ou œillets (1).

Lorsque le ressort est composé de feuilles de forte épaisseur et notamment de feuilles en acier à languette, on se dispense d'amincir la lame et on se contente de la rouler comme le montre la figure 6.

Bout refoulé (fig. 3 à 5). — On refoule à chaud l'extrémité de la lame, on la forge sur l'enclume pour amener le renflement à une certaine distance du bout, puis on la passe dans une matrice qui lui donne sa forme définitive.

Bout a couteau (fig. 9, 21). — Des opérations de forgeage analogues à celles du paragraphe précédent permettent d'obtenir le simple bossage ou le double bossage, en saillie ou en creux, qui caractérisent ce genre de maîtresse-lame. Toutefois, lorsque l'acier est épais et que le bossage ou couteau est à la fois volumineux et assez éloigné du bord extrême de la lame, au lieu d'opérer par refoulement, on replie le bout de la lame une ou deux fois sur lui-même pour avoir l'épaisseur nécessaire et on soude le tout ensemble (en interposant au besoin, entre chaque pli, un morceau de plaque à souder, ce qui facilite l'opération).

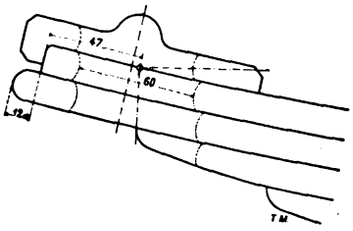


Fig. 22. — Couteau formé sur une platine rapportée.

Le profil définitif du bossage s'obtient ensuite en plaçant le bout de la lame dans une matrice, et en frappant avec le marteau à devant sur une chasse à parer posée sur le plat de la lame.

Dans bien des cas, pour éviter ces forgeages qui détériorent certainement l'acier, on laisse la première lame entièrement lisse et on applique à chacune de ses extrémités, au moment du montage, une platine à talon qui porte elle-même le bossage ou couteau (fig. 22). Ces platines se fabriquent en matrice, par grandes quantités à la fois, elles sont peu coûteuses et leur emploi simplifie notablement la confection des ressorts à couteau.

Ce type de ressorts exige que les trois ou quatre premières lames soient percées d'un trou ovale pour le passage de la tige de suspension (fig. 21 et 22). Le perçage de ce trou aux extrémités des lames se fait à chaud, sur une robuste poinçonneuse, munie à cet effet d'un outil ovale.

P.-B. d'Arlatan,
Ingénieur des Arts et Métiers.

(*A suivre.*)

(1) A l'Exposition Universelle de 1900, la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest présentait une machine pour enrouler l'extrémité des maîtresses-feuilles de ressorts dont on trouvera la description et le dessin dans la *Revue générale des chemins de fer,* octobre 1900.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Semoirs pour la culture en billons.

Dans le compte-rendu du concours général agricole de 1912 (1) nous avons signalé l'intéressante collection de petits semoirs à poquets et en lignes construits par M. Mauguet pour la culture en billons. Ces appareils ont surtout été étudiés pour des plantes spéciales, telles que la betterave, qui se sèment à raison d'une ligne par billon. La maison Barbier construit des machines du même genre pour la culture des céréales ; ils sont établis pour distribuer les graines sur quatre rangs répartis convenablement sur le billon de façon que la semence soit placée dans les conditions les plus favorables pour la germination. La figure 1 représente une vue de cette machine. Le semoir est monté sur un rouleau extensible pouvant se déplacer sur tous les billons, quelles que soient leur forme et leur largeur. Ce rouleau commande par chaîne un arbre portant 4 distributeurs à étoiles ou palettes qui obligent les graines contenues dans la trémie à sortir par autant de fenêtres d'où elles tombent dans les tubes de descente les conduisant aux socs du semoir.

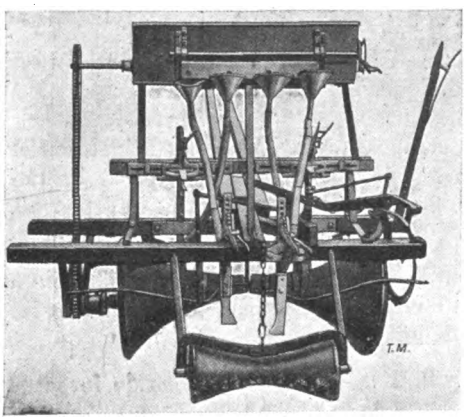


FIG. 1. — Semoir pour billon système Barbier. Vu d'arrière.

Les fenêtres comportent des ouvertures réglables qui permettent de faire varier le débit et sont commandées par une manette placée sur le côté. Les socs ont la forme d'un petit versoir de charrue et remontent la terre sur le billon dans leur déplacement en avant. Deux d'entre eux sont placés devant le rouleau et sur les côtés du billon ; les deux autres se trouvent à l'arrière et au milieu.

Le constructeur a adopté cette disposition pour éviter le bourrage.

Les socs sont munis de leviers qui permettent de les régler à la fois en profondeur et en largeur de façon à disposer les rangs d'une façon convenable sur le billon.

Le rouleau principal recouvre les deux rangs de devant ; quant aux deux autres raies, elles sont recouvertes par un rouleau léger qui se déplace à l'arrière, sur le sommet du billon.

Des ouvertures à glissières ménagées dans le fond de la caisse, permettent de la vider sans difficultés pour changer les graines.

Cet instrument répond à notre avis à un réel besoin car, dans les régions où la nature du sol et son imperméabilité, obligent l'agriculteur à cultiver en billons, les ensemencements s'effectuent dans des conditions mauvaises, les grains se trouvant placés dans le billon à une profondeur très variable qui empêche toute levée régulière. En outre, les céréales qui poussent dans le fond du sillon souffrent généralement de l'excès d'humidité et leur végétation s'en ressent. Il en résulte que les différentes tiges manquent de régularité et que la récolte se trouve réduite en conséquence.

Le semoir à billon a l'avantage de déposer toutes les graines dans les conditions les plus favorables, aussi bien au point de vue de la profondeur à laquelle elles se trouvent que de leur répartition sur le billon. Elles lèvent donc toutes régulièrement et on réalise une première économie en semant une quantité moins grande à l'hectare.

Les plantes se développent avec beaucoup de régularité ; la récolte en paille et en grain est donc plus forte, et on observe en outre une grande rigidité des tiges augmentant la résistance à la verse.

Les binages sont aussi rendus plus faciles. C'est en somme l'ensemencement rationnel des régions où se pratiquent la culture intensive et les labours à plat qui pénètre, grâce aux semoirs de ce genre, dans celles où la nature oblige l'agriculteur à pratiquer l'ingrate culture en billons.

H. PILLAUD.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 8 (15 avril 1912), p. 300.

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

L'épreuve d'endurance militaire des automobiles de poids lourds en 1913.

Les automobiles de poids lourds viennent de subir, cette année, du 1er juillet au 12 août, l'épreuve organisée habituellement par l'administration de la guerre. Elle présente un intérêt considérable pour les industriels, car elle force les constructeurs à étudier des véhicules capables d'affronter les conditions sévères du concours.

Il y avait 98 voitures engagées : 72 seulement prirent part à l'épreuve. Les camions porteurs sortaient de chez Delahaye, Peugeot, Panhard-Levassor, de Dion-Bouton, Balachowski et Caire, Blum-Latil, Motobloc, Saurer, Lorraine-Dietrich, Ariès, La Buire, Clément-Bayard, Berliet, Rochet-Schneider, Delaugère-Clayette et Brasier. Les tracteurs porteurs avec 2 roues motrices Renault, Peugeot, Saurer et enfin les tracteurs porteurs à adhérence totale de Blum-Latil.

Le règlement imposait un maximum de 0 litre 06 à la tonne kilométrique quant à la consommation en essence. Des camions atteignirent seulement 0 litre 04 ; des bouchons déterminant des compressions variables permettaient l'emploi économique de l'alcool et du benzol.

Comme condition nouvelle, notons l'obligation de l'interchangeabilité des magnétos sur les véhicules. C'est là une idée intéressante s'appliquant aux organes accessoires qui ne sont pas caractéristiques d'une marque. Cette obligation étendue progressivement, sans exagération, à d'autres organes permettrait de diminuer dans les parcs l'encombrement des pièces de rechange telles que : chaînes, roues.

Il y a un important progrès sur l'an dernier au point de vue de la construction. Les organes soumis à un examen sévère après le concours étaient intacts. Les pièces en mouvement sont parfaitement équilibrées. Les engrenages et paliers ne présentent pas d'usure.

Examinons maintenant les divers éléments des châssis. Tous les moteurs sont à 4 cylindres. Les vitesses de rotation sont presque toutes comprises entre 1000 et 1100 tours pour des puissances qui sont en moyenne de 20 à 24 chevaux. On constate une tendance à augmenter les vitesses moyennes des pistons.

Pour limiter la vitesse à 25 kilomètres à l'heure, on a utilisé des régulateurs centrifuges enfermés. Les Rochet-Schneider

Digitized by Google

emploient des pistons en bronze d'aluminium ; cette usine le faisait déjà pour ses voitures de tourisme. Les carters inférieurs sont démontables et ainsi certaines réparations sont plus faciles en cours de route. Les vilebrequins ont des paliers intermédiaires. Les portées sont longues, de façon que la pression n'atteigne pas 75 kgs par centimètre carré.

Il y a eu quelques pannes d'allumage aux jours pluvieux. Il y a donc lieu de mieux protéger les magnétos. Ces magnétos étaient en général à avance fixe. Cependant, au démarrage, il serait bon de pouvoir diminuer cette avance, sous peine de cogner. Partout la haute tension. Le refroidissement avait lieu par pompe ou par thermo-siphon. Ce dernier système, plus simple, est préférable. La suppression de la pompe est une cause d'ennuis en moins.

Les commandes de certains ventilateurs ont eu quelques pannes. C'est un organe indispensable à soigner étant donnée la faible allure des véhicules. A ce point de vue, les centrifuges sont plus à recommander que les hélicoïdes. Les carburateurs de divers types n'ont rien de particulier. Quelques-uns ont besoin d'être protégés contre les poussières et corps étrangers. L'un d'eux présente un réchauffage par les gaz d'échappement pour la marche au pétrole.

L'embrayage est à cône ou à disques. Les boîtes de vitesses sont toutes à 4 vitesses ; c'est plus rationnel et cela répond à une meilleure utilisation de la voiture qu'avec 3 vitesses seulement. Ariès présente une boîte avec engrenages toujours en prise. Nous espérons voir se développer ce dispositif, avantageux, à notre avis. La transmission se fait par chaîne, ou par cardan. La vis sans fin fait son apparition, mais nous ne pensons pas la voir se généraliser d'ici peu.

Les roues sont presque toutes à bandages en caoutchouc dont la durée est en moyenne de 25 000 km. Plusieurs roues sont en acier coulé ou en acier embouti. Les freins sont, en général, énergiques. Saurer et Panhard, seuls, emploient le frein moteur.

Presque partout, le graissage est automatique. La dépense d'huile ne devait pas dépasser 7 gr à la tonne kilométrique. Certains camions sont arrivés à 2 gr.

Ce concours montre qu'un grand effort a été fait. Des maisons introduisent des perfectionnements de détail. Est-ce utile d'ajouter des organes délicats ? La pratique le démontrera. Il y a une tendance à introduire en matière de poids lourds, ce qui s'est fait déjà pour les voitures de tourisme quelques années avant. Ainsi les vitesses moyennes des pistons augmentent ; les cardans sont de plus en plus admis ; les bandages en caoutchouc s'imposent. Mais il y a encore beaucoup à faire. Nos constructeurs ne s'arrêteront pas en si bonne voie.

J. B.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Aiguillage système D. Beaudenon.

Des dispositifs divers ont été imaginés pour assurer le verrouillage des leviers de manœuvre des aiguilles tout en permettant la prise en talon de celles-ci et leur déplacement par les roues des véhicules sans changement de position des leviers de manœuvre.

Dans le système Beaudenon (fig. 1), la tringle de mouvement L de l'aiguille porte deux épaulements E et E'. Suivant la position qu'occupe l'aiguille, une glissière D se trouve en contact avec l'un ou l'autre de ces épaulements.

La glissière D est reliée à la grande branche d'un levier coudé B, dont la petite branche est articulée en F avec une tige mobile FF', sur laquelle est enroulé un ressort K, qui s'appuie par l'une de ses extrémités G sur le socle A de l'appareil.

La tige FF' et la petite branche du levier B forment bielle et manivelle et l'on voit que tant que ce système n'a pas dépassé son point mort, le ressort K tend à le ramener à la position de figure ; si, au contraire, le point mort a été dépassé, le ressort K amènera le système à la position symétrique.

Le levier de manœuvre C est enclenché avec le levier B, de telle sorte que le renversement du levier C fasse dépasser son point mort au système bielle-manivelle. Dès lors, l'aiguille, une fois renversée par le levier C, sera maintenue en position par le ressort K.

Cette même aiguille, si elle avait été talonnée et renversée par un train, serait, au contraire, revenue automatiquement à sa position primitive, puisque, par construction de l'appareil, le déplacement de la glissière D et du levier B, sous l'action du train, ne suffit pas pour que le petit bras vienne dans le prolongement de la tige FF'. Le point mort n'étant pas dépassé, le ressort K ramènera l'aiguille à sa première position aussitôt le train passé.

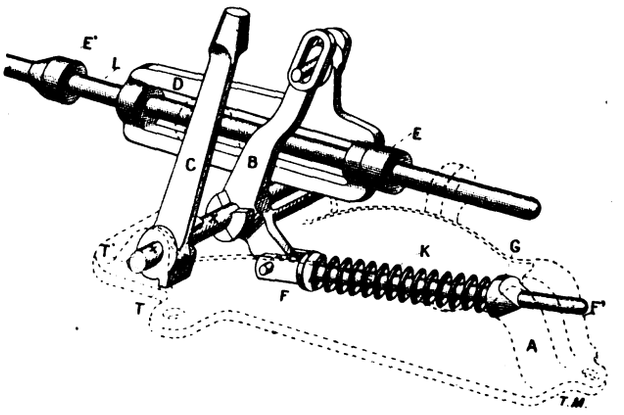


Fig. 1. — Dispositif de l'aiguillage système D. Beaudenon.
(Dans cette figure, les leviers B et C ont été séparés l'un de l'autre, afin de montrer leur mode d'enclenchement.)

Pendant le talonnage, le levier B n'a d'ailleurs aucune action sur le levier C qui ne bouge pas.

Depuis le 1er avril dernier, un appareil de ce type est en service sur le réseau du Nord et le réseau de l'Etat se propose, de son côté, d'en mettre huit à l'essai.

J. Netter.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Nouveaux appareils en silicium pour l'industrie chimique.

On sait depuis longtemps que le silicium résiste à l'action des acides, mais jusqu'à présent on n'était pas parvenu à couler des objets en silicium d'une forme déterminée. F. J. Tone et la « Carborandum Company » ont maintenant résolu ce problème et trouvé le moyen de couler le silicium dans des moules. Ils fabriquent de la sorte des tubes, des capsules pour condensation, des creusets, des corps de pompe (monte-acides), etc. Ordinairement les objets ainsi préparés ont des parois épaisses d'au moins 1 cm 25, mais on fabrique également des appareils n'ayant que 0,6 à 0,9 cm d'épaisseur de paroi.

Voici les caractéristiques physiques du silicium ainsi coulé : densité : 2,5-2,6 ; bonne conductibilité calorifique ; chaleur spécifique : 0,176 (entre 17° et 100° C.) ; point de fusion 1430° C ; coefficient de dilatation : $5{,}39 \times 10^{-6}$ (inférieur à celui du verre et du platine).

L'acide sulfurique dilué attaque très peu ces appareils. Pour les concentrations qui vont de 50 à 90 %, l'acide dissout par jour et par pied carré, de 0 gr. 12 à 0 gr. 31 de silicium. Quant à l'acide à 95 % d'acide sulfurique, l'attaque qu'il exerce n'est que momentanée. L'acide sulfurique fumant attaque au contraire violemment le silicium. Il en est de même pour tous les alcalis et pour l'acide fluorhydrique.

L'acide chlorhydrique et l'acide phosphorique attaquent modérément, mais d'une façon continue.

Digitized by Google

Le silicium résiste parfaitement à l'action du chlore.

Avec l'acide nitrique le silicium se comporte comme avec l'acide sulfurique. Pour des concentrations ne dépassant pas 60 %, la quantité de silicium dissoute par pied carré et par jour varie de 0 à 0 gr 25. Au-dessus de cette concentration l'attaque cesse.

M. B.

Le nickelage en noir.

Le nickelage en noir est aujourd'hui plus employé que jamais. Voici quelques précisions qui s'y rapportent :

Le bain le plus favorable doit avoir la composition suivante :

100 litres d'eau ;
8 kg 505 de sulfate double de nickel et d'ammoniaque.
2 kg 125 de sulfocyanure de potassium ;
1 kg 417 de carbonate basique de cuivre ;
1 kg 400 d'acide arsénieux.

Pour le préparer, on dissout d'abord le sel de nickel dans une partie de l'eau et on ajoute le sulfocyanure. On dissout ensuite le carbonate de cuivre dans l'eau restante, en ayant recours pour cela à une addition de carbonate d'ammoniaque, de cyanure de potassium ou encore d'ammoniaque. On termine par l'addition de l'acide arsénieux. S'il se forme dans ce bain un dépôt gris, c'est la preuve d'un défaut de carbonate de cuivre et de sulfocyanure de potassium.

A côté de cette première composition, on peut employer aussi le bain suivant :

9 litres d'eau distillée ;
570 gr d'un chlorure double de nickel et d'ammoniaque ;
115 gr de sulfocyanure d'ammoniaque ;
120 gr de sulfate de zinc cristallisé.

Cette dernière solution donnera toujours des résultats parfaits, mais pour l'employer, il est nécessaire d'avoir une certaine pratique. Elle présente en outre l'inconvénient d'avoir tendance à cristalliser lorsque la température baisse : aussi doit-elle être maintenue entre 20 et 40°. Si elle s'échauffe, la couche de nickel déposée a mauvais aspect.

Dans tous les cas, les principales conditions à remplir pour obtenir de bons résultats sont les suivantes :

1° Emploi d'un bain aussi concentré que possible ;

2° Emploi d'une anode possédant une grande surface ;

3° Emploi si possible d'anodes ayant déjà servi : ces dernières, en effet, livrent le nickel plus rapidement que les électrodess neuves.

4° Mise en œuvre d'un courant très faible. Tension ne dépassant pas 1 volt ;

5° Marche très régulière de l'électrolyse. Pas de variation dans le courant ;

6° Se contenter d'un dépôt peu épais. Sinon, il s'écaillera par la suite ;

7° Le bain doit rester neutre. Un bain acide donne de mauvais résultats et conduit à l'obtention de revêtements marbrés et quelquefois rougeâtres ;

8° Le dépôt doit se faire normalement de la façon suivante : Au début apparaîtront sur l'objet à traiter des teintes irisées qui, peu à peu, passeront au noir profond. On reconnaîtra à la couleur, l'épaisseur de la couche déposée. Dès que le ton désiré sera atteint, on arrêtera l'opération.

Si le précipité a une teinte gris clair, c'est que le courant a été trop fort. S'il refuse de se former, c'est une preuve que le bain contient trop d'acide libre. On y remédiera par addition de carbonate de nickel, d'ammoniaque ou encore de carbonate de soude.

On sait que le revêtement de nickel s'oxyde facilement. Aussi, malgré qu'il ait été porté dans le bain à la température convenable, il passe rapidement au brun avant ou après le séchage. Le même phénomène se produit également à la longue quand l'objet est en usage. On éliminera cette couche superficielle d'oxyde en trempant l'objet dans la solution suivante :

5 litres d'eau ;
250 gr de chlorure ferrique ;
30 gr d'acide chlorhydrique.

On rincera longtemps et à fond dans l'eau courante puis on sèchera dans la sciure de bois.

M. B.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Nos cuirassés peuvent-ils naviguer?

Un certain nombre d'articles tendancieux et pessimistes (dont l'un sous le titre ci-dessus), ayant récemment paru dans la grande presse quotidienne concernant nos unités de combat, et notamment le « Charlemagne »; — *lequel aurait, d'après eux, failli « capoter » en rade de Brest, — nous avons demandé à une haute personnalité, éminemment qualifiée, son avis sur la question. Nous sommes heureux de publier ici sa réponse.*

Il est aisé de mettre au point l'incident du *Charlemagne* et de réduire à leurs justes mesure et portée les critiques, les conclusions, et les appréhensions auxquelles il a pu donner lieu.

Le *Charlemagne*, à la suite d'importantes réparations, effectua, en rade de Brest, avant son départ pour la troisième escadre qu'il devait rallier à Toulon, un essai de bon fonctionnement par vent d'ouest assez frais. A un moment donné, la barre ayant été mise toute, le bâtiment s'inclina fortement et marqua une tendance à ne point se redresser. Les oscillomètres restèrent un instant bloqués à 28° ; un certain nombre d'objets mobiles ou mal arrimés glissèrent, la bande ayant sûrement, d'après l'observation précédente, atteint et même dépassé 28°.

On stoppa ; on mit la barre à zéro ; et le bâtiment reprit sur l'eau sa position normale, sans que d'ailleurs il se soit produit à bord la moindre panique dans le personnel.

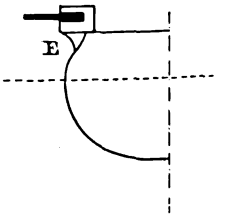


Fig. 1. — Schéma de l'encorbellement d'une pièce de 14 sur les cuirassés du type *Charlemagne*.

Il n'en fallait pas moins élucider le phénomène, et l'on décida par suite de faire une expérience de stabilité.

On sait que les navires du type *Charlemagne* présentent de fortes rentrées au-dessus de la flottaison, ce qui donne à leur courbe de stabilité originelle une physionomie spéciale, encore singularisée par l'existence des encorbellements E (fig. 1) que forment les réduits des pièces de 14. La courbe, au total, partant de 0 (fig. 2) avec le coefficient angulaire dû à $\rho - \alpha = 0{,}90$ accuse un palier AB correspondant aux rentrées des œuvres mortes, et une partie remontante BC correspondant à l'immersion éventuelle des encorbellements.

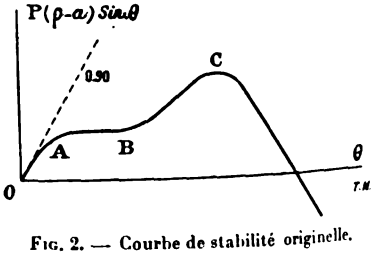


Fig. 2. — Courbe de stabilité originelle.

Cela étant, et l'expérience de stabilité dans le cas de l'essai ici commenté ayant donné pour le $(\rho - a)$. une valeur voisine de 0,70 seulement, il est facile de concevoir que la courbe de stabilité déduite de ce chiffre d'une part et des certaines conditions d'arrimage et de surcharge d'autre part, puisse prendre à la limite une forme analogue à celle que montre la figure 3, la stabilité se rapprochant de zéro entre 28 et 32 degrés : tout lecteur averti comprendra comment la courbe nou-

Digitized by Google

velle peut être déduite de la première. Et du même coup encore, il comprendra que, même dans les conditions pour lesquelles la figure 3 est tracée, il n'y a pas de chance de chavirement, puisque les boulevards et les formes plus droites des hauts donnent lieu à la partie remontante B'C'.

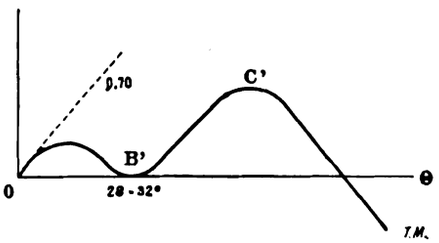


Fig. 3. — Courbe de stabilité lors de l'essai.

Il n'en restait pas moins que, jusqu'à 30° environ, le cuirassé, dans des circonstances plus ou moins proches de celles qu'on vient d'envisager, pouvait s'incliner notablement sous l'effort de couples assez faibles. C'est ce qui avait dû se produire le jour de l'essai: la collaboration momentanée d'une rafale, d'un courant, avec la barre fortement inclinée, avait couché le navire sur un bord, et le rappel avait été lent.

Les causes de la fâcheuse diminution du $\rho - \alpha$ ne furent point malaisées à déduire d'un examen approfondi des conditions de charge du navire. Elles étaient triples :

1° Toutes les modifications faites à bord depuis 1899 avaient ajouté, conformément à une règle aussi générale que fatale (peut-on dire), des poids dans les hauts. Additions, dont l'utilité d'ailleurs en soi n'était point niable, telles que création de capots pour les casemates, installations pour la conduite du tir, constitution de parcs dans les tourelles, etc., etc...

2° Nombre d'objets de matériel étaient susceptibles d'un arrimage meilleur que celui à eux dévolu ; d'aucuns pouvaient et devaient se loger dans les soutes ; d'autres pouvaient tout au moins regagner leur poste normal plus près des fonds.

3° Et surtout l'on avait embarqué sur le cuirassé, pour éviter, des frais de transport, c'est-à-dire, dans un esprit, très louable en soi, d'économie, environ 150 tonnes de matériel (filin, caisses, etc.), destiné à l'escadre, au port de Toulon, etc . Et une bonne partie de ce matériel avait été, pour plus de facilités dans les manœuvres de mise à bord ou de déchargement, arrimé sous la grande passerelle des embarcations, placée si haut, comme chacun sait, sur les unités du type.

Le remède était simple ; il consistait :

1° A débarquer le matériel supplémentaire embarqué pour d'autres destinations que le cuirassé lui-même;

2° A faire un arrimage meilleur des poids nécessaires du bord ;

3° Et par surcroît, à réduire, dans la mesure du possible, les poids successivement ajoutés au cours de la vie du bâtiment dans un but d'amélioration militaire. Comme toujours en marine, il fallait établir une cote mal taillée entre les avantages et les inconvénients de la présence à bord de tel ou tel objet. Dans l'occurrence, quelques capots de cheminées, quelques kiosques, quelques pièces de matériel de petite artillerie purent être mis à terre.

Ces modifications conduisirent, à un $\rho - \alpha$ largement accru, qui permettait au *Charlemagne* de suivre sans plus attendre sa destination. Il retrouva à Toulon le *Gaulois*, sur lequel on avait pu, profitant de la leçon de Brest, apporter également quelques améliorations d'arrimage, et contrôler l'une par l'autre les expériences nouvelles de stabilité. Et les deux vieux frères d'armes continueront à naviguer et à rendre sans le moindre danger pour leur équipage, en attendant leurs successeurs, les services dont ils sont coutumiers depuis 15 ans.

Car, et c'est ici qu'apparaît flagrante l'injustice des accusations portées à leur propos, les cuirassés du type *Gaulois* atteignent l'âge où la retraite est proche. Conclure d'incidents, tels que celui du *Charlemagne* que nos escadres ne peuvent pas naviguer, est aussi peu logique que d'apprécier un moteur à vapeur moderne à graissage forcé d'après le fonctionnement et le rendement d'une vieille machine de frégate. Le progrès naval est si rapide que l'homogénéité *absolue* d'une flotte est un rêve incompatible avec les moyens financiers des marines, de la nôtre en particulier, Le *Charlemagne*, que ses détracteurs d'un jour appellent un « mastodonte », ne mérite plus guère ce nom-là. Son déplacement (inférieur à 12 000 t) n'atteint pas la moitié du déplacement de nos types récents. Qu'il n'ait pas toutes les qualités des derniers nés, cela est naturel. Qu'on soit conduit à ne point rééditer dans le présent et dans l'avenir, les imperfections constatées sur lui à l'usage, et par exemple celles des formes rentrantes ou des superstructures hautes, cela est normal. Qu'on ait bien fait d'améliorer jusqu'à leur dernière heure ces bons serviteurs patriarches de notre flotte active, et de leur éviter de finir, à la suite d'une mésaventure explicable et expliquée, dans un discrédit injuste, cela tombe sous le sens. Mais qu'on se garde avant tout par une généralisation totalement vaine, d'atteindre en son légitime prestige devant la marine et devant le pays cette armée navale qui n'a jamais été plus belle, plus cohérente — plus digne, en un mot, de veiller sur les destinées de la France.

M.

Embarcation de sauvetage fermée.

L'embarcation conçue par le capitaine norvégien Brude est en forme d'œuf et complètement fermée (fig. 1). On y accède par deux grands trous-d'homme que l'on peut fermer de l'intérieur. Elle est ainsi complètement insubmersible et sa forme particulière la rend extrêmement résistante aux chocs contre la muraille du navire au moment de la mise à l'eau, ainsi qu'en cas d'échouage. Elle se met sous porte-manteaux comme une embarcation ordinaire. Les passagers y sont complètement abrités contre les intempéries et ne ressentent que les mouvements de roulis, atténués un peu, d'ailleurs, par une quille de dérive que l'on sort d'un logement en forme de caisse plate disposée au milieu du bateau.

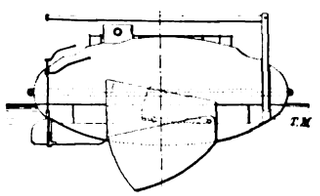


Fig. 1. — Disposition de l'embarcation de sauvetage fermée.

L'inventeur a fait la traversée de l'Atlantique en 1904 avec une embarcation semblable, l' « Uread », en 87 jours, des îles Shetland à Boston, en essuyant plusieurs violentes tempêtes.

Le service de surveillance de la navigation à vapeur des Etats-Unis vient de donner son approbation à l'utilisation de l'embarcation Brude comme engin de sauvetage.

Pour compléter sa description, disons qu'elle est munie d'un mât articulé, d'un kiosque fermé au-dessus de la tête du pilote à son poste, de coffres à provisions, caisses à eau douce, et même d'un W. C. à pompe. Avec 5m,50 de longueur, elle peut porter 40 personnes.

C. N.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Régulation automatique des machines à courant continu.

La régulation de la tension des générateurs à courant continu employés à l'éclairage des petites installations isolées (hôtels, châteaux, immeubles, etc.) constitue une réelle difficulté, dont il est d'ailleurs plus aisé de découvrir les causes que les moyens d'y remédier efficacement. En effet ces générateurs sont le plus souvent entraînés par des moteurs à vitesse lente (moteurs à gaz ou genre Diesel) de sorte que sauf le cas de l'encombrante commande par courroie, les chutes de tension dans l'armature sont considérables. En outre, la charge moyenne usuelle d'éclairage étant de 25 % et celle de la force motrice (principalement affectée à la con-

Digitized by Google

duite des ascenseurs) de 75 %, chaque période de démarrage provoque, non seulement une chute de potentiel interne de 8 % due à l'appel du courant instantané, mais aussi un abaissement de vitesse d'environ 2 % sur le moteur primaire, de sorte que la chute totale de tension, y compris la perte inhérente aux canalisations et estimée à 1 % atteint et dépasse 11 %.

Plusieurs types de régulateurs ont été conçus pour corriger automatiquement ces chutes de tension. Nous retiendrons seulement les applications du régulateur Tirrill qui, par son action spéciale sur le champ du générateur, satisfait le mieux au caractère d'instantanéité des corrections : propriété dominante d'un régulateur.

La figure 1 concerne un régulateur de tension destiné à de petites unités génératrices à courant continu. Il comporte un électro-principal Ep, dont l'enroulement excitateur est relié en dérivation aux pôles générateurs et produit à la tension normale, sur la palette porte-contacts, un effort attractif rigoureusement compensé par le ressort antagoniste *r*.

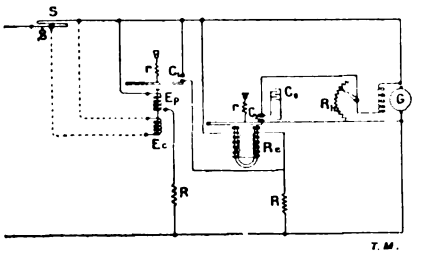


FIG. 1. — *Schéma d'un régulateur de tension pour dynamo à courant continu de faible capacité.* — C_1, contacts principaux; C_2, contacts secondaires; Co, condensateur; Ep, enroulement de potentiel; Ec, enroulement de compoundage; G, génératrice shunt ou compound à régler; g, contact glissant du shunt de compoundage; Rh, rhéostat d'excitation de la génératrice; R, résistances auxiliaires; Re, relais; r, ressorts.

Les contacts constitués par un alliage de composition spéciale, indifférent aux effets destructifs de l'étincelle, ouvrent et ferment un relais très sensible Re, également complété d'une palette compensée et de deux contacts secondaires, reliés d'une part à un condensateur pare-étincelles et d'autre part aux bornes du rhéostat d'excitation de la génératrice. La manette de ce dernier est d'ailleurs placée sur le plot pour lequel, la différence de potentiel développée aux bornes de la machine, sans le régulateur, est réduite à 65 % de sa valeur nominale. Dans ces conditions, le régulateur étant en service, dès que la tension s'élève, l'attraction de l'électro principal devient prépondérante et provoque l'ouverture des contacts correspondants, de sorte que le relais secondaire excité, tend à intercaler la totalité de la résistance de réglage du rhéostat. Si la tension baisse, le phénomène inverse se produit et cette résistance est mise en court circuit.

Suivant la constante de temps du circuit inducteur, le cycle des opérations que nous venons de décrire, se reproduit de 200 à 600 fois par minute. Les machines à grande vitesse travaillant à faible saturation magnétique, faciliteront donc la régulation de la tension, indépendamment de l'avantage qu'elles présentent, d'une chute interne dans l'armature, sensiblement inférieure à celle des machines à vitesse lente.

Lorsqu'en plus de la régulation des écarts de tension inhérents à la génératrice elle-même, l'appareil doit servir à la compensation de la perte en ligne, l'électro principal porte un enroulement supplémentaire Ec relié aux bornes d'un shunt S intercalé dans l'un des conducteurs principaux. L'action de cet enroulement opposée à celle de la bobine dérivée, favorise le jeu du ressort affecté à la fermeture des contacts principaux et, par suite, le relèvement de la tension.

Le régulateur offre donc la propriété d'un *hypercompoundage* rigoureux, permettant d'obtenir une différence de potentiel absolument constante en un point quelconque du circuit de distribution.

Pour les raisons que nous venons de décrire, il sera particulièrement approprié au cas des *générateurs entraînés par moteurs shunt reliés à une source à courant continu et tension variable.* Tel est l'exemple schématisé en figure (2) et relatif à un groupe moteur-générateur branché sur un réseau de traction par exemple, dont le voltage oscille brusquement entre des limites trop étendues pour être corrigées par la simple manœuvre du rhéostat de champ. Le type de régulateur appliqué, résulte de la combinaison de deux mécanismes semblables à celui de l'appareil initialement envisagé et agissant en sens inverse. Sous l'effet d'un affaiblissement de la tension génératrice consécutif à une chute de vitesse, les contacts Cd placent le rhéostat de la dynamo en court-circuit, tandis que les contacts Cm intercalent la portion réglée du rhéostat du moteur, de sorte que l'ensemble apporte aux écarts de la tension d'alimentation, une double correction stabilisatrice. Dans l'éventualité d'une augmentation de la vitesse du groupe, le fonctionnement précédent s'inverse, le premier jeu de contacts introduit la résistance du rhéostat dans le circuit d'excitation du générateur tandis que le second assure le court-circuit du rhéostat du moteur.

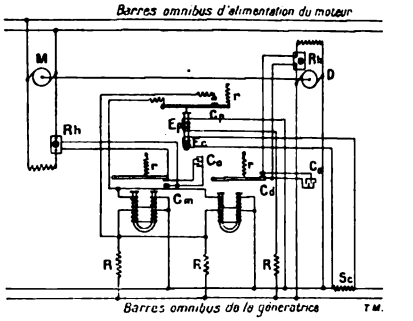


FIG. 2. — *Schéma d'un régulateur de tension pour groupe moteur générateur alimenté sous tension variable.* — Cd, contacts du rhéostat d'excitation de la dynamo génératrice; Cm, contacts du rhéostat d'excitation du moteur; Cp, contacts principaux; Co, condensateurs pare-étincelles; D, dynamo génératrice; Ep, Enroulement de potentiel; Ec, Enroulement de compoundage; M, moteur; R, Résistances auxiliaires; r, ressorts; Rh, rhéostat d'excitation; Sc, shunt de compoundage.

Dans les cas où la régulation doit être appliquée à des *générateurs de forte capacité à vitesse lente*, le principe de l'appareil précédent est, au nombre près des relais, applicable sans modifications. Le schéma ci-contre (fig. 3) se rapporte au cas d'un régulateur à 5 relais, conjugué à un puissant générateur. On observera que, dans cette éventualité, le rhéostat de champ est divisé en cinq sections d'égale résistance, à chacune desquelles correspond un jeu de contacts de court-circuit.

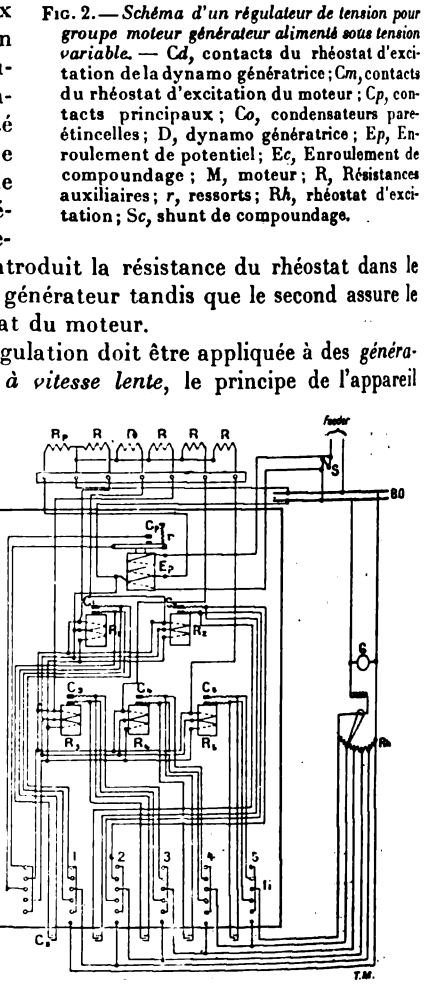


FIG. 3. — *Schéma d'un régulateur de tension appliqué à un générateur de grande capacité à faible vitesse.* — B.O., barres omnibus; Co, condensateurs; Cp, contacts principaux; C_1, C_2, contact des relais 1, 2; Ep, Electro principal; G, générateur; Ii, inverseurs; R, résistance des relais; Rp, résistance de l'électro principal; R_1, R_2, relais 1, 2; Rh, rhéostat d'excitation; r, ressort; S, shunt de compoundage.

Comme précédemment, l'addition d'un shunt permet d'hypercompounder l'appareil en vue de corriger les pertes en ligne.

Le régulateur sera également appliqué avec intérêt aux *distributions en courant continu à 3 fils*, soumises à des charges fortement déséquilibrées. Dans ce cas, il sera pourvu d'un enroulement shunt par pont et d'un double jeu de contacts principaux ayant pour effet d'ouvrir et de fermer simultanément deux relais opérant en sens opposé.

Nous terminerons par l'application du régulateur à la solution d'un problème capital dans certaines industries (imprimeries, papeteries, filatures, etc...), *la réalisation d'une vitesse rigoureusement constante sur l'arbre d'un moteur shunt à courant continu.*

Digitized by Google

Dans cette application, le régulateur est complété d'un interrupteur centrifuge placé en bout d'arbre du moteur et dont les points de rupture font office de contacts principaux. Ceux-ci sont reliés à un relais muni d'une palette à contacts secondaires connectés au rhéostat d'excitation du moteur, de telle sorte qu'à la fermeture de ces contacts, corresponde un affaiblissement de la vitesse du moteur. L'interrupteur centrifuge ouvre alors les contacts qui introduisent la résistance d'excitation, de sorte que la vitesse reste uniforme quelles que soient les variations de la tension d'alimentation ou les différences de charge. Des contacts secondaires sont prévus afin qu'en cas de dérangement du régulateur, le rhéostat soit placé en court-circuit et réduise ainsi la vitesse du moteur au lieu de l'augmenter.

Ainsi qu'on l'observera la constante du temps de l'appareil est pratiquement négligeable. Cette propriété le différencie très avantageusement des appareils basés sur le fonctionnement d'un moteur ou d'un solénoïde et qui n'acquièrent leur sensibilité que sous l'effet d'une perturbation d'amplitude et de durée exagérées.

A. R. GARNIER.

HYDRAULIQUE

Sur l'enregistrement et la mesure du débit de l'eau et des liquides.

Nous avons tout récemment examiné la question des compteurs d'eau (1) et notamment des compteurs volumétriques à basculement qui sont les plus pratiques pour les débits moyens.

Pour les débits assez importants, cas qui se présente par exemple pour contrôler l'alimentation des chaudières des usines électriques, il faut avoir recours à un jaugeage dynamique.

Deux moyens peuvent être employés dans ce but, soit une mesure de la charge capable de la vitesse (tubes de Venturi, de Pitot, diaphragmes étrangleurs, etc.), soit une mesure de la hauteur d'écoulement au-dessus d'un orifice ou d'un déversoir : comme nous envisageons des débits importants, c'est le second cas qui nous intéresse, bien qu'on aie quelquefois employé le jaugeage par orifice.

On sait que la formule générale qui donne le débit d'un déversoir est de la forme :

$$Q = m\,l\,h\sqrt{2gh}$$

h étant la hauteur sur le seuil ;

l étant la longueur du déversoir ;

m un coefficient dépendant de la forme du déversoir, de la nature du déversement (nappe libre ou noyée), etc. M. Roussillon a consacré ici même, en 1909, une fort intéressante étude, avec abaques, déterminant les valeurs de m dans tous les cas de la pratique (2).

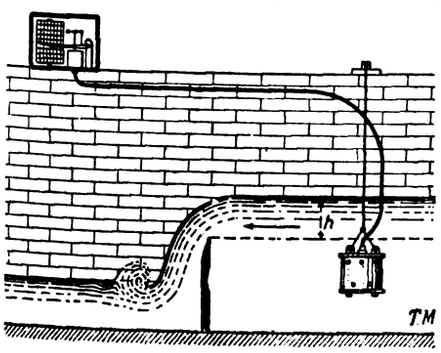


FIG. 1. — Méthode de l'hydromètre pour la mesure d'un débit d'eau.

Tous ceux qui ont pratiqué des jaugeages hydrauliques savent à la fois l'énorme importance de la mesure de h et la difficulté pratique à effectuer cette mesure avec précision à l'aide d'instruments robustes et véritablement industriels.

La méthode de l'hydromètre enregistreur (fig. 1) est généralement employée, ledit hydromètre est un simple manomètre qui enregistre la compression que subit un volume déterminé de gaz ou d'air enfermé dans une cloche à plongeur; cette compression est évidemment égale à la charge d'eau de hauteur variable, c'est-à-dire à h si l'on met le niveau de la cloche à plongeur au niveau du seuil du déversoir.

C'est cette méthode déjà fort pratique que nous avons simplifiée, c'est-à-dire perfectionnée ; le manomètre usuellement employé comporte les inconvénients des manomètres ordinaires à amplification par levier : frottements, indécision des mesures, entretien des articulations, etc.

Nous avons établi (fig. 2) un hydromètre enregistreur à *amplification directe*, enregistrant h directement sur le diagramme, *sans aucun organe intermédiaire* entre le niveau à enregistrer et la plume enregistreuse ; on conçoit d'après la figure, la simplicité et la précision de cette mesure.

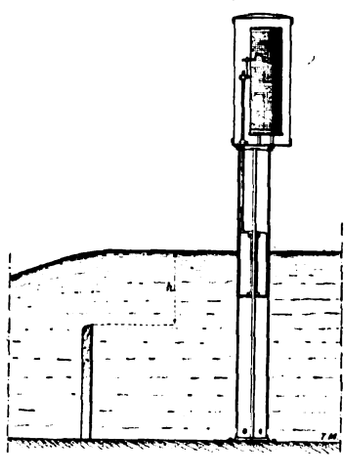


FIG. 2. — Dispositif de l'hydromètre enregistreur pour débit d'eau, système Izart.

Le zéro du diagramme est réglé en faisant affleurer l'eau au niveau du seuil du déversoir; le flotteur en s'élevant ou s'abaissant enregistrera les hauteurs de h.

Le débit étant proportionnel à $\sqrt{h}$, si l'on veut inscrire sur le diagramme directement les débits en m³ par seconde, l'échelle sera logarithmique et par suite, le planimétrage exact impossible.

Dans divers appareils de ce genre, on a résolu la question mécaniquement : dans l'enregistreur de Parenty, on a employé le procédé classique d'intégration de la roulette dont la distance à l'axe du plateau est variable suivant les valeurs de h.

Dans l'enregistreur de Lea (connu en France sous le nom de Lea Recorder), le stylet inscripteur est guidé dans ses mouvements par une came qui n'est autre que la courbe des $\sqrt{h}$ enroulée sur un tambour cylindrique.

Nous avons résolu la question de façon beaucoup plus simple et, partant à l'aide d'organes essentiellement robustes et pratiques, en appliquant au flotteur de notre hydromètre le procédé d'anamorphose que nous avons imaginé pour nos volumètres enregistreurs pour fluides gazeux.

Ce procédé consiste, au lieu de flotteurs cylindriques dont le volume déplacé est proportionnel à la hauteur h, à employer des flotteurs coniques ou plus exactement paraboloïdes dont le volume déplacé est proportionnel à $\sqrt{h}$; au point de vue construction, l'instrument reste toujours un simple flotteur à amplification directe, c'est-à-dire un dispositif d'enregistrement élémentaire sans axe, ni levier, pignon ou cames, fatalement délicats, mais ses inscriptions étant proportionnelles à $\sqrt{h}$ permettent d'obtenir un diagramme à abscisses équidistantes, c'est-à-dire dont l'intégration est facile et exacte.

Nous avons appliqué notre nouvel hydromètre enregistreur à diverses applications spéciales : mesures de la venue d'eau variable dans un serrement de mine, mesure de l'eau condensée d'une turbine à vapeur pour essais de réception, etc.

Nous croyons, étant donné l'extrême simplicité du dispositif et sa sécurité de fonctionnement, qu'il était intéressant de signaler aux intéressés ce mode de jaugeage de l'eau, avec lequel en plus de la quantité totale d'eau mesurée, on peut se rendre compte de la variation du débit en fonction du temps, ce qui est un élément précieux à connaître dans beaucoup d'industries.

J. IZART.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 8 (15 avril 1913), p. 314.
(2) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 5 (avril 1909), p. 175.

Digitized by Google

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

La fabrication des pièces pour phonographes.

On peut être surpris du bon marché atteint dans la vente des phonographes. Ce résultat n'a pu être obtenu que par une production en quantités considérables. L'excellence de la construction de ces appareils n'ayant pas souffert de cette fabrication en séries, il est intéressant d'examiner les méthodes très précises qui ont été employées. Nous allons décrire la fabrication des phonographes Edison aux usines d'Orange des Etats-Unis (1).

Toutes les pièces de phonographes devant passer au contrôle le plus rigoureux au point de vue de la qualité des matières, de l'excellence du façonnage et de l'interchangeabilité, l'usinage a été l'objet des plus grands soins.

Usinage des douilles porte-rouleaux. — Les douilles légèrement coniques, en laiton, sur lesquelles sont posés les cylindres ou rouleaux en cire, qui portent l'impression des sons à émettre par le phonographe, sont presque toutes semblables pour les divers types d'appareils d'une même marque ; elles sont faites en forme de culot embouti dont le fond porte un bossage tourillon. Pour l'usinage, on place la pièce dans le montage A (fig. 1) qui est vissé dans le nez de la poupée d'un tour, de manière à ce que l'extrémité ouverte du culot tourne dans le support à lunette B. La pièce emboutie mince étant douée d'une certaine élasticité est introduite à la main et se maintient fixe par son coincement dans le montage A. Sa forme conique implique qu'elle y pénètre jusqu'à buter sur son fond, de telle sorte qu'un outil de rognage s'avançant contre un repère vient l'affleurer, ce qui porte ainsi toutes les douilles exactement à la même longueur. Le trou central C du tourillon du fond est percé avec un outil D, rigidement tenu dans l'axe du montage A, par un robuste bras E fixé solidement dans un porte-outil du chariot du tour, et un petit creux pour ergot au pourtour de l'ouverture de la douille est façonné par un autre outil F fixé dans le porte-outil G. Ensuite, les douilles terminées sont chassées du montage A par une tige que l'on enfonce dans le nez creux du tour.

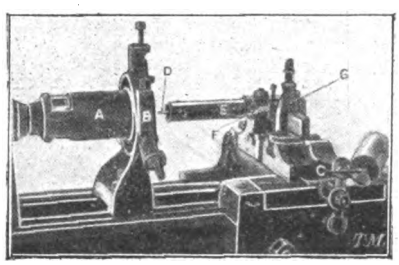


Fig. 1. — Montage pour usinage sur le tour, des douilles de phonographes.

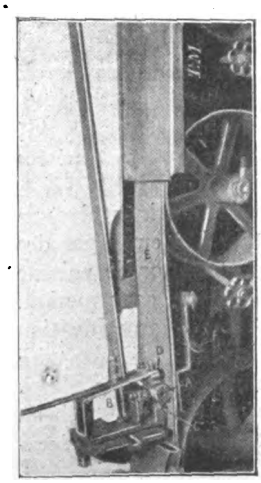


Fig. 2. — Meulage et polissage des douilles.

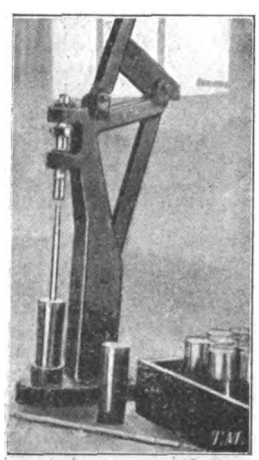


Fig. 3 — Presse à main pour la pose de l'axe des douilles.

Après d'autres petits usinages ne présentant pas grand intérêt comme procédés de fabrication, les douilles sont meulées et polies sur la machine (fig. 2) où elles sont tenues en A entre deux rouleaux B et C, par un dispositif de serrage D, qui les maintient appliquées contre une bande de toile émerisée E, appuyée contre la courroie qui s'enroule sur les deux poulies figurées et qu'un levier à main F presse contre la douille à meuler, qui tourne sur elle-même et est ainsi si rapidement lissée que l'ouvrier n'a que le temps de poser et enlever les pièces. Enfin, ces douilles sont polies sur la même machine en employant une bande de cuir imprégnée de rouge à polir, et nickelées, et ensuite entièrement terminées par un alésage qui calibre le trou du tourillon central. Pour ce dernier travail, les douilles sont présentées devant un double alésoir composé de deux de ces outils façonnés en prolongement l'un de l'autre dans une même tige d'acier. Pour bien centrer la douille, l'extérieur du mandrin du tour qui reçoit ce double alésoir est de la même forme que le creux de la pièce qu'on y emboîte exactement et sur lequel elle tourne. Le premier alésoir est conique et calibre le trou à la dimension voulue, puis le second rectifie ce trou en le mettant cylindrique. Ces douilles reçoivent alors les broches qui leur servent d'axe de rotation dans le trou dont il vient d'être parlé. La pose de ces broches se fait rigoureusement dans l'axe de la douille au moyen de la presse à main (fig. 3), où la douille est placée sur un emboîtement, tandis que la broche est guidée par un canon d'acier où s'engage sa partie supérieure. Les douilles sont ensuite tenues dans le dispositif (fig. 4), de la même façon qu'elles sont montées sur le phonographe, et, au moyen du calibre A. on contrôle sévèrement les très légères irrégularités qui feraient tourner l'ensemble de la douille et de sa broche plus ou moins excentré ; et on corrige ces défauts minimes en appuyant sur le levier B jusqu'à ce que le tout tourne convenablement sans aucun excentrage en affleurant le calibre A.

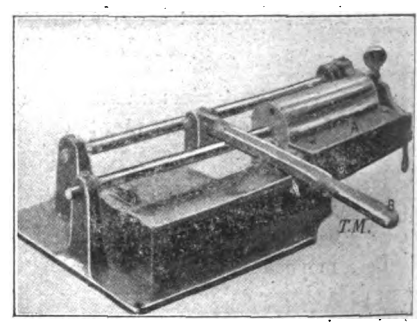


Fig. 4. — Calibrage des douilles et rectification de leur cylindrage.

Usinage des tourillons. — Les tourillons d'extrémité de ces broches, de même que tous ceux employés dans la construction des phonographes, sont tous semblables en dimensions ; leur exécution est également précise et contrôlée minutieusement. On les fait d'un acier assez dur, de très bonne qualité, qui permet au besoin le taillage des filets de vis sans qu'on soit obligé de tremper pour éviter l'usure. Les axes avec tourillons du mécanisme qui déplace le cylindre de cire devant la pointe de l'aiguille pour reproduire les sons, présentent un procédé d'usinage des plus intéressants. La partie principale de ces axes-tourillons est une douille filetée, en acier, sur laquelle on ajuste un tourillon actionné par un train d'engrenages pour donner au cylindre de cire le déplacement convenant pour une audition de deux à quatre minutes.

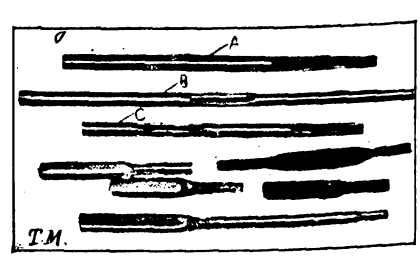


Fig. 5. — Alésoirs et calibres de vérification pour les trous des tourillons des douilles.

Ces douilles sont coupées de longueur dans une barre pleine et forées de 8 mm de diamètre sur presque toute leur longueur avec une machine automatique.

(1) *Zeitschrift für praktischen Maschinenbau*, février 1912.

Digitized by Google

Puis on calibre ce trou avec trois alésoirs montés, l'un après l'autre, dans le mandrin tournant d'un nez de tour. La figure 5 représente ces trois outils A, B et C, et au-dessous les calibres des tolérances admises en plus ou en moins pour ce travail en trois passes. Ensuite les douilles sont filetées par un taraud A (fig. 6) et épaulées par un autre outil A (fig. 7) sur une même machine qui ressemble à un tour, et sur laquelle la douille en travail B est tenue par un mandrin à trois mâchoires C, D et E qui prennent contact sur B par leur extrémité façonnée en mors quadrillé pour emprisonner B tangentiellement et non radialement comme c'est usuel; on obtient ainsi un bien meilleur serrage.

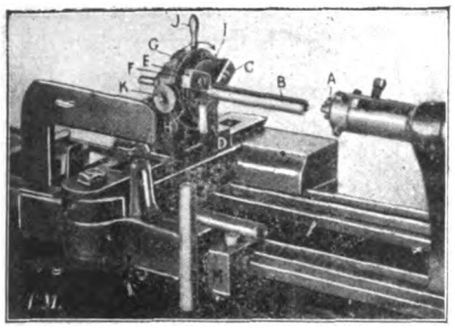


Fig. 6. — Machine à façonner les tourillons des douilles et autres pièces de phonographe.

Des goupilles F relient ces mâchoires avec un disque G de telle façon que, lorsque ce disque tourne dans le sens de la flèche, les mors s'ouvrent; trois ressorts, dont deux seulement sont visibles H et I, accélèrent ce mouvement et maintiennent ensuite le serrage selon leur orientation par rapport au point de contact des mors, lesquels, par leur action tangentielle, s'opposent à tout pivotement de la pièce que pourrait occasionner une trop brusque ou trop forte action de l'un ou l'autre des outils A. La figure, qui est une vue sur l'arrière de la machine, montre que lorsque l'ouvrier tire à lui la poignée J, le mandrin s'ouvre, et que lorsqu'il ramène vers la gauche l'ensemble du chariot qui porte le mandrin, le galet K monte sur le chemin L et ouvre les mâchoires exactement comme le ferait la poignée J.

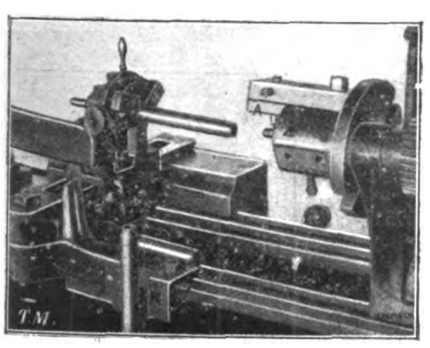


Fig. 7 — Epaulage des tourillons sur la machine fig. 6.

En employant ce dispositif, l'ouvrier n'a qu'à faire les manipulations suivantes : Reculer le chariot ce qui desserre les mors. placer une douille et la fileter, puis repousser le chariot jusqu'à ce que le galet K monte sur le chemin L pour produire à nouveau le desserrage des mors.

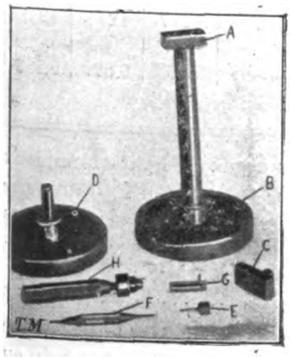


Fig. 8. — Montage, outils et calibres pour le perçage de trous de goupilles.

En seconde opération, la douille est poussée sous la lame A (fig. 7) qui l'épaule jusqu'à ce que le chariot rencontre la butée M qui limite la longueur de l'épaulement à faire. La main gauche de l'ouvrier est donc libre pour poser les pièces dans le mandrin et les retirer pendant que la droite actionne la poignée J ou le déplacement du chariot.

Ces douilles portent aussi en bout deux petits trous pour goupilles que l'on fore sur une perceuse de type ordinaire en employant le montage que représente la figure 8, et qui comprend une pièce à deux guides pour forets A figurée aussi en C, et un support de pose B, montré aussi en D; la douille étant posée entre A et B, son forage engagé dans le goujon de D et l'extrémité épaulée coiffée de C.

Lorsqu'on a ainsi percé un trou, la goupille à tête E y est engagée, le second trou se perce alors avec l'autre guide-foret exactement repéré par rapport au premier trou. Le calibre F sert à vérifier le diamètre de ces deux trous. G est un calibre de profondeur et H un outil qui inscrit, lorsqu'on frappe un marteau sur sa queue à pans, des numéros de repérage pour désigner le tr u qui doit recevoir une goupille semblablement marquée.

Après ces opérations, les douilles sont alésées dans leur plus grande partie forée, sur une machine qui ne présente d'autre particularité que l'emploi d'un mandrin porte-pièce du type représenté figures 6 et 7. Puis on repousse une gorge circulaire sur le bout épaulé, en montant les pièces sur le tour figure 9 dont le chariot reçoit une molette A à bourrelet qui façonne la gorge laquelle est vérifiée en position par rapport à l'extrémité de la douille et en profondeur au moyen des calibres B et C.

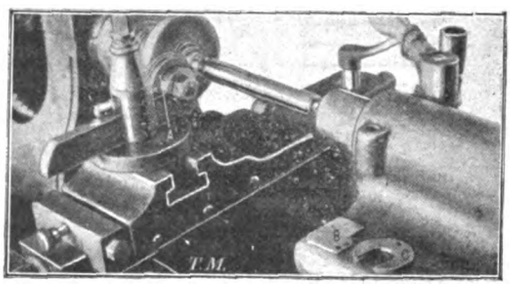


Fig. 9. — Façonnage d'un bourrelet par moletage sur un tour.

Un filetage sur l'autre extrémité se fait sur des tours Sloan et Chace au moyen de peignes qui comptent 100 filets par 25 mm de longueur.

Après taillage, les filets sont rectifiés et polis en tournant par vissage dans une demi-filière d'acier trempé.

Ces divers exemples de façonnages et vérifications témoignent des soins apportés pour obtenir des pièces très précises, rigoureusement interchangeables et, malgré cela, d'un bas prix de fabrication.

E. Gay.

MACHINES THERMIQUES

Chaudières à gaz d'échappement.

M. Léon Greiner (1) a publié les résultats obtenus par l'utilisation des gaz d'échappement des moteurs, dans le chauffage des chaudières à vapeur.

Les gaz d'échappement d'un moteur sortent vers 400 à 500° et contiennent 40 % des calories fournies au moteur. L'eau de refroidissement en emporte 30 %, mais, étant données les grandes quantités d'eau utilisées, la température de sortie de cette eau n'est que de 40°, et ne se prête pas à une transmission utile de chaleur.

L'idée d'utiliser la chaleur des gaz d'échappement n'est pas nouvelle. Il y a une dizaine d'années, on produisait ainsi la vapeur sans pression nécessaire au fonctionnement des gazogènes et, particulièrement, dans le cas des installations à récupération de sous-produits faites en Angleterre et à Madrid par Duff et Mond, afin d'avoir un haut rendement en sulfate d'ammoniaque.

La Société Cockerill construisit dès 1909 une chaudière d'essai placée sur l'échappement d'un moteur à gaz de hauts fourneaux de 1 250 chevaux électriques, de la Station centrale d'électricité des usines Cockerill à Seraing. Un jeu de papillons (fig. 1) permettait de réaliser quatre combinaisons différentes, offrant au gaz des parcours plus ou moins longs et des sections de pas-

(1) *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, avril 1913.

Digitized by Google

sage variables. L'entrée des gaz se faisait par la tubulure A ; on avait les combinaisons suivantes :

1° B_1, fermé, B_2 et C ouverts : Le gaz traverse tous les tubes en parallèle ;

2° B_2 et C fermés, B_1 ouvert : Le parcours est doublé, la section est moitié moindre.

3° B_1 et C fermés, B_2 ouvert : La surface de chauffe est réduite de moitié.

4° B_1 et C ouverts, B_2 fermé : La chaudière est mise hors circuit.

Cette chaudière fonctionna sous S atmosphères d'une façon ininterrompue pendant 2 ans. Une visite après 15 mois de service, ne révéla aucun indice de corrosion, ni aucune trace de fuite ou de suintement.

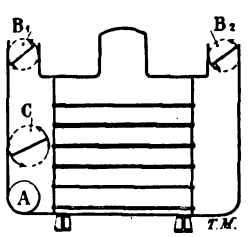


Fig. 1. — Coupe schématique d'une chaudière montrant la disposition des papillons.

La chaudière doit être installée le plus près possible des moteurs à gaz. Une bonne tuyauterie bien isolée permet de faire arriver les gaz à 450° à l'entrée de la chaudière. Sans calorifuge, la température tombe à 350° et le rendement de la chaudière baisse de plus de moitié, car on perd les degrés qui ont le plus d'influence sur la vaporisation. La tuyauterie doit être munie de joints de dilatation et de silencieux, qui remplacent l'eau que l'on injecte dans les produits de la combustion pour les refroidir et diminuer ainsi le bruit et la température de la tuyauterie.

La chaudière ne nécessite pas de chauffeur. Elle est alimentée sous le contrôle d'un régulateur automatique de niveau d'eau : l'appareil Hannemann.

Un seul homme peut surveiller une douzaine de chaudières.

Les résultats obtenus ont permis de créer d'autres types de chaudière à rendement plus élevé.

Il faut que le parcours des gaz soit le plus long possible.

Dans le dispositif I de la fig. 2, les tubes sont d'une longueur inusitée, la chaudière est encombrante ; dans le dispositif II, à retour des gaz, la chaudière est plus courte, mais la section est double. Dans le dispositif III, qui a été adopté, la chaudière est munie d'un réchauffeur séparé. Elle est moins encombrante, mais un peu plus coûteuse. La dilatation est plus uniforme que dans la chaudière à retour de gaz. La température des gaz tombe à 250°, à la sortie de la chaudière proprement dite. En dessous de cette température, la transmission de chaleur se fait mal au mélange d'eau et de vapeur, tandis que dans le réchauffeur séparé, le gaz se trouve en présence de l'eau seule. La disposition verticale du réchauffeur permet, à l'eau, grâce au contre courant produit, d'atteindre presque la température des gaz à leur sortie de l'appareil.

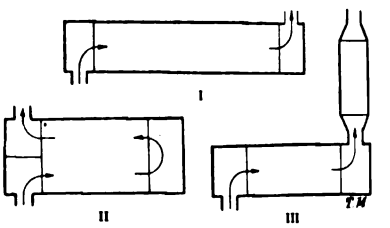


Fig. 3. — Dispositifs divers de chaudières.

Les boues se déposent dans le réchauffeur. Pour le nettoyage, il suffit d'alimenter momentanément la chaudière sans passer par le réchauffeur.

Les gaz de hauts-fourneaux et de fours à coke, contenant du soufre en quantité variable, il peut se former à la condensation de l'acide sulfurique qui détruit rapidement les tubes ; si ce phénomène se produit, il est limité au réchauffeur, et les frais de remplacement sont moins élevés.

Le tableau suivant donne les résultats d'essais de 4 chaudières à surface de chauffe différentes avec réchauffeurs, timbrées à 8 atmosphères.

Tableau I. — Résultat des essais de vaporisation.

	Chaudière N° 8		Chaudière N° 6 A			Chaudière N° 6 B						Chaudière N° 6 C			
Pression moyenne de la vapeur ..... atm.	5,18	5,59	8	7,95	7,8	8	8	8,03	8,06	8,075	8,10	8,03	7,82	8,00	7,68
Températures moyennes :															
du gaz à l'entrée de la chaudière.....	452°	452°	435°	440°	447°	446°66	432°	431°5	432°	446°6	447°3	449°5	434°	451°6	450°
du gaz à la sortie de la chaudière.....	242°	243°	231°	233°3	235°	241°25	244°3	244°2	252°1	250°	251°3	237°7	231°	243°3	244°
du gaz à la sortie du réchauffeur	173°	176°5	162°	162°	164°1	176°	174°3	172°	180°	181°25	181°	158°6	163°	161°6	178°
de l'eau d'alimentation.....	8°9	8°5	10°1	9°7	11°	8°15	8°6	8°15	8°	7°7	8°7	10°6	10°	10°	10°5
de l'eau d'alimentation après le réchauffeur	157°	160°9	—	—	—	—	—	170°1	172°3	170°7	170°8	164°	169°	168°	169°
Vaporisation par heure, kg.	1039	1061	1108	1120	1139	1126	1213	1181	1197	1182	1177	1070	1051	1065	1086
Puissance développée par le moteur :															
en kilowatts.....	892	873	944	943	952	883	869	873	870	902	869	914	895	893	905
en chevaux électriques.....	1213	1187	1284	1283	1295	1201	1182	1187	1183	1227	1182	1243	1217	1214	1231
Production de vapeur par cheval électrique-heure.....	0,856	0,893	0,862	0,873	0,879	0,937	1,026	0,994	1,011	0,963	0,995	0,860	0,863	0,877	0,882
Production moyenne.....	0,875			0,871					0,987					0,870	

Elles sont appliquées à des moteurs à gaz de hauts fourneaux comprenant deux cylindres en tandem, tournant à 100 tours par minute. La puissance produite a été déterminée en surfaçant les diagrammes de voltage et d'intensité, enregistrés par des appareils parfaitement étalonnés.

On peut admettre une consommation moyenne de 0 kg 875 de vapeur sous 8 atmosphères par cheval électrique, développé par le moteur à gaz. Il serait préférable d'élever le timbre à 10 ou 12 atmosphères, surtout pour alimenter des turbines. La chaleur totale à fournir à l'eau pour 8, 10 ou 12 atmosphères est respectivement de 660, 662 et 664° et la température 174°, 183° et 190°.

Grâce au réchauffeur, il est probable que la production de vapeur ne serait pas beaucoup moins élevée.

Une turbine de 1000 kws consomme 6k— de vapeur saturée par chev. élect. à 12 at.
— — — 6k25 — — — — — 10 —
— — — 6k50 — — — — — 8 —

y compris l'énergie absorbée par les appareils de condensation.

Digitized by Google

La puissance récupérée augmenterait donc probablement de 8 %, en élevant le timbre de la chaudière à 12 atmosphères.

Quoiqu'il en soit, nous calculerons l'importance du travail récupéré, d'après les résultats réellement obtenus, c'est-à-dire en supposant que la turbine est alimentée avec de la vapeur saturée à 8 atmosphères.

La production étant de 0,875 kg de vapeur par cheval électrique et la turbine consommant 6,5 kg, le travail utile fourni par cette turbine est de :

$$\frac{0,875}{6,5} = 0,135 \text{ cheval électrique.}$$

Lorsque le moteur à gaz développe 100 ch, la turbine fournit donc 13,5 HP, ce qui permet de dire que le travail disponible, sans dépense de gaz, est augmenté de 13,5 % par l'application des chaudières à gaz d'échappement.

Surchauffe. — La température des gaz d'échappement des moteurs n'est pas assez élevée pour qu'il soit possible de l'utiliser pour surchauffer la vapeur.

Or, on sait que la surchauffe s'applique spécialement bien aux turbines et qu'elle conduit à une économie de vapeur très importante. Il faut donc se demander s'il y a avantage à compléter les installations de chaudières à gaz d'échappement par un surchauffeur indépendant alimenté par du gaz frais.

Une turbine de 1000 kw, à vapeur saturée, à la pression de 8 atm., consomme 6,5 kg par cheval électrique ou 5,65 kg seulement, lorsque la vapeur est surchauffée à 300° à la turbine, c'est-à-dire à 350° au surchauffeur.

L'économie par cheval est de 0,85 kg et cette vapeur économisée permet à la turbine de développer :

$$\frac{0,85}{5,65} = 0,15 \text{ cheval électrique, soit 15 \% en plus.}$$

Mais, d'autre part, la surchauffe absorbe une certaine quantité de gaz frais, que nous allons calculer : la vapeur saturée totale à 8 kg possède une température de 174°38 et sa chaleur totale est de 659,69 calories. Il faut élever la température de :

$$350 - 174,38 = 175°62.$$

Le chaleur spécifique moyenne correspondant à la pression et à la température étant de 0,52, la quantité de chaleur nécessaire est de :

$$175,62 \times 0,52 = 91,3 \text{ calories.}$$

Soit pour 5,65 kg de vapeur :

$$5,65 \times 91,3 = 516 \text{ calories.}$$

Le surchauffeur ayant un rendement de 75 %, la surchauffe exige finalement :

$$\frac{516 \times 100}{75} = 690 \text{ calories.}$$

Il en résulte donc qu'il faut fournir 690 calories au surchauffeur pour augmenter la puissance disponible de la turbine de 0,15 cheval électrique.

Voyons si ces 690 calories, que l'on doit demander à du gaz frais, ne seraient pas mieux utilisées dans un moteur à gaz : celui-ci consommant 2 500 calories par cheval électrique pourrait produire :

$$\frac{690}{2\,500} = 0,275 \text{ cheval électrique.}$$

auxquels il convient d'ajouter les 13 % récupérés par les chaudières, ce qui porte la puissance à 0,31 cheval électrique.

On voit donc qu'il n'est pas avantageux d'appliquer la surchauffe aux installations de chaudières à gaz d'échappement, puisque le gaz frais qui serait nécessaire pour faire produire à la turbine 0,15 chevaux, permettrait à un moteur à gaz de développer 0,31 chevaux.

Rendement des chaudières a gaz d'échappement. — La température du gaz étant en moyenne, d'après le tableau, de 440° à l'entrée de la chaudière et de 175° à la sortie du réchauffeur, la chute est de :

$$440 - 175 = 265°.$$

La perte par rayonnement étant faible, par suite de la construction compacte et de la faible température du gaz peut être estimée à 4 %, les gaz cèdent donc, pour $\frac{265 \times 96}{100} = 255°$

$$\frac{255}{440} = 58 \text{ \% de leur chaleur,}$$

c'est le rendement de la chaudière.

Bilan thermique de la combustion du gaz de hauts fourneaux dans un moteur, avec utilisation de la chaleur du gaz d'échappement. — Les gros moteurs à gaz consomment respectivement 2 100, 2 300 et 2 500 calories par cheval indiqué, cheval effectif et cheval électrique.

Leur rendement indiqué..... $= \frac{630}{2\,100} = 30$ %

Leur rendement effectif..... $= \frac{630}{2\,300} = 27,5$ »

Leur rendement effectif électrique..... $= \frac{630}{2\,500} = 25$ »

Il en résulte que 70 % de la chaleur ne sont pas transformés en travail et se perdent dans l'eau de refroidissement et dans l'échappement.

La chaudière à gaz d'échappement donne un moyen de fixer l'importance relative de chacune de ces deux pertes :

Elle produit 0 kg, 875 de vapeur contenant 660 calories, par heure et par cheval électrique. Son rendement est de 58 %. Le gaz d'échappement contient donc par heure et par cheval électrique :

$$\frac{660 \times 0,875 \times 100}{58} = 995,7 \text{ calories.}$$

Or, par cheval électrique, on fournit au moteur 2 500 calories, le gaz d'échappement qui traverse la chaudière contient donc :

$$\frac{995,7}{2\,500} = 40 \text{ \% des calories.}$$

Il faut ajouter 5 % pour tenir compte de la perte par rayonnement dans la tuyauterie calorifugée qui réunit le moteur à la chaudière.

La perte réelle par l'échappement est donc de 42 %. Le rendement thermique indiqué étant de 30 %, l'eau de refroidissement entraîne 28 % de calories.

Si nous poussons plus loin la recherche de l'utilisation de la chaleur, nous constatons que si 40 % de la chaleur passent à travers le faisceau tubulaire de la chaudière, 23 % seulement sont cédés à l'eau, puisque cette chaudière a un rendement de 58 %.

Finalement, pour traduire ce gain en travail utile, il nous faut tenir compte du rendement thermique effectif électrique de la turbine qui est de 14 %, de sorte que le travail effectif réellement récupéré est de 3,25 %.

Le rendement en travail effectif électrique de l'ensemble moteur à gaz et turbine est, par conséquent, de 28,5 % au lieu de 25 %, il a donc augmenté de :

$$\frac{3,25}{25} = 13 \text{ \% environ.}$$

Prix d'installation. — Prenons le cas d'une station centrale d'électricité comprenant quatre moteurs à gaz de hauts fourneaux de 2 500 chevaux, soit d'une puissance totale de 10 000 chevaux.

Digitized by Google

TABLEAU II. — BILAN THERMIQUE.

Travail de frottement, moteur et dynamo	5,—	30	Rendement thermique indiqué d'un moteur à gaz.		
Travail effectif du moteur	25,—				
Travail effectif de la turbine	3,25	28,25	Travail utile total en chevaux électriques	$\frac{3,25}{25}$ = 13 %	augmentation, puissance utile.
Perte en chaleur et frottement dans la turbine	19,75	23	Chaleur récupérée en vapeur	$\frac{3,25}{23}$ = 14 %	rendement therm. effect. de la turbine.
		40	Chaleur cédée à la chaudière	$\frac{23}{40}$ = 58 %	rendement chaudière.
Rayonnement de la chaudière	1,—	42	Perte de chaleur par l'échappement	$\frac{23}{42}$ = 55 %	récupération de chal. de l'échappement.
Perte à la cheminée	16,—	70	Perte de chaleur totale	$\frac{23}{70}$ = 33 %	récupération de chal. perdue totale.
Rayonnement des tuyauteries	2,—				
Perte de chaleur dans l'eau de refroidissement du moteur	28,—				

Les frais d'installation peuvent se détailler comme suit :

4 moteurs à gaz de 2 500 ch. avec dynamos	1 250 000 fr.
Bâtiment fondations, tableau, pont-roulant	400 000 fr.
Tuyauteries, pompes, compresseurs, etc	250 000 fr.
Total	1 900 000 fr.
Soit par cheval électrique (1)	190 fr.

L'utilisation de la chaleur des gaz d'échappement nécessite une dépense supplémentaire qu'on peut détailler comme suit :

4 chaudières pour moteur de 2 500 chevaux	70 000 fr.
Alimentation et tuyauterie	20 000 fr.
1 turbo-dynamo de 1 350 chevaux ou 1000 kw	90 000 fr.
Fondations, bâtiment, etc	50 000 fr.
Total	230 000 fr.
Soit par kw 230 *fr ou par cheval électrique*	170 fr.

Première conclusion. — L'installation des chaudières à gaz d'échappement et d'une turbine ne coûte pas plus cher par unité de puissance que celle d'un moteur à gaz.

FRAIS D'EXPLOITATION. — Les chaudières alimentées par le gaz d'échappement des quatre moteurs à gaz de 2500 chevaux fourniront par heure un poids maximum de

$$10\,000 \times 0,875 = 8750 \text{ kg de vapeur.}$$

Si nous admettons que le coefficient d'utilisation de la centrale est de 70 %, ce qui est assez normal pour une usine métallurgique, la production annuelle de vapeur sera de :

$$\frac{8750 \times 8760 \times 70}{100} = 53\,655 \text{ tonnes}$$

Quelle quantité de charbon faudrait-il brûler pour obtenir la même production de vapeur ?

Un kilogramme de charbon à 7 000 calories, brûlant dans une chaudière ayant 70 % de rendement, fournit 4900 calories.

Or, la vaporisation de 1 kg de vapeur saturée à 8 atm. exige 660 calories ; il en résulte qu'un kg de charbon vaporise :

$$\frac{4900}{660} = 7,4 \text{ kg d'eau.}$$

(1) Il n'est pas tenu compte des unités de réserve.

Pour produire 53 655 tonnes de vapeur, il faudrait donc brûler :

$$\frac{53\,655}{7,4} = 7240 \text{ tonnes de charbon.}$$

Si l'on estime à 18 fr le prix d'une tonne de charbon de chaudières, la valeur correspondante de la vapeur produite annuellement par les chaudières à gaz d'échappement est de :

$$7240 \times 18 = 130\,320 \text{ fr.}$$

L'installation complète des chaudières et turbine ayant coûté 230 000 fr., on peut dire qu'elle est payée en une année et trois-quarts, grâce à l'économie de combustible qu'elle permet de réaliser.

L'installation proprement dite des chaudières, qui revient à 90 000 francs, est même amortie au bout de 8 mois.

Les frais d'exploitation des chaudières à gaz d'échappement sont bien inférieurs à ceux des autres chaudières : leur entretien est minime et la surveillance est considérablement réduite par l'application de l'alimentation automatique.

Estimons :

les frais de personnel et de réparations à	12 000 fr.
l'amortiss. et l'intérêt à 13 % de 230 000 fr. =	29 900 fr.
La dépense annuelle est de	41 900 fr.

La turbine produira par an :

$$\frac{1350 \times 8760 \times 70}{100} = 8.278.200 \text{ chevaux-heure électriques.}$$

Le prix de revient du cheval heure électrique est de :

$$\frac{4\,190\,000}{8\,278\,200} = 0,506 \text{ cm}$$

et le prix de revient du kilowatt = 0,688 cm

Or, la station centrale de 10 000 chevaux produira annuellement :

$$\frac{10\,000 \times 8760 \times 70}{100} = 61\,320\,000 \text{ chev.-heure électriques}$$

ou 45 088 200 kws

Le prix de revient d'exploitation peut être fixé par kilowatt à (1) 0,640 cm.

(1) Moyenne de dix années d'exploitation d'une centrale à gaz de hauts-fourneaux de 10 000 chevaux.

Digitized by Google

L'amortissement et l'intérêt représentent 13 % de 1 900 000 fr. ou par kilowatt :

$$\frac{13 \times 1\,900\,000}{100 \times 45\,088\,200} = \ldots \quad 0{,}544 \text{ cm.}$$

Soit au total..... 1,184 cm.

On voit que le prix de revient du kilowatt fourni par la turbine est inférieur à celui fourni par les moteurs.

Mais, pour établir une comparaison exacte, il faut ajouter au prix de revient du kilowatt produit la valeur du gaz. Celle-ci, calculée d'après son pouvoir calorifique comparé à celui du charbon, est d'environ de 1,1 cm par kilowatt-heure.

Deuxième conclusion. — Le prix de revient du kilowatt-heure de la Centrale à gaz est de : 1,1 + 1,184 ..... 2 284 cm

tandis que celui des kilowatts fournis par une turbine alimentée par la vapeur des chaudières à gaz d'échappement n'atteint que..... 0,688 cm

la différence est de ..... 1,596 cm

et comme la turbine produit annuellement 8 278 200 chevaux-heure électriques ou 6 090 000 kw, l'économie se chiffre par 6 090 000 × 1,596 97 200 fr.

Nous avons vu plus haut que traduite en charbon, l'utilisation de la chaleur du gaz d'échappement représentait un gain annuel de 130,320 fr. En tenant compte des frais d'exploitation de l'amortissement et de l'intérêt du capital engagé, l'économie nette annuelle est encore de 97 200 fr.

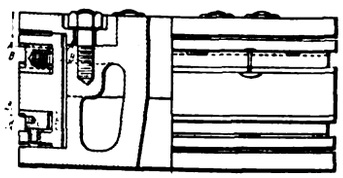
On voit clairement que cette application s'impose dans les usines qui possèdent des moteurs à gaz.

J. B.

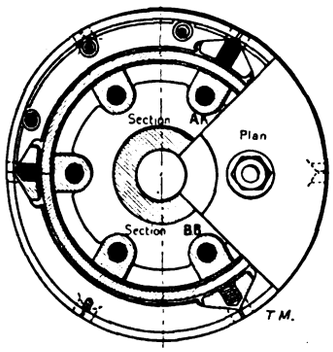
MECANIQUE INDUSTRIELLE

Segments de pistons équilibrés.

Les cercles de pistons Allen sont, comme on le sait, divisés en plusieurs segments circulaires qui sont poussés à leurs extrémités par des coins spéciaux, formant joints entre les deux portions adjacentes du cercle. Ils sont parfaitement étanches sur tout le pourtour du piston et la pression est égale partout. La maison Allen et Simmonds Ltd, de Reading, vient d'améliorer ces segments (1).



(*Demi-coupe.*)



(*Elévation latérale.*)

Fig. 1. — Piston avec segments système Allen, compensé.

La vapeur peut s'introduire derrière les segments des cercles ordinaires. La pression de cette vapeur, venant appliquer fortement les segments contre la paroi du cylindre, il se produit alors une usure anormale des deux parties frottantes.

Sur les fig. 1 et 2 qui représentent le cercle modifié, nous voyons que les segments ont une section telle que la vapeur peut encore s'introduire derrière chaque segment, mais ici c'est à dessein, et la pression s'exerce sur une surface de hauteur *b*.

Sur le pourtour, la portion *a* est en contact avec le cylindre, tandis que la portion *d* reçoit aussi la pression de la vapeur. La pression sur le cylindre est donc réduite et proportionnelle à *b-d* ou *a*.

(1) *Engineer*, 16 mai 1913.

D'autre part, sur la surface de largeur *c* du segment, la vapeur agit et applique le segment contre le flanc supérieur de son logement et détermine un frottement venant empêcher le segment de se déplacer trop librement contre la paroi du cylindre. L'usure est ainsi fortement diminuée.

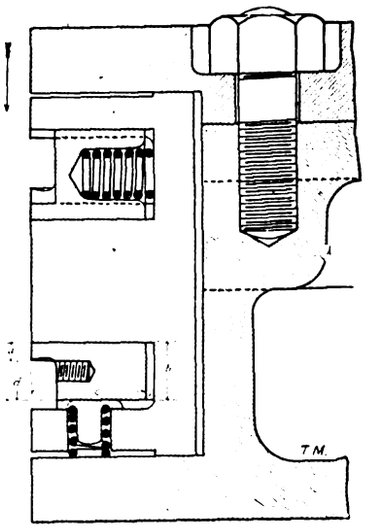


Fig. 2. — Coupe agrandie du bord du piston.

Des ressorts appliquent les segments contre le flanc supérieur de façon qu'il y ait toujours contact à l'arrêt. S'il se produit une usure, le profil du segment est tel que la hauteur *a* diminue et le rapport de la pression contre le flanc, à la pression contre la paroi du cylindre, augmente et rétablit ainsi automatiquement l'équilibre.

Les constructeurs sont arrivés à déterminer exactement le rapport des deux surfaces l'une de hauteur *a* et l'autre de largeur *c*, par des calculs et une longue série d'expériences, pour obtenir un équilibre satisfaisant entre ces deux actions.

Des ressorts appliquent les segments contre le flanc supérieur de façon qu'il y ait toujours contact à l'arrêt. S'il se produit une usure, le profil du segment est tel, que la hauteur *a* diminue et le rapport de la pression contre le flanc, à la pression contre la paroi du cylindre, augmente et rétablit ainsi automatiquement l'équilibre.

La figure 3 montre une coupe d'un cylindre de locomotive. Le piston, embouti, est muni de segments ordinaires Ramsbotton de 22mm,2 de largeur, et 14mm,3 de hauteur.

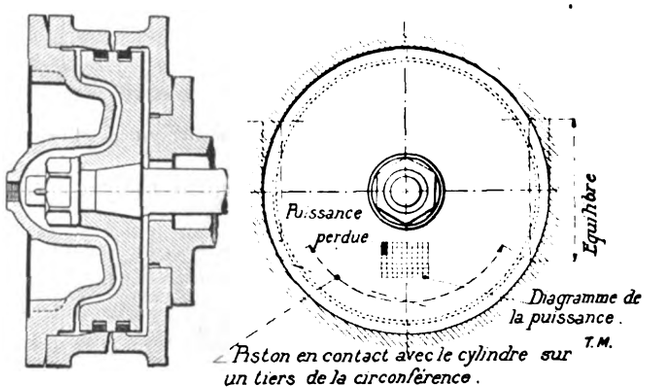


Fig. 3. — Piston de locomotive muni de segments ordinaires.

Le diamètre du cylindre est de 47 cm. La circonférence intérieure des segments est donc de :

$$3{,}14\ (47\text{-}2\ .\ 1{,}43) = 138\ \text{cm}^2.$$

Et la surface interne de chaque segment :

$$138{,}5\ .\ 2{,}22 = 308\ \text{cm}^2\ 5.$$

Nous supposons une pression moyenne effective de 7 kgs 04 par cm² et une contrepression moyenne de 1 kg 4. La pression totale due à la vapeur agissant sur la paroi du cylindre est :

$$308\ (7{,}04 + 1{,}40) = 2\,600 \text{ environ.}$$

D'après les cotes de la fig. 4, les constructeurs calculent que si les segments étaient étanches et admettant qu'il n'y a pas de vapeur entre eux, la charge verticale sur les 280 cm² de surface portante (le tiers de la circonférence sur la largeur 2,06 + 2,06 1,58 = 5,70,

$$\text{soit : } \frac{3{,}14.47}{3}\ 5{,}70 = 280$$

est de 785 kgs.

Digitized by Google

Ce nombre est déterminé en considérant la pression de la vapeur sur les bandes de largeur 2 cm 06 en dehors des segments et sur une longueur basée sur la corde qui soutient un tiers de la circonférence

$$\frac{47 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot 2{,}06\,(7{,}04 + 1{,}40) = 708 \text{ kgs}$$

et en ajoutant le poids du piston : 77 kgs ce qui nous donne 785 kgs.

Puis ils déterminent la perte de puissance ; la puissance totale fournie pour une vitesse de 5 m par seconde pour une pression moyenne effective de 5 kgs 6 par cm² est de 650 chevaux. Les pertes, dues aux causes énumérées, ressortent à 31 ch 3 ou 4, 8 %.

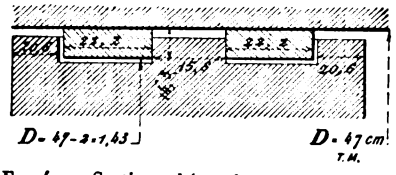


Fig. 4. — Section schématique de la surface latérale d'un piston.

La figure 5 donne le résultat du même type de cylindre de locomotive ; les pistons étant munis de cercles équilibrés Allen. La poussée est due uniquement aux ressorts radiaux, la pression à considérer n'est alors que de 0 kg 21 par cm². La largeur du segment étant aussi plus faible que celles des segments ordinaires, la surface en contact n'est que 164 cm²5, ce qui donne

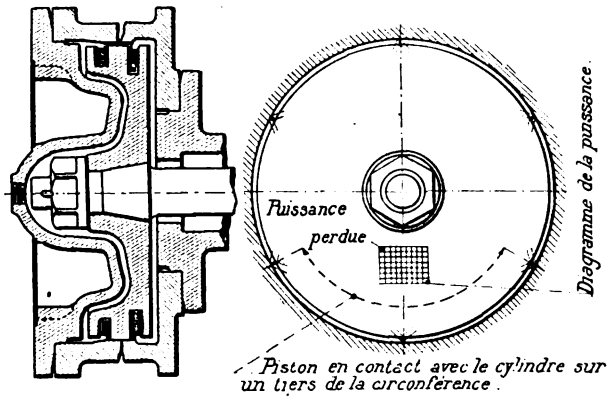


Fig. 5. — Piston de locomotive muni de segments système Allen.

en multipliant par 0 kg 21, la charge de 34 kgs 5 au lieu de 2 600 kgs.

Comme les extrémités des pistons en dehors des segments ont un diamètre moindre, il suffit de tenir compte du poids du piston qui est de 77 kgs agissant sur une surface de 156 cm². La perte de puissance due à ces deux causes est de 1 ch 25 ou de 0,173 %.

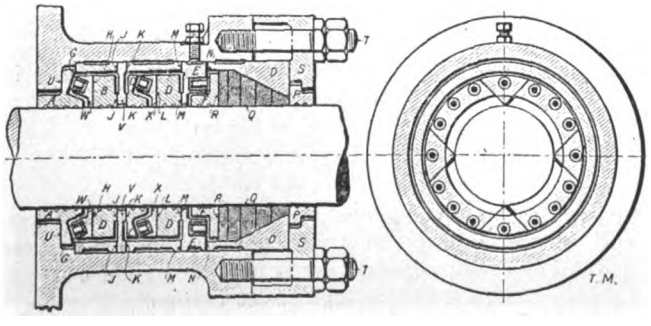


Fig. 6. — Segments système Allen pour presse-étoupe.

Les parties en noir des diagrammes annexés indiquent les pertes ; chaque carré correspondant à 10 chevaux permet ainsi de les comparer dans les deux cas.

Le cercle peut n'avoir qu'une seule coupure et les ressorts de poussée peuvent être disposés diagonalement. Ces ressorts sont plus rapprochés les uns des autres près de la coupure. La fig. 6 représente un presse-étoupe graissé par un lubréfiant à composition solide. Ici, les cercles sont divisés en quatre segments. Les faces latérales des segments sont ajustés avec soin afin d'empêcher tout passage de vapeur entre deux cercles. La vapeur ne peut pas passer par la surface latérale U et ne peut pénétrer que par la surface de la tige. Mais elle est ensuite arrêtée par le cercle Allen, la garniture Q est maintenue entre deux cercles P et R.

Pour un piston de pompe, les segments sont divisés en trois parties et sur le pourtour se trouve de l'ébonite maintenue dans des sections en bronze. Les pointes des coins sont aussi munies d'ébonite. Ce piston convient très bien pour les liquides chauds et l'on connaît les difficultés que l'on rencontre dans ce cas avec de l'ébonite. Mais ici ce corps est en plusieurs sections, maintenu dans une partie métallique et la pression est égale sur tout le pourtour.

J. B.

METALLURGIE

La trempe dans les liquides chauds.

On sait que les aciers peuvent exister à deux états : l'*état stable à chaud*, stable au-dessus de 700° environ, pour la généralité des aciers ; à cet état l'acier est formé d'austénite ou phase γ ; L'*état stable à froid*, stable au-dessous de 700° pour la généralité des aciers ; à cet état, l'acier est formé de ferrite ou phase α et de cémentite.

Le passage de l'un à l'autre état constitue la transformation.

Toutes les fois que par suite de retards dans l'établissement de l'équilibre, un acier primitivement chauffé à une haute température, subit sa transformation au refroidissement au-dessous du rouge; cet acier est dur et a les propriétés considérées comme caractéristiques des aciers trempés.

Certains aciers chrôme-tungstène, assez riches en chrôme et en tungstène (aciers à outils rapides), ou certains aciers chrôme nickel, assez carburés et chrômés, présentent cette propriété de pouvoir subir leur transformation au refroidissement soit vers 650 à 700°, si le refroidissement est très lent, soit vers 200° si le refroidissement est plus rapide, mais ils ne peuvent subir cette transformation, ou ne la peuvent subir qu'extrêmement lentement dans une région de température comprise entre 600° et 200° environ.

C'est cette particularité qui est intéressante à considérer quand on étudie la trempe dans les liquides chauds.

L'action des liquides de trempe est d'augmenter la vitesse de refroidissement des aciers primitivement chauffés à haute température et conséquemment d'abaisser leur température de transformation au refroidissement.

De cet abaissement de la température de transformation au refroidissement résulte le durcissement des aciers trempés.

Comme en général la température de transformation au refroidissement est très supérieure à celle des liquides de trempe, l'action de tous ces liquides est qualitativement la même, et le choix d'un liquide de trempe constitue le réglage quantitatif nécessaire à toute mise au point.

Cependant, avec les aciers dont nous venons de parler, pour lesquels il existe une région de température dans laquelle aucune transformation ne se produit, la trempe dans les liquides chauds se produit suivant un mécanisme un peu spécial.

Si un acier présentant cette particularité est chauffé à température de trempe convenable, puis est plongé dans un liquide dont la température est de 200° à 400° environ, cet acier est ramené rapidement dans une région de température où la transformation ne peut se produire; il reste donc à l'état stable à chaud, non magnétique (ce qu'on peut vérifier avec un aimant).

Le refroidissement continuant lentement soit à l'air soit dans le liquide de trempe, la transformation se produit dans toute

Digitized by Google

l'épaisseur du métal qui est à peu près en équilibre de température dans toute sa masse.

On peut suivre qualitativement le phénomène avec un aimant. Cette trempe comporte donc deux phases ; la première phase de refroidissement rapide du métal au-dessous du rouge pendant laquelle aucune transformation ne se produit, la deuxième phase de refroidissement lent jusqu'à la température ordinaire.

Dans cette deuxième phase, la transformation se produit à température relativement basse, d'où durcissement ; de plus cette transformation avec changement de volume se produit lentement dans toute la masse d'un métal à peu près en équilibre de température ; les risques de tapures, de déformation et de tensions internes sont donc réduits au minimum.

La température du bain de trempe peut varier dans de grandes limites (400° à 200° et même 100° pour certains aciers), sans que l'énergie de la trempe varie beaucoup. On peut employer les bains de sels (azotates alcalins), d'alliages fondus, d'huile ou d'eau bouillante.

Une fois les pièces en équilibre de température avec le bain, on peut les sortir à l'air, ou mieux les laisser refroidir dans le bain; dans ce cas, on peut les sortir vers 60°, température à laquelle la transformation est à peu près achevée.

La trempe dans les liquides chauds (plomb fondu, huile chaude, bains de sels) est employée depuis longtemps et constitue une trempe d'énergie intermédiaire entre la trempe à l'air et la trempe à l'huile ; elle est employée notamment pour les aciers à outils rapides, nous avons cru intéressant de montrer l'action spéciale d'une telle trempe sur certains aciers.

Ce mode de trempe nous semble devoir être généralisé pour le traitement des aciers à outils rapides ; il assure le durcissement plus sûrement que la trempe à l'air quand les pièces sont un peu épaisses, et donne autant de garantie au point de vue tapures et déformations ; il nous semble également présenter un intérêt pour le traitement de pièces de moyenne grosseur en acier chrôme nickel dur, notamment pour les engrenages d'automobiles.

L. Grenet,
Ingénieur aux Aciéries de Firminy.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

La combustion sans flamme.

La Technique Moderne a déjà entretenu ses lecteurs du procédé de combustion sans flamme, qui a fait l'objet d'études et d'applications diverses par le professeur Bone de Leeds (1). Rappelons-en brièvement le principe : on fait passer un mélange de gaz combustible et d'air à travers une paroi poreuse (fig. 1) dans la proportion voulue pour obtenir la combustion complète. Dès que l'on obtient une certaine température, la combustion a lieu sur la surface avec une certaine vitesse, fortement accélérée par le contact de cette surface, et il se produit une forte radiation de chaleur sans flamme par la surface incandescente.

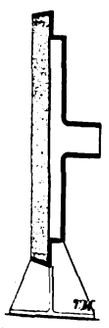


Fig. 1. — Combustion sans flamme dans une paroi poreuse.

Si l'on considère un mélange de gaz et d'air, la proportion du gaz étant d'abord faible, si on l'allume, il n'y a pas explosion. En augmentant la quantité de gaz, on arrive à obtenir une petite explosion. En continuant, l'explosion se produit, de plus en plus violente, jusqu'au moment où le mélange correspond à celui de la combustion complète. Donc, à chaque composition du mélange, correspond une vitesse de combustion, c'est-à-dire que si dans un long tube contenant l'air et le gaz, on produit l'inflammation à l'un des bouts, la flamme traverse le tube à une vitesse qui dépend du titre du mélange. Ces vitesses, pour différents gaz, ont été déterminées par plusieurs expérimentateurs et notamment par M. Le Chatelier. Le graphique (fig. 2) donne la marche du phénomène.

La vitesse de combustion joue un rôle important dans ce procédé. Dans le passage à travers le diaphragme, le mélange possède la vitesse de combustion maximum, car ses constituants sont dans la proportion telle que la combustion est complète. Cette vitesse est encore accrue par le contact avec la surface incandescente.

La combustion est alors si rapide que la flamme ne peut se former.

On peut se demander pourquoi la combustion est limitée à la surface de sortie et si elle ne va pas s'étendre à l'intérieur et graduellement arriver à la surface d'entrée des gaz. Dans le tube considéré plus haut, la vitesse de la combustion diminue si sa section diminue. Si le tube devient capillaire, la combustion ne se produit plus à l'intérieur, et cela est dû à l'action refroidissante de la paroi qui présente alors une surface considérable.

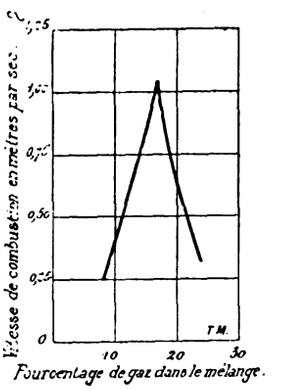


Fig. 2. — Vitesse de combustion des gaz.

L'arrière du diaphragme est maintenu froid par l'arrivée continuelle du mélange tandis que l'avant devient incandescent.

La porosité de la paroi étant connue et égale à environ 40 % de son volume, on peut calculer la vitesse de passage du mélange gazeux. Il passe par heure environ 2 litres 3 de gaz par cm² et en ajoutant les 12 litres d'air, nous aurons 14 litres 3 de mélange par cm². La vitesse linéraire sera donc voisine de 0 m, 10 par seconde, ce qui est environ le 1/13 de la vitesse de combustion déterminée par M. Le Chatelier. Le fait que le point de combustion ne rétrograde pas, doit donc être attribué à l'effet de refroidissement des pores de la cloison et non à la vitesse propre des gaz. Même si on réduit cette vitesse (en diminuant les arrivées de combustible et d'air), la combustion ne se propage pas vers l'intérieur. Le seul moyen d'obtenir ce résultat consiste, au contraire, à augmenter le débit des gaz de façon à intensifier la combustion ; par conductibilité l'intérieur s'échauffe et le phénomène se propage graduellement vers l'arrière.

Tant que la température ne dépasse pas 850° C, cette régression n'est pas possible. Le fait qu'elle se produit si l'on dépasse cette température, rend le procédé par le diaphragme inutilisable lorsqu'il est nécessaire d'avoir une plus haute température. Il convient très bien dans le cas de chauffage des habitations et ateliers, le séchage, par exemple pour les gros moules de fonderie qu'on ne peut déplacer pour les faire sécher dans des fours.

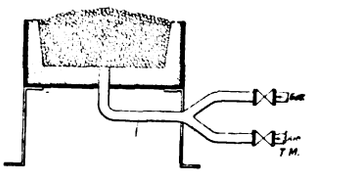


Fig. 3. — Foyer pour la combustion sans flamme.

Les gaz combustibles de toutes provenances peuvent être employés tant que le pouvoir calorifique est suffisant pour porter au rouge la surface du diaphragme. Même le gaz de hauts fourneaux peut s'employer, mais dans ce cas, il faut disposer l'appareil de façon à garder une partie de la chaleur dégagée pour chauffer la surface du diaphragme.

Lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une température supérieure à 850°, il faut employer un autre procédé. Le mélange gazeux, constitué comme dans le cas du diaphragme, est brûlé sur la surface déterminée par un assemblage de fragments réfractaires. La combustion devant être limitée à l'espace occupé par ces éléments, il est nécessaire que la vitesse du gaz soit supérieure à la vitesse de combustion. Dans ces conditions, la combustion a lieu dans le mélange en contact avec les granules. Celles-ci sont portées à très haute température et accélèrent le phénomène.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 709, et *Electrician*, 2 mai 1913.

Digitized by Google

L'appareil le plus simple consiste en un récipient en argile contenant les fragments réfractaires (fig. 3). Deux conduites servent à l'arrivée d'air et de gaz, chacune munie d'une valve. Dans cet appareil, le gaz le plus pauvre peut brûler, même sans excès d'air.

Si l'on considère l'intensité calorifique, définie par le quotient du pouvoir calorifique du mélange par la chaleur spécifique des gaz brûlés, nous obtenons les valeurs suivantes :

Gaz de hauts fourneaux	1000° C.
Gaz de gazogène (Mond)	1500° C.
Gaz de four à coke, ou gaz de ville	1900 à 2000° C.
Gaz à l'eau	1900 à 2000° C.

Ces températures sont obtenues sans chauffage préalable de l'air. La récupération de la chaleur conduirait à de hautes températures que l'on emploie quelquefois.

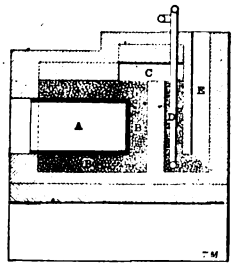


Fig. 4. — Four à moufle pour émaillage.

On peut montrer par la fig. 3 comment se passe le phénomène. On fait d'abord arriver le gaz combustible et on l'allume sur la surface du lit de fragments. Le gaz brûle avec la flamme jaune habituelle (en supposant du gaz de ville). Puis l'air est admis graduellement, jusqu'à ce que la flamme ressemble à celle d'un bec de Bunsen Dès que la quantité d'air atteint une certaine valeur, la combustion se produit à la base de la couche, très près de l'entrée du mélange gazeux. Les granules sont rapidement portées au rouge et la température croît jusqu'à ce que la couche entière soit incandescente. La combustion se produit alors à la surface des granules, sans aucune addition de l'air extérieur.

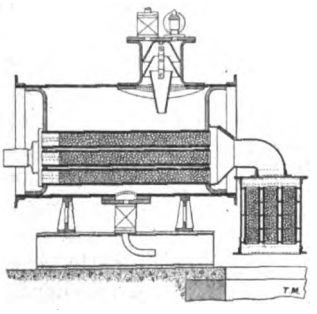


Fig. 5. — Coupe d'une chaudière avec son réchauffeur.

Pour la fusion des métaux qui se liquéfient à température relativement basse comme le plomb, l'étain et l'aluminium, etc., on peut employer des tubes en fer contenant des granules, ces tubes étant disposés au milieu du bain.

La fig. 4 montre en section un four à moufle pour l'émaillage. L'air est préalablement rechauffé par passage dans le tube D et est admis à la base de la couche réfractaire. Ce tube D est placé au milieu de granules disposées dans le carneau E de sortie des gaz brûlés. La transmission de la chaleur est ainsi meilleure par le contact direct des granules avec la paroi du tube.

L'application la plus importante, est celle faite aux générateurs de vapeur, dont la réalisation a déjà été indiquée dans une étude précédente.

La fig. 5 montre la disposition de la chaudière. Le tambour cylindrique a $0^m,608$ de diamètre et $0^m,912$ de longueur intérieure. Il est traversé par 10 tubes de $0^m,075$ de diamètre. Chacun est rempli de fragments (fig. 6). A l'une des extrémités, ils sont fermés par un bouchon en argile réfractaire muni d'une ouverture centrale, pour le passage du mélange gazeux. Les fragments ont environ $0^m,025$ de diamètre. La combustion commence tout près de l'ouverture et est terminée à environ $0^m,10$ de cet orifice.

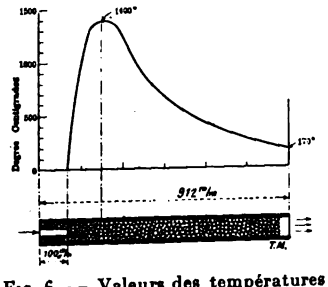


Fig. 6. — Valeurs des températures le long du tube.

Cependant, le tube est complètement rempli, car les fragments en excès jouent un double rôle. Non seulement ils accélèrent la combustion, sur la zone du début où elle se produit, mais ils augmentent aussi la transmission de chaleur. Et cette transmission se fait pour trois raisons différentes. D'abord, les granules deviennent incandescentes jusque vers le milieu du tube et radient la chaleur à la paroi. Puis, chaque morceau agit comme une chicane et dévie incessamment les molécules gazeuses. Il les projette vers la surface du tube, ce qui rend très facile la transmission de la chaleur. Ainsi aucune partie du gaz n'échappe au contact de la paroi. Enfin les fragments étant en contact direct avec le tube aident un peu au passage de la chaleur par conductibilité. La fig. 6 montre les variations de la température le long du tube. Les gaz arrivent par 2 conduites munies chacune d'une valve servant au réglage. Une faible partie du mélange est envoyée dans un petit tube de contrôle constitué comme chacun des tubes précédents. Son observation permet d'obtenir une combustion parfaite sans flamme. Il suffit de la réaliser dans ce tube témoin pour être assuré qu'elle l'est aussi dans les tubes de chauffage. Si l'on observe une flamme, c'est que la quantité d'air doit être augmentée, car une partie du gaz emprunte l'air extérieur. Dans la chaudière dont l'ensemble est représenté fig. 7, on a ainsi évaporé 98 kgs d'eau à 100° C par mètre carré de surface de chauffe et par heure. On peut même atteindre 147 kgs à l'heure. Le déplacement du mélange gazeux à la vitesse voulue, s'obtient par ventilateur aspirant. La dépression atteint 37 cm 5 d'eau dans la chaudière considérée.

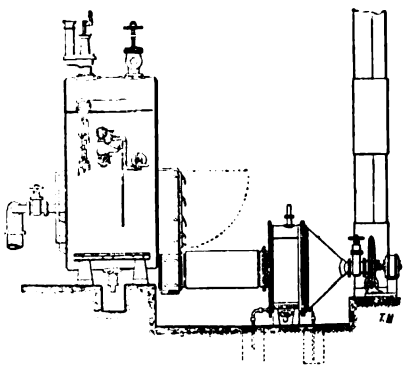


Fig. 7. — Vue d'ensemble de la chaudière à combustion sans flamme.

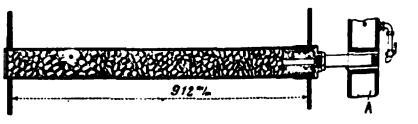


Fig. 8. — Détail d'un tube de chauffage.

Le gaz provenant de fours à coke possède, à l'entrée des tubes, la pression qu'il a dans les conduites générales, et l'air est pris à la pression atmosphérique. Le gaz arrive dans une boîte A (fig. 8), puis par un petit conduit muni d'un robinet, se présente devant l'orifice du tube. Par suite de l'aspiration, le gaz entre directement dans ce tube. La quantité d'air admis dépend du régime du ventilateur. On règle ensuite le gaz en conséquence. En se plaçant dans l'axe de chaque tube, on voit l'aspect de la combustion.

Pour mettre en marche, on actionne le ventilateur, les robinets de gaz sont ouverts un à un et le gaz allumé. Lorsque les granules sont incandescentes, on ferme pendant un instant les robinets puis on les rouvre aussitôt. La flamme qui avait disparu ne reparaît plus.

On peut faire fonctionner autant de tubes que l'on veut et régler ainsi la production de vapeur suivant la charge. Les tubes inutilisés sont bouchés par des plaques pour empêcher l'air d'y circuler.

L'eau d'alimentation est réchauffée en faisant passer les gaz brûlés dans des tubes remplis de granules, ces tubes étant disposés dans le passage de l'eau d'alimentation. La transmission de chaleur est de 7500c par m^2 de surface de chauffe et par heure dans ce récupérateur. Dans les autres types d'économiseur, la transmission n'est que de 1600c par heure et m^2 de surface de chauffe. La transmission est donc près de 5 fois meilleure malgré que les gaz quittent la chaudière à près de 250°. Des essais ont indiqué un rendement de 92,5 %. J. B.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

ÉLECTRICITÉ

Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon. — Les expériences ont porté sur six tubes de diamètres différents : $5^{mm},2$; $6^{mm},8$; $9^{mm},6$; 15 mm ; 25 mm ; 45 mm ; aussi cylindriques que possible. Les électrodes cylindriques en cuivre étaient d'une surface telle que la densité du courant y soit toujours inférieure à 0 amp, 2 par décimètre carré. La distance entre électrodes était de 5 m. Avec des tubes aussi larges, la chute aux électrodes est faible comparée à celle dans le tube et, en retranchant 350 volts de la différence de potentiel totale on peut estimer que le reste représente assez exactement la chute de potentiel le long de la colonne lumineuse.

La pression dans ces six tubes était de 2 mm de mercure à froid.

Les mesures s'effectuaient en faisant passer le courant alternatif (50 périodes : s) successivement dans chaque tube et notant simultanément l'intensité à l'aide d'un ampèremètre thermique et la différence de potentiel aux bornes avec un électromètre.

Si l'on désigne par x le diamètre du tube en mm, et par y la chute de potentiel en volts par mètre de tube, les expériences ont montré que l'on peut écrire assez exactement :

$$y = \frac{4\,800}{x}$$

ce qui est l'équation d'une hyperbole équilatère.

(Note de M. *Georges Claude*, Académie des Sciences, 1er septembre 1913.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Nouvel appareil d'allumage et d'extinction des becs à distance. — Cet appareil (fig. 1 et 2) vissé sur le tube d'arrivée de gaz au brûleur, est constitué par une boîte 1 percée d'une ouverture à la partie inférieure. Un tube 2 arrive à l'intérieur presque en haut. Le couvercle 3 également percé, est muni d'un tube 7 concentrique entourant le tube 2 et descendant à 2 ou 3 mm du bas. Un chapeau 4 recouvre le tube 2. Un passage 5 muni d'un robinet à trois voies, permet de faire arriver dans la chambre 6 ou l'air ou le gaz. Du mercure se trouve dans la boîte, de façon à obturer le passage du gaz. En faisant arriver l'air en 6, et le gaz par le milieu, il se produit une dénivellation et le gaz sort par le bec (fig. 1). Pour fermer, on met en communication la chambre 6 avec le gaz, le niveau du mercure s'égalise et le conduit est fermé (fig. 2). Une veilleuse permet l'allumage.

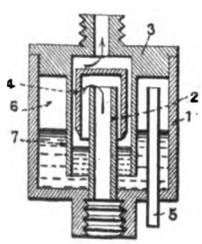


Fig. 1.

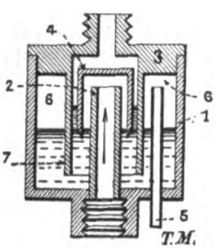


Fig. 2.

(Communication de M. *J. Aublant*, 40e Congrès de la Société Technique du Gaz, 17-20 juin 1913.)

MACHINES THERMIQUES

L'entraînement des cendres de chaudières par l'eau et leur enlevage mécanique. — La manutention des cendres de chaudières est un travail pénible et désagréable, surtout dans es mines qui emploient leurs combustib es inférieurs ; c'est pourquoi, à Decazeville, on a appliqué aux chaudières de la centrale électrique, un procédé permettant l'entraînement mécanique des cendres par l'eau et leur enlevage par noria.

Le groupe auquel on a app iqué ce mode de transport comprend dix chaudières Babcok et Vilcox de 210 à 234 m² de chauffe ; six sont chargées à la main ; les quatre autres sont munies de grilles mécaniques.

Les combustibles employés sont des barrés et des schlamms les premiers ont une teneur de 28 à 32 % de cendres et es seconds 34 % de cendres et 20 % d'eau ; ces derniers ne sont pas employé aux chaudières à grilles mécaniques.

La quantité de charbon brûlé par vingt-quatre heures est d'environ 70 tonnes, ce qui représente 28 tonnes de cendres à transporter.

L'installation consiste en l'établissement, sous le groupe des chaudières, d'un couloir incliné de 5 cm environ par mètre et aboutissant à une fosse où s'accumulent les cendres entraînées par l'eau. Dans cette fosse puisent deux norias ; l'une relève les cendres au niveau voulu pour être chargées dans des wagonnets ; l'autre, puisant à la partie supérieure, reprend l'eau ayant servi à l'entraînement et, par une canalisation spéciale, a conduit à l'extrémité du couloir incliné.

Les deux chaînes à godets sont commandées par un moteur électrique de sept à huit chevaux qui n'est mis en marche qu'au moment du dégrillage ; mais actuellement, en raison du nombre toujours croissant de chaudières, ces appareils marchent les deux tiers du temps.

Les conditions de marche à Decazeville sont les suivantes :

Noria des cendres.

Capacité des godets	8 litres.
Nombre de godets par minute	22
Débit par minute	176 litres.
Hauteur verticale rachetée	16 mètres environ.

Noria à eau.

Capacité des godets	16 litres.
Nombre de godets par minute	60
Débit théorique par minute	960 litres.
Débit net approximatif par minute	600 litres.
Hauteur verticale rachetée	3 mètres environ.

Les cendres se tassent facilement dans la fosse ; il faut placer la noria dans le remous de la noria à cendres.

On a essayé sans succès une pompe centrifuge dragueuse, elle s'encombrait d'escarbi les et ne débitait plus ; il n'y a que la chaîne à godets qui ait bien fonctionné.

Lorsqu'on procède au dégrillage surtout aux grilles mécaniques, il se forme dans le couloir un amas de cendres et de mâchefers qui arrête parfois 'eau, mais cette dernière s'accumulant derrière ce barrage, la pression augmente et l'eau arrive à se frayer un passage qui s'agrandit rapidement.

Il se forme parfois des mâchefers assez volumineux ; néanmoins, le courant d'eau est suffisant dans presque tous es cas pour les entraîner; un coup de ringard suffit à réduire leurs dimens ons et à les rendre transportables.

La dépense en électricité est peu élevée ; elle représente 2 fr 50 à 3 fr par 24 heures, en admettant un prix de 0 fr 05 pour le kilowatt-heure.

Cette installation, appliquée à des gri les mécaniques alimentées elles-mêmes par une noria roulante donne aux manutentions di verses le minimum d'importance et permet une économie appréciable sans avoir occasionné à Decazeville, où elle fonctionne depuis quatre ou cinq ans, des difficu tés anormales.

(Communication de M. *Jardel*, Société de l'Industrie minérale, District du Sud-ouest, 2 février 1913.)

Les ressources mondiales en carburants légers extraits des pétroles, leur développement. Les moyens de les accroître. — M. Guiselin explique en quelques mots, au moyen de graphiques, que la production universelle est fonction surtout de la production des Etats-Unis d'Amérique et de la Russie.

Avant 1900, la production de la Russie dépassait celle des Etats-Unis; mais à la suite de troubles intérieurs et d'une diminution importante de la production des anciens terrains de Bakou, elle s'est laissée rapidement dépasser par celle des Etats-Unis, qui tend, elle-même, depuis deux ans, à croître beaucoup moins rapidement.

Aux Etats-Unis, les champs d'exploitation se sont déplacés et c'est maintenant la Californie qui fournit les plus grandes quantités d'un pétrole brut malheureusement exempt d'essence.

La production dans les autres pays s'accroît lentement ; on compte beaucoup sur celles de régions d'avenir, comme le Mexique et le Pérou.

Au moyen de données statistiques et de renseignements officiels qui lui ont été fournis, M. Guiselin a pu reconstituer la marche des ressources mondiales en essence, de densité 0,725, c'est-à-dire le total des quantités que l'on pourrait retirer chaque année des pétroles bruts extraits.

Digitized by Google

La courbe de ces ressources théoriques précisément monte très lentement, elle atteindrait environ trois millions de tonnes, tandis que la courbe des consommations des trois plus grands pays importateurs : l'Angleterre, l'Allemagne et la France s'élève rapidement. Pendant ces deux dernières années, cette consommation s'est accrue de 30 % environ ; elle est maintenant d'environ un million de tonnes. En présence de cette rupture d'équilibre entre les ressources de la production et les besoins de la consommation, il n'est pas étonnant de voir le cours des essences s'accroître avec une rapidité qui rend la situation fort angoissante.

A cette cause, doit s'ajouter celle du manque de fret, qui tendra bientôt à se régulariser dès que les navires-tanks en construction seront mis en service. On compte actuellement 90 navires en construction qui pourront transporter environ 650 000 tonnes métriques, soit plus de la moitié de la consommation française. La flotte actuelle est capable de transporter 1 575 000 tonnes métriques.

La plupart de ces navires seront mus au moyen de moteurs à huiles lourdes ou bien brûleront du combustible liquide. On pourrait craindre que cette cause de consommation n'influence encore plus le prix des dérivés du pétrole, mais M. Guiselin l'estime incapable d'action nuisible.

Pour réfuter une opinion qui s'est créée, ces temps derniers, dans les milieux automobilistes, M. Guiselin montre, par des graphiques, que les prix *sans taxes* des essences et des pétroles à Londres, Hambourg et Paris ont été à peu près les mêmes au cours de ces dernières années et que les variations ont suivi à peu près la même marche dans ces trois villes.

A ce sujet, M. Guiselin montre la nécessité de réformer notre tarif douanier, qui empêche les importations de certaines matières brutes contenant de l'essence, parce que tous les bruts sont taxés indifféremment du même droit prohibitif de 10 fr 25 les 100 kg au tarif minimum.

M. Guiselin annonce que la Commission Nationale Française du Pétrole a remis, le 2 juillet courant, à M. le Ministre des Finances, une demande de détaxe pour les huiles lourdes destinées aux moteurs à combustion lente (Diesel). Il insiste sur l'importance *économique* considérable que pourrait avoir cette détaxe sur le marché des carburants légers, en aidant le moteur à explosion par le moteur à combustion.

Pour remédier à la pénurie d'essence, quatre moyens sont à notre disposition :

1° Perfectionner sur les lieux de production les moyens de magasinage un peu trop rudimentaires qui existent et éviter les pertes de produits volatils ;

2° Donner plus d'extension aux raffineries sur les lieux d'exploitation ou de consommation en aidant cette industrie et en supprimant les tarifs de douane prohibitifs comme ceux de France ;

3° Développer les moyens de transport ;

4° Consacrer à l'industrie de l'exploitation des pétroles les capitaux nécessaires à la recherche de nouveaux champs de production.

Revenant sur l'étude de la situation des carburants en France, M. Guiselin montre que la consommation s'est accrue, pendant ces deux dernières années, de 30 %, malgré les importations de plus en plus fortes de benzol ; importations qui se sont élevées en 1911, 1912 et 1913, à plus d'un million d'hectolitres.

Cette aide donnée par le benzol aux produits dérivés du pétrole pourra-t-elle s'accroître et contre-balancer la pénurie d'essence ?

Enfin, il reste encore d'autres moyens pour combattre cette situation. C'est d'abord de trouver le moteur idéal qui pourrait brûler indistinctement l'essence, les résidus ou les pétroles bruts ; ou bien de transformer en produits volatils les résidus lourds par des traitements convenables. M. Guiselin croit que ces deux solutions sont possibles, tout au moins la seconde.

(Communication de M. *A. Guiselin*, Société des Ingénieurs civils, 4 juillet 1913.)

MÉTALLURGIE

Utilisation de l'oxygène dans la pratique des hauts-fourneaux. — La Compagnie Ougrée-Marihaye s'est occupée de cette question. L'oxygène était produit par la distillation fractionnée de l'air liquide obtenu par le procédé Claude.

La production était de 600 m³ d'oxygène par heure avec une dépense de 1 cheval par m³ d'oxygène. Une nouvelle installation portera la production horaire à 1 000 m³ avec une dépense de 2/3 de cheval par m³ de gaz.

On étudiera l'action décarburante exercée sur la masse en fusion par de l'air de plus en plus riche en oxygène. On se propose même d'étudier l'action de l'oxygène pur.

De la sorte, on espère pouvoir réaliser une économie de combustible et obtenir avec une plus grande rapidité de travail des produits plus purs. L'utilisation ndustr elle de l'azote couvrira les frais de liquéfaction de l'air.

(Communication de M. *Gustave Trasenster*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

La distillation du goudron dans la pratique métallurgique. — Beaucoup de métallurgistes fabriquent le coke qui leur est nécessaire et utilisent les produits provenant de la distillation de la houille. En dehors des gaz qui peuvent être employés soit pour le chauffage, soit pour actionner des moteurs, se trouve le goudron, qui peut, par sa distillation, donner des huiles utilisées pour le chauffage et le brai servant à faire des agglomérés. Cette question offre une certaine importance industrielle, car si un métallurgiste fait son coke dans la proportion de 1 tonne par tonne de fer brut il obtiendra pour cette quantité, 45 kgs de goudron valant environ 2 fr. On admettait qu'une usine à goudron pouvant traiter 6 000 t coûtait 150 000 fr environ d'installation. Le procédé Cava actuellement utilisé aux usines de Bonne-Fortune à Montegnée (Liège) permet de traiter 6 000 tonnes dans une usine ne coûtant que 60 000 fr.

Une distillerie Cava pour le traitement annuel de 6000 tonnes couvre une surface de 6 m × 6m,50 et a une hauteur de 7 m. Les avantages du procédé Cava sont la continuité et la rapidité d'élimination des huiles légères. Par suite de l'oxydation due à l'air ozoné, la proportion de produits bitumineux est accrue ainsi que les propriétés agglomérantes du brai, ce qui en rend l'utilisation industrielle plus facile.

(Communication de M. *Gevers-Orban*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Les alliages d'aluminium et de zinc. — Les alliages d'aluminium et de zinc ont été récemment l'objet de recherches complètes au Laboratoire National de physique de Teddington (Angleterre) par les soins de l'auteur, en collaboration avec M. S. L. Archbutt. Les résultats de ces recherches ont été publiés dans le dixième rapport du Comité d'étude des alliages de l'Institut des Ingénieurs mécaniciens.

Le diagramme (fig. 1) indique la constitution des alliages aluminium-zinc en toutes proportions et à toutes les températures inférieures à 700°. La période liquide est indiquée par la ligne ABCD. La période

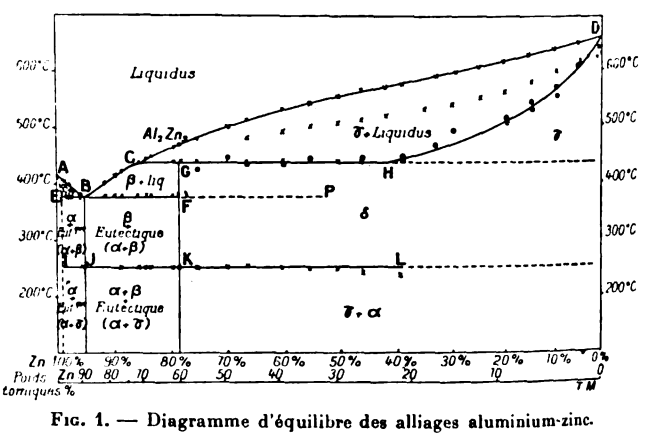


FIG. 1. — Diagramme d'équilibre des alliages aluminium-zinc.

solide est représentée par les lignes AE, BF, GHE. Les auteurs ont montré que l'existence de l'eutectique à la droite du point F (environ 78 % de zinc) est instable, et que cet eutectique disparaît entièrement si la réaction suivant la ligne GH a pu s'accomplir entièrement, soit par un refroidissement suffisamment lent, soit par un recuit à environ 400° centigrades. Suivant cette ligne, il se forme une combinaison ayant probablement la formule $Al^2 Zn^3$.

La caractéristique frappante de ce composé d'aluminium et de zinc est la forme à six branches de ses cristaux dendritiques (fig. 2) ; elle diffère radicalement, sous ce rapport, de la plupart des autres composés métalliques. A la droite de la ligne GFK, il n'y a pas de résidu liquide après la formation du composé, mais, d'un autre côté, on pourrait espérer trouver un résidu de la solution solide (appelé γ dans le diagramme) formant une structure *duplex* avec le composé dans la région GKLH. Le microscope, cependant, montre que les alliages dans cette région sont complètement homogènes, en sorte que le composé et la solution solide γ forment évidemment une série discontinue de solutions solides.

Digitized by Google

Les auteurs ont montré ensuite que le composé formé suivant la ligne CGH, à la température de 443° se décompose avec un fort dégagement de chaleur à 256° suivant la ligne IJKL. Dans les alliages à droite de la ligne G F K, le changement de la microstructure dû à cette modification est très frappant.

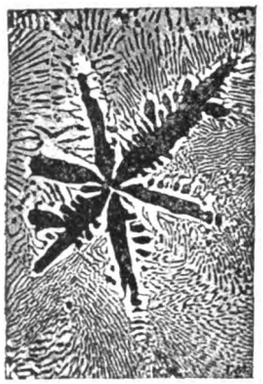


Fig. 2. — Cristal d'un composé zinc-aluminium ($Al^2 Zn^3$).

Essais de traction. — Les résultats des essais de résistance à la traction des pièces coulées en sable sont représentés graphiquement dans la fig. 3.

Ces courbes montrent l'augmentation graduelle de la charge de rupture avec l'addition de zinc jusqu'à ce qu'un premier maximum soit atteint dans l'alliage à 50 °/₀ : il y a alors une légère chute jusqu'à 65 °/₀ et un second maximum plus clairement défini à 75 °/₀. Ce dernier maximum est particulièrement intéressant par rapport au diagramme d'équilibre, car il coïncide approximativement avec le composé $Al^2 Zn^3$ (78, 37 °/₀ de zinc).

Quoique dans les alliages coulés en sable la vitesse de refroidissement soit trop rapide pour permettre la formation complète de cette substance, sa présence, et particulièrement la présence du produit de décomposition *duplex* dont il a été question plus haut, est sans doute la cause du relèvement de la courbe de la charge de rupture et aussi de la courbe de limite élastique. A l'autre bout de la série, il est intéressant de noter que les charges de rupture des alliages augmentent avec la concentration de zinc dans la solution solide γ, mais que cette augmentation cesse aux environs de 40 °/₀ de zinc, correspondant approximativement au point H du diagramme d'équilibre.

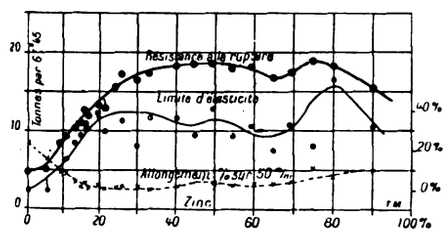


Fig. 3. — Diagramme des essais à la traction sur moulages en sable.

Les résultats des essais de traction sur les alliages aluminium-zinc coulés en moules métalliques sont représentés graphiquement figure 4. Dans ce cas, nous avons un maximum de résistance à la rupture à 30 °/₀ de zinc, cet alliage atteignant une résistance de 23 kg 350 par millimètre carré, chiffre remarquablement élevé pour un alliage de densité relativement faible. La résistance à la rupture diminue jusqu'à 40 °/₀ de zinc et augmente ensuite jusqu'à un second maximum à 50 °/₀, où la résistance dépasse 33 kilos par millimètre carré. On peut voir que ce maximum correspond à celui de la courbe de la figure 3 relative aux moulages en sable, mais il n'est pas aussi marqué. Finalement, il y a un troisième maximum à 31 kg 50 par millimètre carré correspondant à l'alliage à 75 °/₀ ; un maximum correspondant est trouvé dans les moulages en sable.

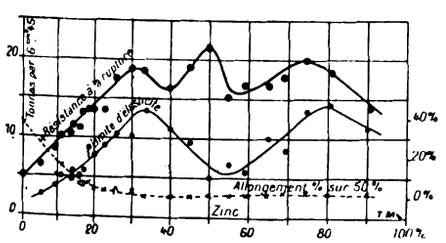


Fig. 4. — Diagramme des essais à la traction sur moulages en coquille.

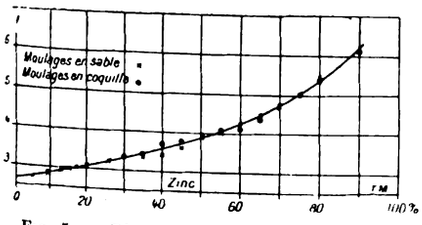


Fig. 5. — Diagramme des poids spécifiques des alliages fondus.

Les chiffres des limites élastiques sont encore mal définis et on ne peut pas attacher une grande importance à la courbe qui les représente. On peut voir, néanmoins, qu'elle suit la courbe de la charge de rupture en ce qui concerne le premier et le dernier maximum ; mais il est curieux de remarquer que le maximum de la charge de rupture à 50 °/₀ n'a pas de répercussion dans les limites élastiques et même qu'il y a des effets contraires.

Le principal intérêt des résultats des essais à la traction réside dans le fait qu'ils se rapportent à des alliages de densité relativement faibles. En comparant les résultats des essais à la traction avec les poids spécifiques des alliages (fig. 5), on peut arriver à une constante qui présente un intérêt parce qu'elle est la mesure de la valeur pratique de l'alliage en se plaçant exclusivement au point de vue du poids et de la résistance à la traction. Si nous prenons la résistance à la rupture comme définissant la force, nous pourrons définir la *ténacité spécifique* d'une matière comme le poids en kilogrammes qui provoquerait la rupture d'une barre d'une section transversale telle que chaque centimètre de longueur pèserait un kilogramme ; la ténacité spécifique ainsi définie peut être obtenue en divisant la charge de rupture par le poids spécifique. Dans ces conditions les moulages en sable atteignent leur ténacité spécifique maximum avec une teneur en zinc de 25 °/₀ (fig. 6), la valeur de la constante étant de 14,44. Pour permettre la comparaison, les ténacités spécifiques des alliages légers d'aluminium-cuivre, ainsi que d'aluminium avec cuivre et manganèse, ont été aussi calculées et le meilleur chiffre pour un moulage en sable est un alliage à 3 °/₀ de cuivre et 1 °/₀ de manganèse avec une ténacité spécifique de 8,72.

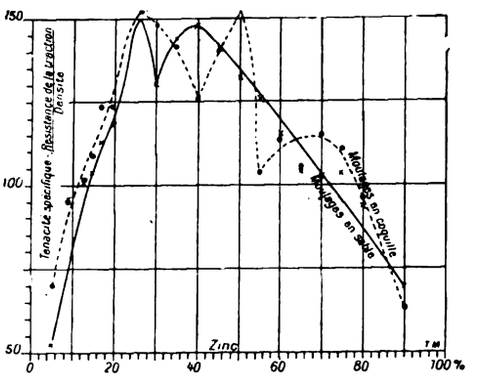


Fig. 6. — Diagramme de la ténacité spécifique des moulages en sable et en coquille.

La valeur la plus haute atteinte par les moulages en coquilles est 14,63, cette valeur étant obtenue en divisant la résistance à la rupture de 27 kg 88 par millimètre carré par le poids spécifique de 3,208.

La comparaison, avec les alliages aluminium-cuivre et aluminium-cuivre-manganèse, mentionnés ci-dessus, montre la supériorité des alliages étudiés, la plus haute valeur atteinte par les premiers alliages étant de 12,1.

Une comparaison des courbes en traits pointillés et en traits pleins de la fig. 6 montre de suite qu'il n'y a pas de différence importante entre les ténacités spécifiques des moulages en sable et en coquille. Ceci montre que dans les alliages tels qu'ils sont coulés, c'est-à-dire avant qu'ils n'aient pu subir un travail quelconque, la ténacité spécifique est simplement une fonction de la composition chimique, indépendamment de la vitesse de refroidissement ; c'est-à-dire qu'en fait, la différence de la résistance à la traction qui peut exister entre les moulages en sable et les moulages en coquille du même alliage est simplement une question de densité, la plus grande résistance du moulage en coquille étant accompagnée par une densité plus élevée correspondante et vraisemblablement par une structure plus saine.

(Communication de M. *Walter Rosenhain*, Congrès de l'Association technique de Fonderie, Paris, 25 mai-1er juin 1913.)

Les théories des alliages métalliques et leurs applications industrielles. — Les travaux et recherches sur la structure des alliages devenant très importants dans tous les pays, il devient très difficile de se tenir au courant de la question. Certains points peuvent n'être pas compris entièrement par ceux qui ne sont pas spécialistes. Aussi M. Portevin donne-t-il une idée d'ensemble sur la structure des alliages et les relations entre cette structure et leurs propriétés.

Hétérogénéité chimique. — Examinés au microscope, les alliages attaqués par les réactifs présentent une hétérogénéité de structure, de forme, de couleur, de dimensions. Ces éléments obéissent à la loi des phases, qui règle les conditions d'existence en équilibre des espèces chimiques, ou phases. Les diagrammes d'équilibre donnent, pour la pression atmosphérique par exemple, la constitution chimique en fonction de la température d'une part, et d'autre part, de la concentration. Comme conséquences, si on a un alliage de deux métaux, ou bien tous les éléments de structure ont la même composition chimique, et il n'y a qu'une phase, ou bien ils se répartissent entre deux compositions chimiques parfaitement déterminées, et il y a deux phases.

Digitized by Google

Les lignes du diagramme marquent les changements de phases. Situées dans la région où l'alliage est solide, elles s'appellent lignes de transformation.

La théorie de la trempe et du recuit des alliages découle de leur existence et leur détermination est très importante pour la pratique industrielle.

Au passage d'une ligne de transformation, toutes les propriétés physiques, chimiques et mécaniques subissent des changements rapides. Ainsi la variation brusque de la chaleur spécifique détermine une absorption de chaleur à l'échauffement et un dégagement au refoidissement : c'est la base de la méthode d'analyse thermique qui sert en première ligne à établir les diagrammes. La dilatation importante de certains aciers spéciaux, à bas points de transformation, explique leur insuccès dans leur emploi comme rivets.

Les variations à température ordinaire, selon la teneur d'un des métaux, permet d'étudier les changements de propriétés de l'alliage (variation de conductibilité du cuivre selon l'addition d'éléments divers au cuivre pur).

Alliages hors d'équilibre chimique. — Les réactions indiquées par le diagramme peuvent ne pas avoir lieu par suite de la vitesse des réactions chimiques. La structure est modifiée. C'est le rôle de la trempe et du recuit. C'est une question de vitesse et de retard de transformation.

Equilibre structural. — Les propriétés dépendent aussi de la grandeur, de la forme et de la répartition des éléments de structure. Ces facteurs dépendent des conditions de leur formation (lenteur de solidification, température de formation). Pour une transformation donnée, les éléments seront d'autant plus fins que l'on aura plus abaissé la température de transformation. Dans un alliage Sb-Cu, on a observé des variations de grosseur de 1 à 10 000 pour le composé Sb^2 Cu d'un même échantillon. La différence de coefficients de solubilité détermine des changements de grosseur et des modifications de forme. C'est le phénomène de coalescence. Il y a diffusion (à l'état solide comme à l'état liquide, à la vitesse près). Il y a là encore des modifications de propriétés.

Hétérogénéité cristalline. — Un alliage chimiquement homogène examiné au microscope présente des éléments vaguement polyédriques. Ce sont les éléments cristallins de la phase ou grains, chaque grain étant un cristal ayant son orientation propre. Tout milieu cristallin est anisotrope, les propriétés ne dépendent que de la direction (dilatation, propriétés électriques, chimiques). Les variations des propriétés mécaniques par l'apparition des slips bands sur les surfaces polies (plasticité cristalline) dépendent du clivage (grande fragilité des métaux à gros grains).

La superposition de ces deux propriétés est la cause originelle des différences entre les façons de se comporter de certains métaux, aux effets statiques et dynamiques.

Les causes agissant sur l'hétérogénéité cristalline sont multiples :

1° Conditions de solidification agissant sur la grosseur et l'orientation des grains (coulée en coquille) ;

2° Transformations à l'état solide (régénération des aciers surchauffés). Influence de la structure cristalline préexistante ;

3° Recuit qui tend à faire grossir les grains ;

4° Ecrouissage qui agit sur le grossissement des grains et la recristallisation par recuit ;

5° La trempe qui produit un écrouissage intense.

M. Portevin, pour montrer l'influence des variations de structure sur une même propriété, termine en rappelant la différence de fragilité de deux éprouvettes d'un même acier, soumises au même traitement thermique, prélevées, l'une en long, l'autre en travers du laminage ; et la différence de fragilité de deux éprouvettes d'un même acier dur chauffées à 1000° et refroidies l'une lentement, l'autre trempée à l'eau froide.

(Communication de M. *H. Portevin*, Société des Ingénieurs civils, 2 mai 1913.)

MINES

Le bourrage extérieur des coups de mines effectué en vue de lutter contre les poussières. — Depuis 1911, on applique aux mines de Campagnac et à la mine du Banel, de Decazeville, un procédé de bourrage extérieur qui consiste à déposer devant chaque coup de mine un kilogramme environ de poussières retirées des carneaux des chaudières. Ces matières, très légères sont projetées au moment de l'explosion du coup de mine et peuvent contribuer à rendre les poussières de charbon produites par le coup de mine même moins inflammables ; elles ont, en tout cas, l'avantage de schistifier le chantier et de compléter la schistification qui se fait à la main dans les chantiers dangereux.

Le dépôt des poussières stériles se fait sur le coup de mine lui-même, lorsque le chantier le permet, ou sur l'extrémité d'une planche placée contre le coup de mine et appuyée, d'autre part, soit sur le boisage, soit sur un rondin placé debout sur le sol du traçage.

On n'a jamais trouvé, au voisinage des coups de mine, de traces visibles des matières employées, même en se servant de la chaux et de quantités supérieures à 1 kg, ce qui tend à prouver que le mélange avec les poussières fines de charbon se fait assez bien.

(Communication de M. *Jardel*, Société de l'Industrie minérale, District du Sud-Ouest, 2 février 1913.)

Les gisements aurifères du département de l'Aude. — Si les exploitations aurifères en France sont toutes récentes(1), on sait qu'elles commencent à prendre une certaine ampleur et que les recherches se poursuivent avec ardeur, notamment en divers points du Plateau Central.

A cet égard, il a paru intéressant de rappeler l'existence déjà ancienne dans la Montagne-Noire, qui est, comme l'on sait, une ramification des Cévennes, de deux concessions de mines assez importantes qui tirent à peu près toute leur valeur de la présence de l'or et de l'argent dans les minerais qu'elles exploitent. Ces concessions sont celles de Salsigne et de Villanière, dans l'arrondissement de Carcassonne.

Situation. — La région où se trouvent situées ces concessions fait partie des premiers contreforts méridionaux de la Montagne-Noire et se trouve à 15 km environ au nord de Carcassonne ; elle est desservie par les tramways de l'Aude, ligne de Carcassonne à Lastours.

Le massif de la Montagne-Noire, dont le point culminant est le pic de Nore (1 210 m), s'avance suivant une direction générale 0-20° S. jusqu'aux environs de Carcassonne et de Castelnaudary. Au point de vue géologique, il est constitué par un noyau granitique qui affleure sur quelques points, mais plus généralement par des gneiss ou des roches granulitiques ; ces roches primitives supportent dans la région qui nous occupe une puissante formation schisteuse, non fossilifère, que la carte géologique au 1/80 000 classe dans le cambrien supérieur ou postdamien. C'est dans cette formation que se trouvent les gisements aurifères.

Nature des minerais. — Ces gisements sont constitués par des filons de mispickel, de pyrite et de quartz auro-argentifères. Leur direction est généralement voisine de la ligne nord-sud magnétique ; leur pendage, quelquefois vertical au voisinage de la surface, paraît diminuer en profondeur et incliner vers l'Est. La puissance des filons atteint assez fréquemment plusieurs mètres ; ils sont généralement constitués au voisinage de la surface par un chapeau de fer ou de mispickel plus ou moins décomposé, lequel fait place en profondeur à la pyrite ; le quartz aurifère proprement dit ne se rencontre qu'exceptionnellement et, encore, on y remarque toujours, par places, la teinte jaunâtre du mispickel décomposé (sa teneur en or atteint de 15 à 20 gr. à la tonne).

Nous mentionnerons ici que l'on désigne dans la région la pyrite arsenicale sous le nom de mispickel, quand elle contient de 25 à 35 % d'arsenic, et simplement sous le nom de pyrite quand elle en renferme moins de 10 à 15 %.

On trouve également, dans certains filons, du fer carbonaté mélangé à la pyrite et au mispickel.

Les teneurs en métaux précieux de ces minerais varient naturellement dans d'assez grandes proportions et l'on a trouvé, dans des poches de minerai décomposé, au voisinage de la surface, poches malheureusement peu étendues, des teneurs en or de 600 gr et plus à la tonne. Comme moyennes habituelles, les teneurs sont les suivantes :

Mispickel.

As : 28 à 30 %.
Au : 25 à 30 gr à la tonne de minerai.
Ag : 25 à 80 gr —

Pyrite.

Cu : 1/2 à 1,5 %.
As : 8 à 10 %.
Au : 15 à 40 gr à la tonne de minerai.
Ag : 150 à 400 gr —

(1) Voir *La Technique Moderne*, Supplément au t. IV, n° 6 (15 juin 1912).

Digitized by Google

Fer carbonaté avec mispickel et pyrite.

As : 5 à 6 %.
Fe : 30 à 35 %.
Au : 8 à 10 gr à la tonne de minerai.

Fusion au four à water-jacket. — Le mode de traitement employé est la fusion au four à water-jacket. Ce mode de fusion est d'un emploi facile avec les pyrites de la région qui sont toujours un peu cuivreuses ; quelquefois, cependant, lorsque la teneur en cuivre est trop faible, on ajoute au lit de fusion des minerais de cuivre achetés.

Le four à water-jacket employé est de forme rectangulaire et d'une capacité de fusion d'environ 50 tonnes par vingt-quatre heures. Les minerais sont passés au four sans autre préparation qu'un triage sommaire à la main enlevant d'une part le stérile et d'autre part le mispickel riche qui est vendu à l'état brut.

Les charges sont d'environ 2 000 kg de lit de fusion (minerais pyriteux, quartzeux et ferreux ; calcaire ou minerais calcareux servant de fondant), et d'environ 12 % de coke. La fusion est continue : le mélange fondu de matte et de scorie coule dans un avant-creuset extérieur où la séparation se fait par densité, la matte restant au fond tandis que la scorie surnage. Deux ouvertures sont pratiquées dans l'avant-creuset, l'une, inférieure, pour la coulée de la matte, l'autre supérieure, pour l'évacuation de la scorie.

L'arsenic des minerais traités est récupéré en partie sous forme d'acide arsénieux (As^2O^3) dans des chambres où passent les fumées avant de se rendre à la cheminée, et, on cherche naturellement à en récupérer le plus possible, non seulement à cause du prix de l'acide arsénieux, qui vaut actuellement 600 francs la tonne, mais surtout dans la crainte des dégâts de surface.

Teneur et valeur des mattes. — On obtient en première fusion, une matte titrant de 2 à 5 % de cuivre (sulfure de cuivre et de fer) dans laquelle sont concentrés les métaux précieux, or et argent. A la fin de chaque campagne de fusion, on concentre la matte jusqu'au 30-35 % de cuivre en la repassant au four le nombre de fois nécessaire (5 à 7 fois).

La teneur finale serait la suivante :
Cu : 30 à 35 %.
Au : 800 à 1 000 gr.
Ag : 4 à 5 kg.

Les mattes auro-argentifères sont vendues en Angleterre, où se fait finalement par électrolyse la séparation du cuivre et des métaux précieux. Le prix de vente varie, au départ, suivant la teneur et suivant les cours, entre 3 200 et 3 600 francs la tonne.

La consistance des fonderies de Salsigne et de Villanière permet de compter sur une production annuelle totale de 350 à 400 tonnes de matte, contenant de 300 à 400 kg d'or, 1 500 à 2 000 kg d'argent, et représentant une valeur de 1 200 000 à 1 500 000 francs.

Nous ajouterons que les recherches en cours dans la région permettent d'espérer une certaine extension des exploitations aurifères de la Montagne-Noire.

(Communication de M. *Laville*, Société de l'Industrie minérale, District du Sud-Ouest, 2 février 1913.)

Exploitation d'un faisceau de couches en dressant. — L'étage supérieur de Saint-Etienne est exploité sous le nom de « Chauvetières », par la Compagnie des mines de Montrambert, dans la division de la Béraudière. Il y comporte, outre deux couches isolées au toit du gisement, un faisceau assez dense de six couches exploitables. Le pendage moyen est voisin de 70° et les épaisseurs varient de 0 m, 70 à 2 m, 50. Les terrains encaissants sont généralement bons ; quant au charbon lui-même, il est constitué par des lits de qualités différentes séparés fréquemment par des entre-deux schisteux.

La méthode employée appelle quelques remarques, soit au point de vue « préparations », soit au point de vue « exploitation proprement dite ».

I. — Préparations. Les couches, reconnues quand c'est nécessaire, au moyen de galeries en direction, sont divisées en panneaux d'exploitation de 180 à 240 m. de développement, dont on fait coïncider autant que possible les limites avec les failles découpant le gisement. — Chaque panneau est enlevé au moyen de tailles chassantes prises en décrochements renversés à partir d'un plan à chariot central. — Le percement d'une remonte d'aérage creusée avec la même pente que les plans à chariot (42°) précède toute exploitation. — C'est cette remonte même qui est ensuite transformée en plan pendant qu'on attaque à la base une exploitation réduite absorbant les remblais produits. Avec l'étage actuel de 66 m. de verticale, chaque plan est divisé en deux tronçons sensiblement égaux, légèrement décrochés l'un par rapport à l'autre.

La traversée stérile séparant deux couches voisines dépasse rarement 25 à 30 m, aussi a-t-on avantage à desservir le faisceau par une seule galerie de base en une seule galerie de tête, réunies par de petits travers-bancs aux plans à chariot d'exploitation.

II. — Exploitation. La taille est une taille chassante, en dressant, disposée en gradins renversés. Sa hauteur, élément essentiel, est fixée par le nombre et la hauteur des gradins élémentaires. De bonnes épontes permettent d'augmenter la hauteur de la taille, de mauvaises obligent à la réduire. Les frais de raccordement de chacune des voies secondaires avec le plan, frais très élevés, et les frais d'ouverture et d'entretien de ces voies engageraient à augmenter autant que possible la hauteur totale de la taille. L'abatage de la houille est favorisée par une grande élévation du gradin élémentaire. Le remblayage est plus facile quand la taille est courte. Il en est de même de l'enlèvement du charbon, qu'on ne peut d'ailleurs séparer des nerfs stériles quand la hauteur de chute est considérable.

Le décollage de deux gradins consécutifs d'une hauteur donnée est imposé par la nécessité de maintenir le front de taille parallèle dans son ensemble au talus des remblais.

La détermination de la taille est donc une question d'espèces. En fait la hauteur du gradin élémentaire varie de 2 m, 60 à 4 m ; chaque taille comporte généralement trois gradins, deux dans certaines conditions particulières.

L'abatage, précédé autant que possible du havage dans un lit plus tendre, se fait presque entièrement au pic. Le boisage de chacun des gradins, en cadres poussardés, s'appuie sur celui du gradin immédiatement inférieur, ou, pour le premier gradin, sur le chapeau du niveau de base. Le remblai versé de la partie supérieure est terminé par un meurtia incliné sur lequel glisse le charbon. Quant au chargement, il se fait, soit par trémies dans les couches minces ou homogènes, soit, dans les régions épaisses ou dans celles qui nécessitent un triage soigné, en recevant les produits sur des planchers à la base de la taille et en les faisant glisser ensuite dans la berline placée au-dessous.

Cette méthode s'est, jusqu'à présent, montrée parfaitement appropriée aux conditions du gisement où on l'applique.

(Communication de *M. A. Arguillère* Société de l'Industrie minérale, District de Saint-Etienne, 8 mars 1913).

TRAVAUX PUBLICS ET CONSTRUCTION

Observations faites depuis 1908, sur les différentes causes d'usure et de détérioration des chaussées. — Six rapports très différents furent présentés sur cette question assez imprécise.

Le Congrès prit les conclusions suivantes :

1° L'influence des agents atmosphériques est réduite quand on emploie des revêtements imperméables sur des fondations bien sèches ;

2° Les véhicules à traction mécanique produisent des détériorations qui sont fonction de l'équilibrage des moteurs, du rapport de la force propulsive au poids adhérent, du poids des wagons non suspendus, de la progressivité de l'action des bandages, de la suspension, du diamètre des roues, de la largeur des joints, etc.

3° Les lourds véhicules peuvent n'occasionner que de faibles dégradations si leurs roues sont de grand diamètre et à large jante, avec bandages en caoutchouc, et s'ils sont pourvus de ressorts ;

4° Les automobiles légères ne constituent pas une cause sérieuse de détérioration sur les routes bien établies. Pour les véhicules à traction animale, il faudrait rechercher une amélioration de la largeur des jantes des roues et de la ferrure des chevaux ;

5° Les causes d'usure sont mal connues ; la Commission permanente établira le programme des observations scientifiques qu'il convient de faire.

(Rapports présentés au IIIe Congrès International de la Route. Londres, juin 1913).

Budget de la construction et de l'entretien des routes. Création de ressources. — Le Congrès estime que le pouvoir central doit intervenir au moins pour s'assurer de la bonne utilisation des ressources,

Il pense enfin que les péages locaux sont condamnables, mais qu'il peut être juste de frapper d'impôts spéciaux les véhicules particulièrement lourds ou rapides.

Pour la création de ressources, l'emprunt est acceptable quand la période d'amortissement ne risque pas de dépasser celle pendant laquelle aucune réfection ne sera nécessaire.

(Rapports présentés au IIIe Congrès international de la Route. Londres, juin 1913.)

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AUTOMOBILES

Mise en route d'une voiture automobile par la dynamo d'éclairage. — Cette invention système Rechniewksi et Krieger, consiste:

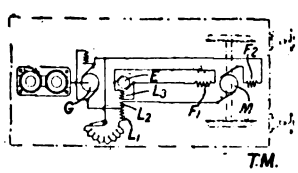
1° Dans l'emploi du décalage des balais en avant pour compounder la dynamo d'éclairage au moment de son emploi comme moteur de démarrage.

2° Dans l'emploi de ce même décalage des balais, comme excitation série anticompound juxtaposée au réglage par régulateur.

3° Dans le compoundage de ce régulateur par le courant d'éclairage seul, l'autre compoundage agissant alors exclusivement pour limiter l'intensité maximum de recharge de la batterie déchargée.

(*Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston*, Paris. Brev. fr., cl. 5, n° 453 774, 30.I.13.)

Transmission électrique pour véhicules. — Dans un système de transmission électrique, le champ d'excitation du moteur M est commandé par une excitatrice ayant trois enroulements pour son excitation. L'un d'eux, L_1 est shunté sur une armature de la génératrice G, le 2e, L_2 est en série avec l'armature du générateur et neutralise normalement le premier enroulement, le 3e L_3 est réglé en série ou en dérivation sur l'excitatrice elle-même. Le moteur peut être excité par un champ F_2 en série ou en dérivation sur son armature, et avec un champ F_1 de l'excitatrice E. Si la résistance du véhicule croît, le courant croît dans L_2, augmentant le courant de E pour exciter davantage le moteur, augmentant ainsi le couple et diminuant la vitesse, la puissance restant pratiquement constante.



(*Allmänia Svenska Elektriska Aktie bolaget* Suède. Brev. angl., cl. 35 et 38, n° 7 992, 2.IV.12.)

CHIMIE

Hydrogène (Procédé pour la production d'). — Cette invention a pour objet un procédé pour la production d'hydrogène par décomposition de la vapeur d'eau au moyen de fer métallique à température élevée et réduction alternative par des gaz réducteurs, des oxydes de fer formés. Ce procédé consiste à prendre pour point de départ du fer poreux ou spongieux produit en réduisant par chauffage extérieur des minerais ou oxydes de fer de provenance quelconque enveloppés de charbon.

(*Badische Anilin und Soda Fabrik*, Allemagne, Brev. fr., cl. 14, n° 453 077, 11.I.13.)

Hydrogène (Fabrication de l'). — Cette fabrication s'opère par liquéfaction partielle du gaz à l'eau ou de mélanges gazeux analogues. Elle est caractérisée par ce fait que l'oxyde de carbone résultant de la séparation est approximativement transformé en hydrogène par une réaction chimique appropriée et que cet hydrogène est joint au gaz d'eau suivant et traité avec lui.

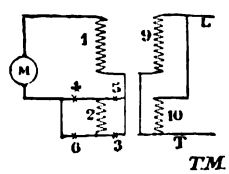
(*Société l'Air liquide* [*Société anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des procédés Georges Claude*], Seine, Brev. fr., cl. 14, n° 453 187, 28.III.12.)

ÉLECTRICITÉ

Alimentation à voltage variable d'un moteur électrique à courant alternatif. — Les moteurs électriques à courant alternatif, polyphasé ou monophasé, en particulier ceux à collecteur, sont souvent alimentés à voltage variable, afin de réaliser des vitesses de marche différentes. Dans ce cas, on obtient les diverses valeurs du voltage qui sont nécessaires, au moyen de prises intermédiaires sur le transformateur qui les alimente.

Dans beaucoup d'applications, il est nécessaire de réaliser un certain nombre de crans de marche économique, c'est-à-dire sans intervention de résistances. On est alors amené à munir le transformateur de nombreuses prises de courant, et cette multiplicité rend leur construction difficile et coûteuse.

Le dispositif ci-dessous a pour objet d'éviter cet inconvénient. On a remarqué déjà que le voltage minimum nécessaire pour le démarrage du moteur est dans beaucoup de cas une fraction importante du voltage maximum, et l'on a eu l'idée de constituer la source de courant d'alimentation du moteur par deux sources, dont l'une donne un voltage constant et égal à un voltage moyen, intermédiaire entre le voltage minimum et le voltage maximum nécessaire, et l'autre donne précisément ce qu'il faut retrancher ou ajouter au voltage moyen pour obtenir le voltage que l'on désire pour l'alimentation du moteur. On a déjà proposé d'atteindre ce but en combinant un transformateur à voltage constant avec un régulateur d'induction mis en série. Il s'agit ici d'un transformateur auxiliaire, survolteur, ou dévolteur, qu'on met en série avec le transformateur principal.



Suivant que ce transformateur auxiliaire est mis en circuit dans un sens ou dans l'autre, ou bien supprimé, on réalise trois voltages différents sans aucune prise intermédiaire.

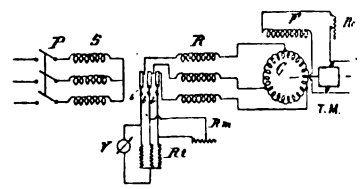
C'est ce que représente la figure 1 : le moteur M est alimenté par le secondaire 1 d'un transformateur principal et par le secondaire 2 du transformateur auxiliaire survolteur-dévolteur. Les contacteurs 3, 4, 5, 6, permettent de réaliser les connexions nécessaires. En fermant les contacteurs 3 et 4, on insère 2 en opposition avec 1, ce qui donne le voltage minimum. Puis on ouvre 3 et on ferme 5, ce qui laisse seul 1 en service, avec un voltage supérieur à celui obtenu précédemment. (On pourrait aussi le réaliser en fermant 3 et 6 et ouvrant 4). Enfin en fermant les contacteurs 5 et 6, à l'exclusion des autres, on réalise le voltage maximum par mise en série des deux secondaires 1 et 2.

(*Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 452 128, 3.XII.12.)

Démarrages des groupes en cascade. — Le dispositif suivant consiste en un procédé de démarrage permettant d'obtenir l'accrochage de la commutatrice en cascade sans tâtonnement et sans synchronisation, il s'applique au cas, de beaucoup le plus fréquent, où le moteur synchrone et la génératrice possèdent un même nombre de pôles.

Cette invention est basée sur la propriété bien connue que possèdent les machines à stator polyphasé et à rotor monophasé d'avoir une seconde vitesse synchrone stable à la demi-vitesse de rotation du champ primaire ; on sait que pour de faibles écarts au delà ou en deçà de cette seconde vitesse synchrone, la machine fonctionne respectivement en génératrice ou en moteur. Cette propriété trouve donc ici son application en vue de réaliser pratiquement la mise en marche des commutatrices en cascade.

Pour atteindre ce but, il suffit de court-circuiter progressivement deux phases du rotor R,



ce qui a pour effet de provoquer la formation de courants wattés tendant à ramener la machine à la vitesse voulue lorsqu'elle s'en écarte légèrement. Pour réaliser ce court-circuitage, une résistance monophasée R_m est intercalée entre les deux bagues *b* correspondant aux deux phases considérées ; au fur et à mesure qu'on diminue cette résistance auxiliaire la machine se rapproche de la vitesse synchrone sans qu'il y ait augmentation du courant dans le stator S.

Les manœuvres à effectuer pour démarrer une commutatrice en cascade agencée dans ces conditions sont les suivantes :

Tout d'abord, on fixe la position du rhéostat Rc de manière que la génératrice, une fois en vitesse, donne approximativement la tension normale et on intercale entre les bagues *b* une résistance triphasée Rt, calculée de façon que la machine puisse atteindre la vitesse désirée tout en n'absorbant qu'un courant faible. On peut alors enclencher l'interrupteur principal P et, dès que le nombre de tours du groupe s'approche de sa valeur normale, on intercale entre deux bagues *b* la résistance monophasée R_m qu'on diminue ensuite progressivement. Avant même que ce rhéostat R_m soit court-circuité, le synchronisme parfait s'obtient de lui-même grâce aux courants wattés dont il est parlé plus haut, résultat qu'on peut contrôler grâce au voltmètre V. On met alors les bagues *b* en court-circuit franc, ce qui ne provoque aucun afflux de courant dans le stator S puisque le synchronisme exact est déjà réalisé. On peut enfin relever les balais et le démarrage est terminé. La commutatrice est alors prête à être chargée.

(*Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi*, Belgique. Brev. fr., cl. 12, n° 452 882, 19.III.12.)

Démarreur à plots amovibles à nombre quelconque d'échelons et pour intensités quelconques. — Il se compose essentiellement de plots, dont le nombre peut être quelconque, choisi en raison des conditions imposées au démarrage, reliés, à la manière ordinaire, aux échelons correspondants des rhéostats.

Les plots fixes sont constitués par des blocs fixes en charbon montés dans des alvéoles, en laiton ou autre métal, qui en rendent le démontage et le remplacement aisé en cas de besoin.

Une manette pivotant autour d'un axe et formant inverseur se déplace devant les plots fixes. Elle porte également un bloc en charbon semblable aux précédents et maintenu élastiquement dans une douille.

Le système est complété par un dispositif de soufflage magnétique puissant dont le rôle est ici très important.

Pendant la manœuvre de l'appareil, le charbon mobile glisse dans les charbons fixes dont

Digitized by Google

les contacts s'ajustent automatiquement par le frottement.

La figure 1 montre les dispositions de principe dont les combinaisons constituent les par-

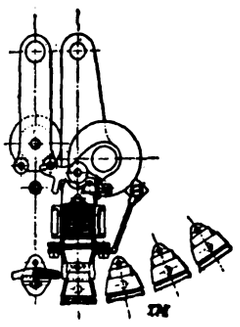


FIG. 1.

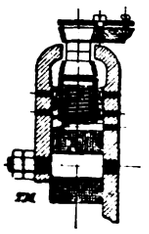


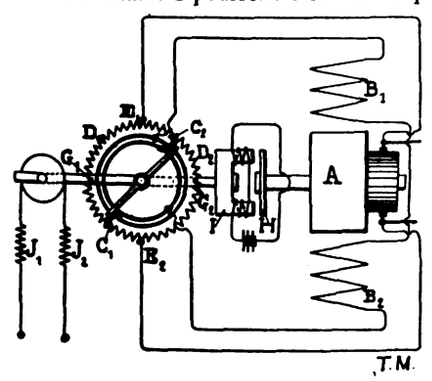
FIG. 2.

ticularités de cet appareil de démarrage. La figure 2 représente la coupe d'un plot amovible.

(*Maison Bréguet*, Paris. Brev. fr., cl. 12, n° 452 873, 4.I.13.)

Génératrice à courant continu dont le voltage est pratiquement indépendant de la vitesse. — En principe, le voltage aux bornes de la dynamo est maintenu automatiquement constant au moyen d'un potentiomètre double, alimenté par la tension à maintenir constante ou toute autre tension constante sur lequel est prélevée l'excitation de la dynamo, ce potentiomètre étant réglé automatiquement en fonction de la vitesse de celle-ci.

La fig. 1 représente un exemple d'application. Sur cette figure, A est l'induit de la dynamo à vitesse variable. B^1, B^2 représentent ses enroulements inducteurs connectés aux frotteurs C^1, C^2 du potentiomètre double formé par les résistances D^1 et D^2. Ces résistances sont alimentées aux deux points E^1 E^2. Un disque métallique H actionné à une vitesse proportionnelle à celle de la génératrice, tourne en face des pièces polaires d'un électro-aimant monté lui-même sur un axe et capable d'entraîner dans ses déplacements les frotteurs C^1, C^2. Quand le disque H tourne, par suite des courants de Foucault qu'y produit l'électro-aimant I, celui-ci est entraîné dans un sens ou dans l'autre suivant le sens de rotation de la dynamo A, le couple d'entraînement étant fonction de la vitesse de celle-ci. Les déplacements de l'électro-aimant I pourront être limités par



des couples résistants quelconques (ressorts, poids, etc.) représentés sur la figure, à titre d'exemple, par des ressorts J^1, J^2. Le fonctionnement est alors le suivant.

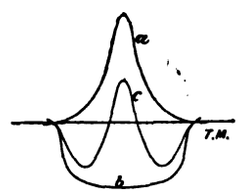
Au repos, les choses sont réglées de manière que les contacts C^1 C^2 coïncident avec le diamètre G^1, G^2. Dès que la génératrice commence à tourner, les contacts sont entraînés dans un sens ou dans l'autre suivant le mouvement de rotation de la dynamo. On voit déjà que la tension fournie par celle-ci sera en signe, indépendante du sens de rotation.

L'excitation croît d'abord jusqu'à ce que les contacts soient sur le diamètre E^1 E^2 correspondant à l'excitation maximum, on peut s'arranger pour que cette position des contacts soit atteinte pour la vitesse la plus faible à laquelle doit fonctionner la dynamo.

A partir de cette position, la tension d'excitation va en diminuant à mesure que les contacts continuent à tourner, c'est-à-dire que la vitesse augmente. On pourra donc, suivant la répartition des résistances entre les touches sur lesquelles frottent les contacts, obtenir soit une tension pratiquement constante, soit une tension suivant une loi de variation donnée en fonction de la vitesse. Il est du reste à remarquer qu'en prévoyant pour le disque H un déplacement angulaire suffisant, l'on peut faire en sorte que le sens du courant dans les enroulements inducteurs soit inversé lorsque la vitesse dépasse une certaine limite. On peut combattre ainsi l'effet du magnétisme rémanent qui, dans le cas d'un réglage du champ par simple rhéostat, peut conduire à une augmentation illimitée de la tension en fonction de la vitesse.

(*Société Alsacienne de Constructions mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 450 791, 27 I.12.)

Production de courant de haute fréquence. — On superpose des courants alternatifs à courbes de tension différentes (*a*, *b*, *c*), et à fréquence inférieure. Ces courants sont produits par une ou plusieurs machines.

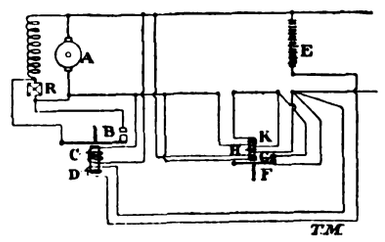


(*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft*, Berlin. Brev. all., cl. 21 *a*, n° 262 418, 1.XI.12.)

Régulation électrique. — Cette invention a trait aux systèmes de distribution qui comportent un générateur actionné à vitesse variable par le moteur ou les roues d'un véhicule, et une batterie d'accumulateurs qui fournit le courant au circuit d'utilisation quand la vitesse du générateur est inférieure à une certaine limite.

Son but est de fournir un dispositif de réglage grâce auquel l'éclairage reste constant, et grâce auquel il n'y ait aucune variation brusque de la lumière quand le courant de la batterie remplace celui de la dynamo, ou réciproquement; ce changement ayant lieu quand le voltage de la dynamo devient égal à celui de la batterie.

Une génératrice A, conduite par le moteur ou l'essieu du véhicule, est munie d'un régulateur de voltage B qui peut être, par exemple, du type bien connu dans lequel une armature vibrante court-circuite périodiquement le rhéostat d'ex-



citation R ; cette armature est mise en vibration par l'action des deux bobines C et D, dont l'une C est connectée en dérivation sur les bornes de la dynamo et l'autre D est mise en série, avec la batterie E.

Ces bobinages sont disposés de façon que le bobinage C soit aidé par l'autre bobinage D quand la batterie est en charge, mais au contraire voit son action combattue par D quand la batterie se décharge. De plus, un conjoncteur-disjoncteur F est disposé pour mettre la dynamo en service quand son voltage atteint celui de la batterie.

Ce conjoncteur comporte plusieurs bobines pour l'actionner et son fonctionnement est le suivant : Quand la dynamo prend de la vitesse son voltage monte peu à peu, en excitant une bobine G montée en dérivation sur ses bornes. En même temps, il y a une différence de potentiel entre les contacts du disjoncteur, et une seconde bobine H, insérée entre ces contacts et de sens opposé à la bobine G, combat l'action de celle-ci. Quant le voltage de la dynamo augmente, l'action de G augmente, et celle de H diminue et il arrive un moment où l'action de G suffit pour fermer le conjoncteur, dont la fermeture court-circuite la bobine H. Si l'action de G n'était pas suffisante encore, au moment où le voltage est devenu nul entre les contacts du conjoncteur, l'action de la bobine H se renverserait et viendrait en aide à la bobine G pour fermer le conjoncteur qui court-circuiterait alors H. Une troisième bobine K, en série avec le courant débité par la dynamo, vient en aide à la bobine G quand le voltage de la dynamo commence à surpasser celui de la batterie et à produire la charge.

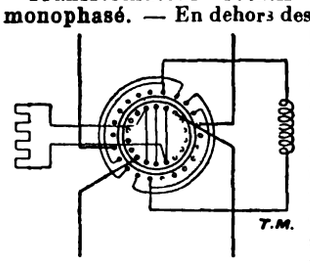
En même temps le régulateur B commence à fonctionner et maintient le voltage constant, le débit dans la batterie étant maintenu à une valeur pas trop grande par l'action bien connue de la bobine de compoundage D.

Quand la dynamo ralentit pour s'arrêter, le courant dans la bobine série K du conjoncteur diminue jusqu'à ce qu'il y ait égalité de voltage entre la dynamo et la batterie. Le conjoncteur doit à ce moment s'ouvrir, si le voltage commun de la dynamo et de la batterie est exactement celui pour leque la bobine G laisse échapper son armature. Si le voltage est supérieur à ce voltage limite, le courant dans K se renverse et produit l'ouverture.

Comme le voltage de la dynamo continue à décroître, la bobine H, mise en service par l'ouverture du conjoncteur F, s'excite de plus en plus, son action inverse de celle de G s'opposant à une fermeture accidentelle ultérieure.

(*Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 453 290, 18.I.13.)

Transformateur rotatif pour courant monophasé. — En dehors des bobines normalement traversées par le courant de travail, se trouvent des bobines auxiliaires. Ces dernières sont solidaires, du rotor ou du stator ; elles sont traversées par des courants déplacés par rapport au champ magnétique de façon à diminuer les variations du couple de rotation.



(*Siemens-Schuckert Werke*, G. m. b. H., Berlin. Brev. all., cl. 21 d, n° 262 222, 1.IV.11).

HYDRAULIQUE

Pompe mue par un mélange explosif avec une colonne liquide oscillante dans le conduit de refoulement. — Une colonne de liquide est refoulée par la pression de gaz allumés, d'une chambre de combustion 1 dans un conduit d'oscillation ou de pulsation 2. La pression dans la chambre de combustion s'abaisse jusqu'au-dessous de la pression atmosphérique, et en conséquence la colonne liquide, qui continue de s'écouler, aspire derrière elle une nouvelle quantité de liquide à travers

Digitized by Google

des soupapes d'aspiration 3. Dans les figures 1 et 2, on a, en outre, supposé cette particularité qu'un flotteur 4 s'abaisse avec le niveau du liquide et vient s'appliquer sur un siège 5,

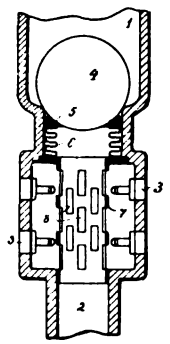


Fig. 1.

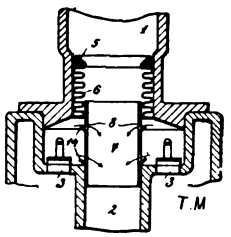


Fig. 2.

quand le liquide est descendu jusqu'au fond de la chambre de combustion. L'application du flotteur sur son siège est rendue élastique par un ressort 6.

La colonne de liquide, qui continue son oscillation dans le tuyau 2, comprime de l'air dans un réservoir d'air, jusqu'à la pression qui règne dans une chambre de refoulement, derrière la soupape de refoulement, puis elle soulève cette soupape et refoule de l'eau. Quand la colonne de liquide est revenue au repos, elle retourne, à la pression du réservoir d'air 12, dans la chambre de combustion, et soulève à nouveau le flotteur 4.

Les soupapes par lesquelles le liquide pénètre sont en conséquence disposées de manière à ne pas être touchées directement par le courant de liquide. L'invention a pour but d'éviter les pertes d'énergie produites par le fait qu'aux endroits où se trouvent les soupapes, on rencontre des épanouissements, des poches ou des angles.

Conformément à l'invention, le conduit d'oscillation 2 est isolé des soupapes 3 par une tubulure emmanchée 7, en sorte qu'en dépit des soupapes, le conduit d'oscillation ne présente pas des variations de section transversale. La tubulure 7 présente des perforations ou des orifices 8 qui, dans l'exemple de la figure 1, ont la forme de rectangles et sont quinconcées.

La figure 2 montre une construction analogue. Dans cette forme d'exécution, l'écoulement de l'eau est encore amélioré par le fait que des tôles de guidage 14 sont adaptées extérieurement aux fentes ou orifices de la paroi d'isolement, et donnent à l'eau qui pénètre la direction convenable, ainsi que cela est indiqué par les flèches.

(*Siemens-Schuckert Werke*, G. m. b. H, Brev. fr., cl. 5, n° 453 331, 20.I.13.)

Pompe rotative réversible. — Cette pompe est à fonctionnement réversible et comprend essentiellement un arbre monté dans un bâti avec une excentricité que l'on peut appeler excentricité primitive; sur cet arbre, sont calés des excentriques, par exemple deux, diamétralement opposés, dont l'excentricité est égale à l'excentricité primitive; ces excentriques tournent à l'intérieur de coulisseaux ou pistons qui glissent respectivement dans des glissières perpendiculaires entre elles, formées dans un tambour, lequel peut tourner dans une cavité cylindrique formée dans le bâti concentriquement à son axe. Cette cavité est pourvue de deux tubulures, qui servent respectivement soit pour l'arrivée, soit pour la sortie du fluide suivant le sens de rotation de la pompe.

(Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 5 [1er septembre 1913], p. 166.)

(*Charles Monin*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 451 139, 27.XI.12.)

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Chargeur pour Haut-fourneau. — Le récipient ou la benne, contenant la charge à admettre, est suspendu, sur une voie ou sur des glissières inclinées. L'oscillation est évitée par des enclanchements de longueur invariable ou pouvant s'ajuster selon l'inclinaison.

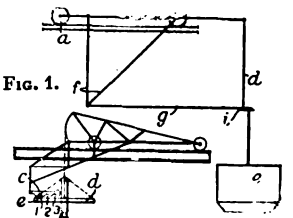


Fig. 1. Fig. 2.

Dans la fig. 1, une tige *d* portant la benne est reliée à un cadre *f* par une tige *g* et engagée dans un œil *i*, à la main ou automatiquement et dégagée à l'arrêt convenablement. Dans la fig. 2 un contrepoids porte des ergots de façon à régler l'inclinaison en les engageant dans des encoches correspondantes du couvercle de la benne. L'inclinaison du chemin variant, les ergots se règlent dans l'encoche voulue.

(*Deutsche Maschinenfabrik A.G.* Duisbourg, Allemagne. Brev. angl., cl. 51 et 76, n° 7 900, 1.IV.12.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Changement hydraulique de vitesse ou de marche. — Cette invention est relative à un changement de vitesse ou de marche hydraulique du système connu sous le nom de « transformateur Foettinger », et elle présente, en principe, cette caractéristique que tout l'appareil directeur entoure extérieurement les roues actives, c'est-à-dire que deux roues directrices juxtaposées entourent extérieurement la roue primaire aussi bien que la roue secondaire.

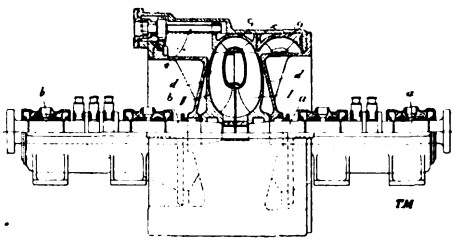


Fig. 1.

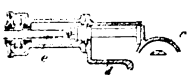


Fig. 2.

La fig. 1 le montre en coupe longitudinale, et la fig. 2, en coupe longitudinale partielle.

Le transformateur se compose, en principe, de deux roues à aubes I, II, dont l'une est calée sur l'arbre *a* du moteur, et l'autre sur l'arbre *b* de l'hélice. Les deux roues sont entourées d'un appareil directeur déplaçable *c* comportant deux séries d'aubes. La roue à aubes I, la roue primaire, montée sur l'arbre du moteur sert à transformer la puissance mécanique fournie par le moteur en énergie hydraulique que l'autre roue à aubes, la roue secondaire II retransforme ensuite en énergie mécanique et transmet à l'arbre de l'hélice. L'appareil directeur *c* opère le changement de direction de l'eau entre la sortie de la roue primaire et l'entrée de la roue secondaire, changement de direction nécessaire pour obtenir la transmission voulue et le sens de rotation voulu.

Le mode de fonctionnement de l'appareil directeur est le suivant :

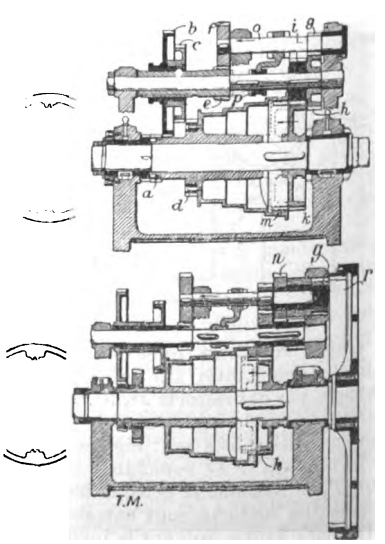
La série d'aubes c^1 qui en marche avant normale, assure le passage entre la roue primaire et la roue secondaire, ne fait dévier l'eau de sa direction que dans une petite mesure. Par contre, l'appareil directeur de marche arrière c^2 imprime à l'eau lancée en avant par la pompe le sens de rotation inverse, de sorte que la roue secondaire doit tourner également en sens inverse du sens de rotation de la roue primaire. Si l'appareil directeur est déplacé dans sa position centrale, l'eau ne peut circuler ni par le circuit avant, ni par le circuit arrière ; l'arbre secondaire reste donc absolument arrêté. Les deux positions extrêmes de l'appareil directeur ou tiroir et sa position centrale correspondent donc à la pleine marche avant, à la pleine marche arrière et à l'arrêt.

Par le déplacement de l'appareil directeur dans une position intermédiaire correspondante on peut réaliser toute vitesse secondaire entre la pleine marche avant et arrière. Dans les différentes positions de l'appareil directeur, la puissance que reçoit la roue primaire est différente, et il est donc nécessaire de munir le moteur d'un régulateur qui maintient la vitesse voulue.

Les roues à aubes et l'appareil directeur sont entourés d'une boîte *d* ; cette boîte présente, sur les deux côtés, des cavités destinées à recevoir les paliers de la roue primaire et de la roue secondaire. Dans les constructions de type normal, les deux paliers sont sensiblement égaux. L'appareil directeur *c* servant aux manœuvres et aux changements de marche est guidé de telle sorte qu'un coincement pendant le mouvement soit impossible. Il reçoit son mouvement à la main par l'intermédiaire d'une transmission appropriée, et en utilisant la pression qui règne à l'intérieur du transformateur pour faciliter le déplacement. L'application de la force à l'appareil directeur, qui constitue un tiroir annulaire, se fait en trois ou quatre points, qui sont solidarisés entre eux par des leviers ou des arbres *e* et un engrenage, de façon à assurer un guidage parallèle. Pour le cas où, par une cause imprévue, le déplacement ne serait pas secondé par la pression de l'eau, le changement de marche est pourvu d'un dispositif spécial qui permet de déplacer l'appareil directeur uniquement à la main, en un temps suffisamment court (fig. 2).

(*Vulcan-Werke Hamburg und Stettin Actiengesellschaft*, Allemagne. Brev. fr. cl. 5, n° 443 661, 27.I.13.)

Changement de vitesse pour tour. — Il comprend une poulie à quatre étages, ayant



à une de ses extrémités, un engrenage intérieur *m* engrenant avec *k*, pour la prise directe.

Digitized by Google

A l'autre extrémité, les roues *a* et *d* peuvent être en prise avec les roues *b* ou *c* du balladeur de l'arbre intermédiaire. La roue *e* dont le moyeu porte le balladeur engrène avec la roue *f* d'un deuxième arbre intermédiaire *o*. Sur cet arbre, la roue *g* engrène avec la roue *n* clavetée sur un arbre qui porte une roue *i* pouvant engrener avec la roue *k*. Également sur cet arbre, est claveté un embrayage à griffes P. On obtient ainsi 4 vitessse Dans un autre dispositif pour une machine de plus grande puissance, on peut obtenir 8 vitesses. (*Werner H.*, Allemagne, Hanovre. Br. angl., cl. 83 (*iii*) n° 7837, 1.IV.12.)

MACHINES THERMIQUES

Ailettes de turbines. — Ces ailettes comprennent une ouverture *a* (fig. 1) par où s'engagent deux barres *b* (fig. 2) qui sont ensuite forcées et maintenues par une pièce *c*. Le système peut être disposé verticalement au lieu d'être horizontal. La pièce d'écartement b_2 (fig. 2) peut être vissée ou rivée à chaque

Fig. 1.

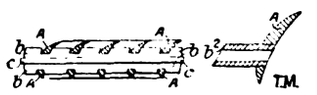
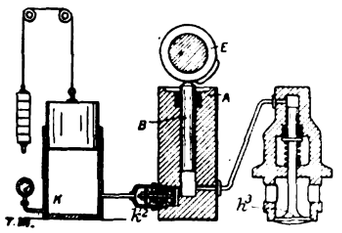


Fig. 2.

ailette, celles-ci étant ensuite réunies par un câble passant à l'intérieur de b^2.

(*G. Paynes et C. Durdle*, Hampshire, Angleterre. Brev. angl., cl. 110, n° 8014, 3 IV. 12.).

Commande hydraulique de soupape. — Une valve h^3 est commandée hydrauliquement par un cylindre A, dont le piston plongeur



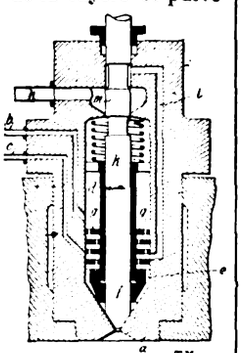
est commandé par une came E. La communication entre le cylindre A et l'accumulateur K est munie d'une soupape de retenue k^2.

(*Krupp Ark. Ges. Gervhmaniawerft*, Kiel, Allemagne. Brev. angl., cl. 159 et 122, n° 6180 4.IV.12.)

Injecteur pour moteurs à combustion interne. — On sait que, dans les moteurs à combustion interne fonctionnant avec des combustibles liquides, le combustible, avant d'être injecté dans la chambre de combustion, est emmagasiné en plusieurs endroits devant la tuyère d'injection. Cela est surtout avantageux lorsqu'il s'agit de l'emploi de plusieurs combustibles à températures d'inflammation différentes et de l'introduction, en vue de provoquer la combustion, du combustible qui s'enflamme plus facilement préalablement à celle du combustible qui s'enflamme plus difficilement.

L'objet de cette invention consiste à disposer, dans les moteurs à combustion, un conduit spécial d'air d'insufflation, pour chaque point d'accumulation du combustible. On peut ainsi introduire, d'une manière sûre et indépendante, l'un des deux combustibles avant l'autre pendant la période d'injection. On peut obtenir ce résultat, par exemple en branchant sur un conduit à air commun les conduits à air d'insufflation aboutissant aux divers points d'accumulation de combustible et en modifiant leurs résistances, de façon à faire heurter l'un des deux combustibles accumulés, un instant, bien que très court, plus tôt que l'autre combustible par le courant d'air comprimé ou d'insufflation.

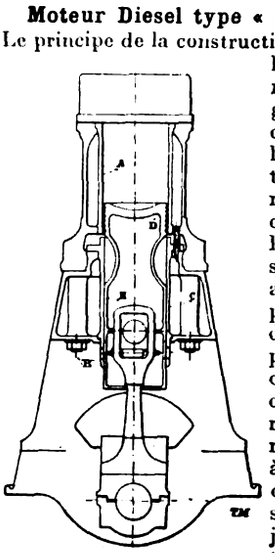
Le corps de la tuyère d'injection *a* est percé de deux conduits *b* et *c*, dont l'un *b*, introduit dans la chambre *d* de la tuyère le combustible qui s'enflamme difficilement et l'autre *c*, le combustible qui s'enflamme facilement. Le point d'entrée du combustible qui s'enflamme facilement se trouve de préférence aussi près que possible des conduits de distribution *e* du cône *f* : ces conduits *e* sont disposés en spirale ou en hélice en vue de déterminer la pulvérisation et formés par des nervures ménagées à la périphérie du cône. Les plaques ou ailettes *g*, qui présentent un certain nombre d'ouvertures de communication, servent à pulvériser aussi finement que possible le combustible pendant qu'il est expulsé L'air nécessaire à l'insufflation du combustible est amené par le conduit *h* et se rend d'abord par le conduit *i* au point d'accumulation du combustible qui s'enflamme facilement, de sorte qu'aussitôt que la tige de soupape *k* se soulève, ce combustible seul est injecté, tandis qu'immédiatement après le conduit *i* est fermé par le collier *m* de la tige *k*, et l'air d'insufflation qui arrive par *h* peut pénétrer librement dans la chambre *d* de la tuyère et pulvériser et injecter le combustible qui s'enflamme difficilement. La fermeture du conduit *i* et le dégagement, par le même organe obturateur *m*, de l'ouverture de passage ou de communication débouchant dans la chambre *d* de la tuyère, sont deux opérations qui doivent naturellement s'effectuer immédiatement l'une après l'autre, en raison de la courte durée de la période d'injection, ce qui d'ailleurs est obtenu par le dispositif représenté sur le dessin.



La fermeture à nouveau du conduit à air *i* a surtout pour but d'éviter des pertes d'air d'insufflation après que le combustible qui s'enflamme facilement a été injecté et de faire agir l'air d'insufflation uniquement par l'arrière sur le combustible qui s'enflamme difficilement.

(*Société Française d'Exploitation des Appareils Koerting*, Seine, Brev. fr., cl. 5, n° 450 068, 8.I.12.)

Moteur Diesel type « Semi-crosse ». — Le principe de la construction de ce moteur est le suivant : le piston n'est absolument pas guidé dans le cylindre A, comme c'est le cas pour les moteurs ordinaires, mais il frotte uniquement dans le bâti B, qui comporte une surface cylindrique alésée C, refroidie par une circulation d'eau. La partie supérieure du piston ou tête D ne touche donc jamais les parois du cylindre, mais elle se déplace à l'intérieur de ce dernier avec plusieurs millimètres de jeu, les cercles seuls touchant sous l'influence de l'élasticité qui les ouvre. La partie inférieure du piston ou guide E est reliée à la parti supérieure par un corps de diamètre réduit qui, par sa faible section transversale, s'oppose au passage de la chaleur de la tête au guide ; la tête peut également être rapportée et boulonnée au guide.



Cette disposition du moteur Diesel réalise les avantages que donne la glissière des machines à double effet, bien plus simplement et sans augmenter le nombre de pièces constituant la machine, caractère qui justifie le nom de « semi-crosse » donné au type nouveau.

(*Société anonyme des Usines Carels Frères*, Belgique. Brev. fr., cl. 5, n° 453 152, 4.I.13.).

Moteur rotatif à cylindres rayonnants. — Cette invention a pour objet un moteur rotatif à cylindres rayonnants remarquable principalement en ce que l'admission et l'échappement sont commandés pour chaque cylindre par une soupape et un piston superposés, disposés sur le côté du cylindre, dans le tube d'aspiration et dans la pipe qui forme la culasse du cylindre et dans laquelle le tube d'aspiration débouche, cette pipe communiquant avec l'extérieur par une ouverture qui est située dans le prolongement du tube et sert à l'échappement. La soupape et le piston sont disposés et commandés d'une manière telle qu'ils portent l'un contre l'autre en obturant l'ouverture d'échappement et le tube d'aspiration, pendant les périodes de compression et d'explosion, puis ils se rapprochent tous deux du centre du moteur, de sorte que la soupape démasque l'ouverture d'échappement. Ensuite la soupape se referme seule en s'écartant du piston, ce qui fait communiquer le cylindre avec le tube d'aspiration et finalement le piston s'applique à nouveau contre la soupape pour interrompre à nouveau toute communication du cylindre avec l'extérieur.

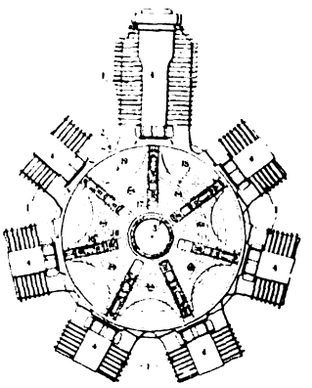


Fig. 1.

La fig. 1 est une élévation par côté partielle du moteur, certaines pièces étant enlevées. La fig. 2 en est une coupe par l'axe. Les fig. 3 à 5 montrent à plus grande échelle, des positions différentes du dispositif de distribution. La fig. 6 est une vue de face de deux coulisseaux commandant chaque soupape et le piston correspondant.

La fig. 7 est une coupe de ces coulisseaux avec coupe partielle de la came à deux doubles rainures croisées. La fig. 8 est une vue en élévation de cette came.

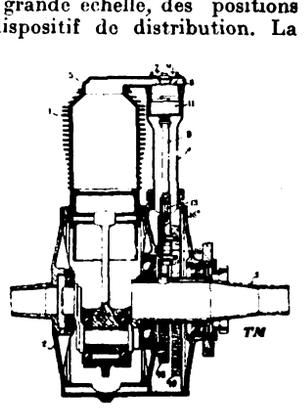


Fig. 2.

Le moteur représenté comprend sept cylindres 1 fixés sur un carter 2 et tournant autour d'un arbre fixe 3. Le carter étanche 2 contient le mélange explosif qui est conduit par un tube d'aspiration 4 disposé radialement sur le côté de chaque cylindre à la culasse 5, en forme de pipe, du cylindre correspondant. La pipe 5 présente dans le prolongement du tube 4 une

Digitized by Google

ouverture 6 servant à l'échappement. Le bord de cette ouverture forme un siège 7 contre lequel s'applique une soupape d'échappement 8 qui est portée par une pièce tubulaire 9 sur laquelle elle est fixée par une clavette 10. La soupape 8 forme elle-même un siège pour un piston distributeur 11 qui commande l'aspiration et coulisse par un segment étanche dans le tube 4. Ce piston est pourvu d'un croisillon intérieur contre le dessus duquel porte une clavette 12 enfilée dans une tige 13 logée à l'intérieur de la pièce tubulaire 9. Le piston est repoussé contre son siège sur la soupape par un ressort à boudin 14 qui prend appui sur une autre clavette 15 fixée à la tige 13. La tige tubulaire 9 présente des fentes longitudinales dans lesquelles les clavettes 12, 15 peuvent coulisser.

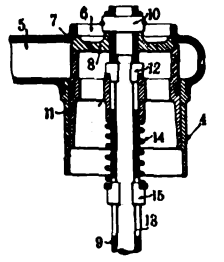


Fig. 3.

A leur extrémité interne, les tiges tubulaires 9 sont boulonnées sur des coulisseaux prismatiques 16 (fig. 6 et 7) qui sont guidés dans des rainures radiales 17 pratiquées dans un plateau 18 fixé au carter. A l'intérieur de chaque coulisseau 16 glisse un second coulisseau plus petit 16ª qui est boulonné à l'extrémité de la tige 13ª commandant le piston 11. Ce sont ces coulisseaux 16, 16ª qui reçoivent les mouvements voulus pour commander la soupape et le piston distributeur de chaque cylindre.

Dans la position de la fig. 3, la soupape 8 est appliquée contre son siège 7 par sa tige 9, et le piston 11 est appliqué contre la soupape par la tige centrale 13 et le ressort 14. Cette position des organes correspond à la compression et à l'explosion, la pipe 5, et par conséquent le

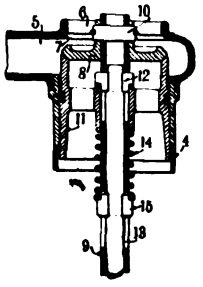


Fig. 4.

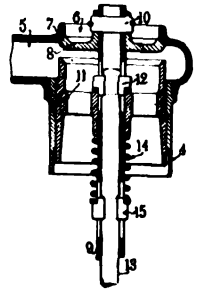


Fig. 5.

cylindre, n'ayant aucune communication avec l'extérieur. La soupape et le piston sont ensuite tirés ensemble par leurs coulisseaux vers le centre du moteur et viennent ainsi à la position de la fig. 4 . La soupape d'échappement 8 est alors ouverte et le piston restant appliqué contre la soupape, le tube d'aspiration 4 reste fermé. Ensuite, la soupape est appliquée contre son siège (fig. 5) par sa tige 9 tandis que le piston est encore retenu à sa position par sa tige 13, de sorte que l'échappement cesse et que l'admission commence. A la fin de la course d'aspiration, la tige 13 en s'éloignant du centre du moteur, laisse le piston s'appliquer contre la soupape, comme représenté à la fig. 3, de sorte que la compression, puis l'explosion peuvent avoir lieu et ainsi de suite.

Les deux coulisseaux 16, 16ª, guidés dans le plateau 18 et commandant respectivement la soupape et le piston distributeur de chaque cylindre peuvent être actionnés par tout dispositif approprié. On a représenté à titre d'exemple une came 19 pourvue de deux doubles rainures croisées 20, 20ª dans lesquelles glissent des navettes 21, 21ª articulées sur les extrémités internes des coulisseaux 16, 16ª. La came 19 est fixée sur l'arbre moteur et reste par conséquent immobile pendant le fonctionnement, de sorte que les navettes 21 des divers cylindres, entraînées par leurs coulisseaux et leurs tiges, tourneront dans la rainure interne 20 pour commander les soupapes 8 tandis que les navettes 21ª tourneront dans la rainure externe 20ª pour commander les pistons distributeurs 11. Si l'on

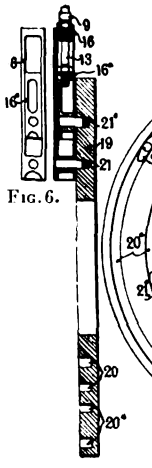


Fig. 6.

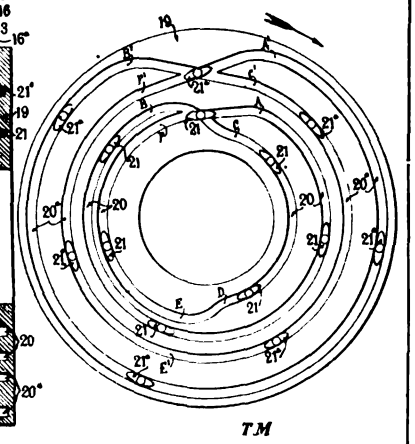


Fig. 7.

Fig. 8.

suppose que les cylindres et par suite les navettes tournent dans le sens de la flèche (fig. 8) on peut résumer le fonctionnement comme suit. En supposant que la navette 21, de l'un des cylindres, qui commande la soupape d'échappement, se trouve en A dans la rainure 20 et la navette 21ª du piston en A' dans la rainure 20ª, on voit que de AA' à BB' les rayons des arcs respectifs décrits par les deux navettes ne varient pas ; pendant ce temps, la soupape et le piston sont fermés et la compression, l'explosion et la détente des gaz brûlés se produisent ; de BB' à CC', les deux navettes se rapprochent du centre de quantités égales de sorte que la soupape et le piston viennent à la position de la fig. 4, l'échappement commence ainsi en BB'. En D, la navette interne 21, qui commande la soupape, s'éloigne du centre de sorte que la soupape se ferme graduellement et est presque complètement fermée en E, la rainure où se trouve la navette 21ª reste au contraire concentrique à l'arbre moteur, de sorte que le piston distributeur est retenu dans sa position ouverte (fig. 5) ; l'admission commence donc en plein en EE'. En F', le piston commence à se refermer et l'admission cesse complètement quand sa navette est revenue en A'. De F à A, la soupape achève de se refermer, de sorte que le cycle peut recommencer comme décrit. Le fonctionnement est le même pour les deux navettes de chaque cylindre. Lorsqu'il n'est pas retenu par la clavette 12, le piston distributeur est constamment maintenu par un joint étanche contre la soupape grâce à son ressort 14.

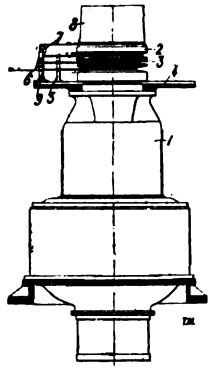
(*Société des Moteurs Gnome*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 450 469, 20.I.12.)

MÉTALLURGIE

Machine à tréfiler à passes multiples et à tambour unique. — Le fil passe successivement dans plusieurs filières pour s'enrouler sur un tambour à gorges étagées ayant des diamètres appropriés, le fil étant au sort r de chaque gorge du tambour amené à la filière suivante après passage sur un galet de renvoi. Le tambour se termine par une partie lisse légèrement conique où s'enroule le fil.

Le tambour est accouplé directement au moteur électrique qui l actionne. Par suite du groupement des divers organes, la machine présente un encombrement extrêmement réduit.

La machine comporte un tambour 2 à axe vertical commandé par un moteur électrique 1 auquel il est accouplé directement. Ce tambour présente plusieurs gorges 3 dont le diamètre diminue de haut en bas. A sa partie supérieure le tambour présente une partie légèrement conique 8 destinée à recevoir le fil terminé.



Sur une table 4 solidaire du bâti est fixée une série de filières 5 dont les trous ont des diamètres décroissants. Sur la même table est placé un support 9 sur lequel sont montés des galets de renvoi 6 et 7.

Le fil sortant d'un dévidoir quelconque est amené à la filière dont le trou a le diamètre le plus grand, puis s'enroule de plusieurs tour sur la gorge inférieure du tambour 2 qui étire le fil à travers cette filière. En sortant de la gorge du tambour 2, le fil est amené au galet 6, puis passe dans la deuxième filière et dans la deuxième gorge du tambour. Ces gorges, représentées au nombre de trois dans l'exemple choisi, peuvent évidemment être plus nombreuses.

En sortant de la dernière gorge le fil passe à un tambour 7 puis est amené au cône 8 sur lequel il s'enroule.

(*Société anonyme : Tréfileries et Laminoirs du Havre [Anciens établissements Lazare Weiller, société coopérative de Rugles et la Canalisation électrique réunis]*. Seine. Brev. fr., cl. 8, n° 450089, 31.X.12.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Filature du lin, du chanvre, du jute et autres fibres. — Cette invention a pour objet l'application aux métiers de filature d'un mouvement de croisure du fil sur les bobines, obtenu par une crémaillère à mouvement de va-et-vient engrenant avec une roue dentée clavetée sur l'arbre d'élévation du porte broches et une came agissant sur cette crémaillère de façon à lui donner d'abord un mouvement dans une direction, puis ensuite un mouvement dans une direction inverse.

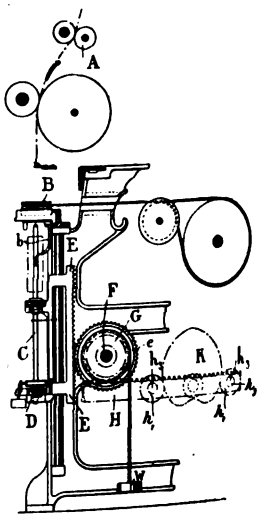


Fig. 1.

La fig. 1 est une élévation en coupe tranversale d'une partie d'une machine avec anneau tournant et doigt comprimeur centrifuge du type ayant fait l'objet d'une autre demande de brevet déposée par les demandeurs le 13 mars 1913. La fig. 2 en est une élévation partielle par bout. La fig. 3 en est une vue en plan, partie en coupe.

La machine représentée est du type de cons-

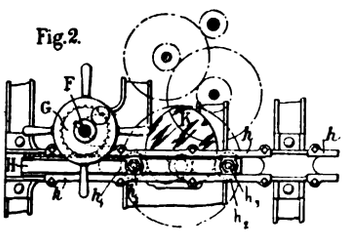
Digitized by Google

truction le plus récent pour la filature du jute et comporte des rouleaux étireurs A, un anneau tournant B, un doigt comprimeur centrifuge *b*, une broche C et un porte-broches D à mouvement vertical de va-et-vient, actionné par des crémaillères verticales E engrenant avec des roues dentées *e* disposées à intervalles sur l'arbre d'élévation F de la machine.

A une extrémité de l'arbre d'élévation F est fixée une seconde roue dentée G qui engrène avec une crémaillère H à mouvement de va-et-vient, destinée à transmettre un mouvement de rotation alternatif à l'arbre d'élévation F

La crémaillère H est placée horizontalement et elle est mobile dans des guides convenables *h* portés par le bâti, à une extrémité de la machine. Deux galets h^1 h^2 sont montés sur des axes h^3 fixés à la crémaillère H, et la came K tourne entre eux, tout en restant continuellement en contact avec l'un et l'autre, afin de communiquer à la crémaillère H un mouvement rectiligne alternatif qui est transmis par elle au porte-broches lequel est ainsi animé à son tour d'un mouvement vertical de va-et-vient.

Fig.2.



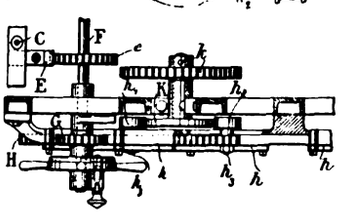


Fig. 3.

La came K est actionnée à une vitesse convenable par le rouleau fournisseur avant de la machine ou par tout autre organe convenable et par l'intermédiaire de la roue dentée *k*. Elle est en forme de cœur ou en toute autre forme permettant de donner un mouvement de va-et-vient à la crémaillère H, et son profil est établi pour empêcher tout arrêt de la crémaillère à la fin de chaque course. Les galets h^1, h^2, avec lesquels la came vient en contact, sont portés par des axes h^3, facilement ajustables afin de maintenir les galets en contact intime avec la périphérie de la came.

Des poids W sont suspendus sur l'arbre d'élévation, afin d'équilibrer le poids du porte-broches (*A. T. Lawson et G. Shaw*, Angleterre. Brev. fr., cl. 4, n° 455 536, 13.III.13.)

Graissage continu et automatique des broches genre Rabbeth, pour tous métiers à filer ou à retordre les divers textiles. — Le principe général sur lequel repose cette invention peut être résumé comme suit :

Toutes les broches d'une même face d'un métier soit à filer, soit à retordre, sont rendues complètement solidaires, quant au graissage; à cet effet, elles communiquent intérieurement toutes entre elles de façon permanente et sont alimentées de fluide lubrifiant par un réservoir de charge placé à une extrémité du métier; ce réservoir, dont le niveau est réglé invariablement à la hauteur voulue au moyen d'un dispositif approprié tel qu'un flotteur, impose donc à l'intérieur des broches un plan supérieur de fluide commun et constant.

Dans le modèle représenté fig. 1, le conduit 1 servant à réunir les broches entre elles est établi dans la barre-à-broches 2 elle-même (les divers tronçons constituant la barre-à-broches sont réunis entre eux par un dispositif représenté à la fig. 2 (plan), car leurs extrémités sont hermétiquement closes) ; on évite ainsi les fuites qui se produiraient inévitablement aux jonctions 3. A cet effet, on réunit deux à deux ces éléments à l'aide d'un raccord 4 ; celui-ci (détails fig. 2 et 3) ; est muni par exemple de tétons côniques mâles 5 et 6 s'engageant exactement dans des logements correspondants pratiqués dans les éléments de barres ; des brides 7 et 8, rappelées par vis 9 et 10, agissent sur ces têtons et assurent un joint parfait. On peut observer (fig. 1) que la broche habituelle a été modifiée dans sa partie inférieure; la carcasse externe constituant support est en deux parties cette fois, 11 et 12, s'assemblant en 13 ; la partie 12 formant réservoir est ainsi démontable. On remarque (fig. 1, 2 et 3) les trous 14 mettant chacune des broches isolément en communication avec le conduit principal ou collecteur 1. En position de marche, du fait du réservoir de charge régulateur automatique de niveau, placé à une extrémité du métier, le plan du lubrifiant est réglé à son point le plus élevé, qui se trouve limité par le degré de viscosité du lubrifiant employé, de façon à ce que la force centrifuge des broches ne projette pas celui-ci hors des étuis de graissage. Afin d'assurer une étanchéité parfaite de ces broches, des joints appropriés 16 et 17 ont été réservés sur la barre-à-broches 2 au contact respectif des deux parties 11 et 12 constituant la carcasse externe.

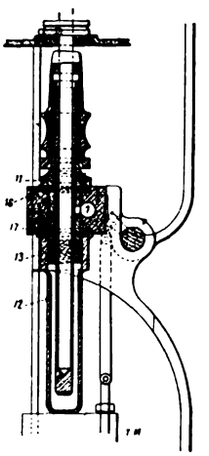


Fig. 1.

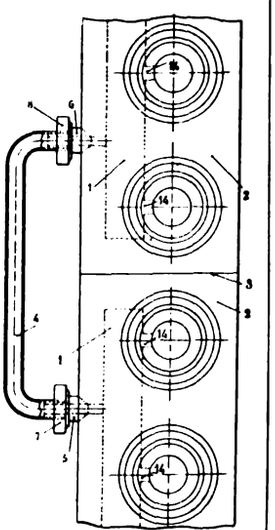


Fig. 2.

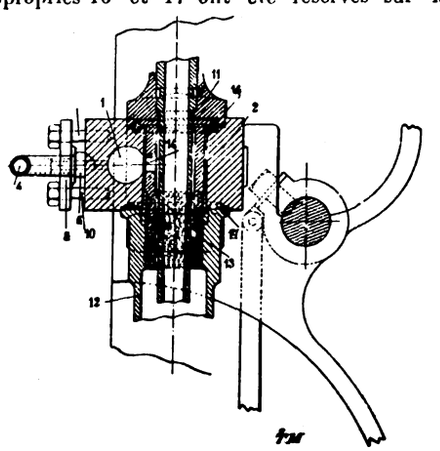


Fig. 3.

(*Société P. & C. Delesalle & Sociétés S. Walker & Cie, Nord.* Brev. fr., cl. 4, n° 455 881, 17.II.13.)

Tissage en cintre de tous genres de rubans ou tissus. — La fig. 1, représente, vue de face, un dispositif permettant de tisser tous genres de rubans ou de tissus en leur donnant une forme cintrée. La fig. 2 est une vue de côté de ce dispositif, suivant une coupe par la ligne 1-1 de la fig. 1 ;

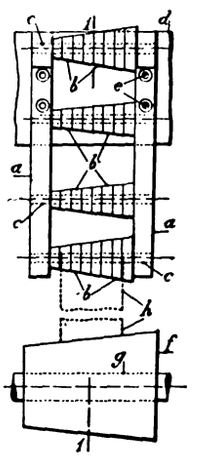


Fig. 1.

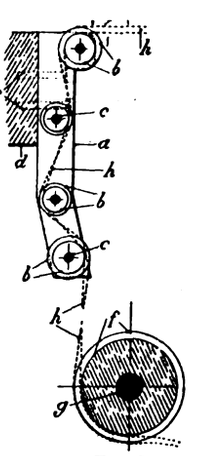


Fig. 2.

Entre les plaques en bois *a*, *a*, sont disposés des rouleaux côniques constitués par une série de tranches *b* qui sont toutes mobiles autour de leur axe respectif *c*, *c*.

Ce dispositif se fixe sur la face interne de la banquine *d* par des vis à bois *e*. En-dessous du dispositif est placé un cône entraîneur *f* calé sur l'arbre *g* des manchons du métier. Ce cône, formé d'une seule pièce, a principalement ponr but d'entraîner fortement pendant le tissage l'étoffe *h* dont le passage entre les rouleaux est representé en pointillé à la fig. 2. Tous ces cônes peuvent être hérissés d'aiguilles.

Par ce dispositif, on comprend que pendant son passage entre les rouleaux le tissu acquiert un embuvage progressif lui donnant sa forme cintrée qui est, en outre, assurée par l action du cône entraîneur.

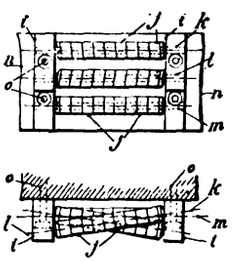
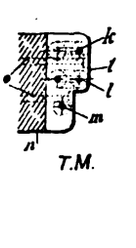


Fig. 3 et 4.



T.M.

Fig. 5.

Les fig. 3 à 5 représentent, une variante qui peut être apportée dans le dispositif décrit ci-dessus. Dans ce cas, on voit que entre les plaques *i*. *i*, sont disposés des rouleaux cylindriques formés par des tranches *j*, qui sont mobiles autour des axes respectifs *k*, *l*, *m*. Ces rouleaux peuvent être formés d'une seule pièce.

Les axes *k* et *l* sont placés en oblique par rapport au plan vertical, et en sens contraire l'un de l'autre; l'axe *m* est perpendiculaire aux plaques *i*.

Ce dispositif se fixe également sur la face interne de la banquine *n*, et y est maintenu par des vis à bois *o*. Comme pour le cas ci-dessus, en-dessous de ce dispositif est placé un cône entraîneur qui est calé également sur l'arbre des manchons du métier. Ce cône remplira le même but et donnera le même résultat que le cône *g* par rapport à l'étoffe qui, pendant le tissage, passe entre les cylindres de ce dispositif. Les cylindres et le cône peuvent également être hérissés d'aiguilles.

(*Samuel Roche*, Loire. Brev. fr., cl. 4, n° 455 749, 19.III.13.)

L.-V. Bournat, L.-G. Lévy, L.-M. et E-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

La Production minière des Colonies françaises en 1912 (1).

Algérie. — Voici le détail des exportations minérales et, par suite, de la production minière de l'Algérie en 1911 et 1912 :

	1912	1911
Phosphates	373 881 t	335 059 t
Minerai de fer	1 225 625	1 025 643
— cuivre	316	4 939
— plomb	24 516	17 909
— zinc	84 495	69 895
— d'antimoine	2 165	7 428

Voici la production par départements :

Minerais	Oran	Alger	Constantine
Phosphates	»	»	373 881 t
Minerai de fer	512 833 t	526 003 t	186 789
— cuivre	11	14	302
— plomb	699	181	23 666
— zinc	6 330	11 343	66 822

Les minerais algériens sont — à part ceux de plomb — expédiés surtout à l'étranger. Sur 1 225 625 t de minerai de fer, la France ne reçoit que 37 556 t et, sur 73 863 t de minerai de zinc, que 10 632 t.

La consommation houillère de l'Algérie a été de 477 000 t en 1912 contre 400 000 t seulement en 1911, dont 5 439 t seulement de charbon venant de France, le reste étant du charbon de provenance anglaise ou allemande.

Les progrès de la production minière en Algérie depuis dix ans, sont mis en relief par le tableau suivant :

	Production en 1912	Production en 1902
Phosphates	373 881 t	260 265 t
Minerai de fer	1 225 625	495 477
— cuivre	316	907
— plomb	24 516	6 303
— zinc	84 495	41 189

En dix ans, la production de phosphates a augmenté de moitié, celle de minerai de fer a triplé, celle de minerai de plomb a quadruplé et celle de minerai de zinc a doublé.

L'exploitation minière a un grand avenir, surtout dans le département de Constantine, par suite du développement des minerais de fer de la Kabylie, des Babors, de l'Ouenza et de Bou Kadra.

En ce qui concerne les phosphates algériens, les gisements du Kouif ont été repris par The Constantine Phosphate Cy, qui s'est ensuite transformée en société française, la Compagnie des Phosphates de Constantine, au capital de 10 millions de francs. Les phosphates de Kef-Rebiba (Compagnie du Dyr), ont été achetés par la C^ie^ de Saint-Gobain; la Société des phosphates de Tébessa a été dissoute.

En minerais de zinc et plomb, on a enregistré en 1912, trois demandes de concessions.

Les recherches de pétrole se font de plus en plus actives dans le département d'Oran principalement; plusieurs Sociétés anglaises et françaises travaillent et deux demandes de concessions ont été formulées.

L'exploitation du Kieselguhr commence aussi à se dessiner. Signalons la dissolution de deux sociétés : Compagnie Nord-Africaine, Mines d'antimoine d'Algérie.

Tunisie. — La production minière de la Tunisie est arrivée à dépasser de beaucoup, comme valeur, celle de l'Algérie, grâce surtout au développement de l'exploitation phosphatière (1).

En 1911, les matières minérales exportées des ports algériens, représentaient 40 millions de francs, celles des ports tunisiens représentaient 52 millions environ.

La mise en valeur des richesses du sous-sol s'est donc faite beaucoup plus rapidement en Tunisie qu'en Algérie, fait justement remarquer *L'Echo des mines et de la métallurgie*, grâce à une législation minière plus souple et moins de formalisme qu'en Algérie et dans la Métropole.

En phosphates, par l'importance et la variété des débouchés, l'on n'a pas à craindre la surproduction; aussi constate-t-on partout une augmentation de l'extraction qui dépasse aujourd'hui 1 million 1/2 de tonnes, la C^ie^ de Gafsa donnant seule pour plus d'un million de tonnes.

Le 21 février 1913 a eu lieu l'adjudication des gisements domaniaux de phosphates de Méheri-Zebbeus, au profit du Crédit foncier d'Algérie, moyennant une redevance annuelle de 3 fr 88 à la tonne. La C^ie^ de Gafsa n'a pas exercé son droit de préemption sur ces gisements qui ont été rétrocédés à la Société des phosphates tunisiens.

Près de Tunis, une usine à superphosphate a été installée par la Société Tunisienne d'Engrais chimiques.

En minerais autres que le fer, alors que l'Algérie produit surtout du zinc, la Tunisie paraît appelée à fournir principalement du plomb (50 000 t), dont une partie sera fondue à Négrine. La production de minerais de zinc est de près de 35 000 t. Notons la constitution des sociétés du Djebel-Hallouf, du Djebel-Touila, près Kairouan, et des recherches de pétrole décidées par la C^ie^ de Gafsa.

Maroc. — Il y a eu, en 1912, une poussée vers le Maroc, où plus de 40 Sociétés françaises diverses (commerciales, foncières, minières, industrielles), se sont formées, représentant plus de 75 millions de capitaux. En particulier une douzaine de Compagnies minières ont été constituées en quelques mois, dont 3 très importantes : la Compagnie marocaine (10 millions de fr) ; la Compagnie générale du Maroc (10 millions de fr), devant s'occuper aussi de travaux publics; la Compagnie minière et métallurgique franco-marocaine.

Nous aurons donc bientôt, d'après l'*Echo des Mines*, une vingtaine de sociétés minières dans notre nouveau protectorat du Maroc.

Il n'existe pas encore de règlement minier en vigueur au Maroc, où il n'est pas accordé de permis de recherches de mines; ceux qui découvrent des gisements font une déclaration à leur Légation pour établir leur droit de priorité, et il sera statué sur ces demandes lors de la mise en vigueur du règlement minier à l'étude.

Indo-Chine. — Le Tonkin est le lieu de nombreuses recherches minières. Le Tonkin se développe en minerai de zinc, dont on exportera cette année plus de 25 000 t; il est question d'ouvrir de nouvelles exploitations de minerai de zinc et d'étain, notamment par la Société de recherches minières en Indo-Chine.

Le programme de routes prévu au projet du nouvel emprunt de 90 millions permettra la transformation de sociétés d'Etudes en Sociétés d'exploitation. En février 1912, le ministre des Colonies a signé une nouvelle réglementation minière de l'Indo-Chine, modifiant le décret de 1897 : unification de concession, substitution d'un carré au cercle de permis de recherche, etc. On s'occupe de dresser l'inventaire des ressources hydrauliques du pays.

Nouvelle-Calédonie. — La Nouvelle-Calédonie se préoccupe de créer une métallurgie locale, qui augmentera beaucoup la valeur des exportations à base de produits minéraux.

L'usine de Thio, de la société « le Nickel », est entrée en exploitation ; on va installer un deuxième cubilot. La chute de Tao va être prolongée jusqu'au bord de la mer et l'on arrivera probablement à faire même du nickel pur au four électrique. L'aménagement de la chute de la Yaté se poursuit. Enfin, l'usine Chavane, de Nouméa, augmente tous les jours sa production de nickel.

Il s'est constitué deux sociétés : la Compagnie des Mines de Nickel réunies (reprise de la Consolidated Mines) et la Société des mines nickélifères.

Madagascar. — La production aurifère de Madagascar a fléchi un peu en 1912, alors que d'autres substances (graphite, terres uranifères, pétrole) semblent devoir prendre de l'importance. Au point de vue de l'or, on a enregistré la dissolution des Sociétés de Soavinarivo, de l'Itasy, celle-ci ayant fusionné avec l'Ankaratra, la constitution de la Société du Faraony.

En graphite, de 1 500 t en 1911, la production malgache passera à 3 000 t en 1912 ; or, l'exploitation du graphite n'a commencé qu'en 1909 avec 200 t. On livre des graphites à 80-85 % cristallisés en paillettes très onctueuses. En 1912, il a été enregistré plusieurs nouvelles sociétés : Graphites de Madagascar, Graphites Maskar, Société franco-belge, Syndicat Minier. Une usine de préparation moderne a été installée près de Tananarive.

A la suite de la découverte du pétrole dans l'Ouest, une nouvelle Société s'est constituée, la Sakalava Proprietary Oilfields. On s'occupe aussi d'exploiter des substances uranifères à Madagascar.

Quant au nouveau chemin de fer de Tananarive au centre minier d'Antsirabé, les études sont déjà faites pour quelques sections et la Chambre a voté le projet de loi.

Afrique occidentale. — En Guinée, les expériences poursuivies par le Syndicat Franco-Anglais sur un gîte des mines de Siguiri ont prouvé l'existence de minerais pouvant être traités industriellement.

Une combinaison a été faite entre les Compagnies de Falémé et de Sénégambie.

En Côte-d'Ivoire, la Société de Bandama construit une nouvelle usine de 30 pilons à côté de la première batterie de pilons, pour produire 70 kilos d'or par mois.

Au Congo, la Compagnie minière du Congo français a continué en 1912 ses expéditions à Anvers d'un minerai riche en cuivre, la « mumdoulite ». Les travaux d'exploitation de cette société ont révélé un très intéressant gisement. Non loin de Mindouli, la Compagnie des mines de Djoué étudie un gisement du même genre.

Guyane. — Il y a eu fusion en 1912 entre les C^ies^ Adieu-Vat et Sainte-Elie, formation de la Compagnie du Mataroni, dissolution de la Compagnie des Dragages.

Côte française des Somalis. — On commence à exporter du guano par Djibouti. La Société des Salines de Djibouti s'est constituée en 1912.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 6 (15 mars 1912), p. 240.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 6 (juin 1910), p. 380.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

La Technique Moderne

GÉNIE MARITIME

APPLICATION DES MOTEURS DIESEL AUX NAVIRES DE GUERRE

Il a été traité, dans un article précédent (1), des difficultés de réalisation du moteur Diesel léger nécessaire aux bâtiments de guerre, dues à l'obligation où l'on est de calculer ces moteurs pour des pressions très supérieures à la pression maximum de régime.

En dehors de cette question qui intéresse surtout la résistance mécanique du moteur, il en est une autre non moins importante pour la réalisation d'une robustesse et d'une endurance satisfaisantes : c'est celle de la résistance aux effets calorifiques des gaz des pièces en contact direct avec ceux-ci.

Les avantages principaux de simplicité et d'économie de combustible des moteurs à explosion et à combustion interne sont dus en effet à la suppression de l'intermédiaire eau et à l'utilisation immédiate du combustible dans l'appareil moteur. Mais de ce fait il résulte aussi que le cylindre se trouve périodiquement dans des conditions analogues à celles d'un foyer de chaudière, il en résulte une élévation de la température moyenne des parois internes du cylindre d'autant plus grande que le refroidissement en est plus difficile à assurer.

INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR DES PAROIS DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION. — Soit Θ, la température du gaz à l'intérieur du cylindre ;

T_1 la température de la paroi interne de la chambre de combustion;

T_2 la température de la paroi externe de la chambre de combustion ;

T_3 la température de l'eau de circulation ;

σ la surface des parois internes de la chambre de combustion ;

S la surface en contact avec l'eau de circulation ;

ε l'épaisseur de la paroi ;

K le coefficient d'émission de chaleur des gaz (quantité de chaleur émise par heure et par mètre carré) ;

K' le coefficient de transmission de chaleur entre la paroi externe et l'eau de circulation (quantité de chaleur transmise par heure et par mètre carré) ;

C le coefficient de conductibilité du métal de la paroi (quantité de chaleur transmise par heure pour une épaisseur de 1 mètre) ;

Θ, T_1, T_2, σ sont des fonctions de l'angle de manivelle φ.

Si on se reporte aux théories de M. Nadal et de M. Kirsch sur les effets de paroi des machines à vapeur, qui sont entièrement applicables ici, on est conduit à représenter la température moyenne T à l'intérieur de la paroi par une fonction de la forme

$$T = A_0 - Bx + A_1 e^{-mx} \cos(\varphi - a_1 - mx).$$

x étant l'épaisseur à partir de la paroi interne ; A B A, m et a_1, étant des constantes.

En chaque point de la paroi, la température oscille autour de la valeur correspondante de la droite : $T = A_0 + Bx$.

D'autre part, l'amplitude des oscillations décroît très vite du fait du terme e^{-mx} et peut être considérée comme nulle à partir d'une certaine valeur de x qui, pratiquement, ne dépasse pas quelques millimètres.

Par ailleurs, la masse même des parois du cylindre forme un volant de chaleur considérable et l'on peut admettre que T_2 est sensiblement constant tout le long de la paroi externe.

Dans ces conditions, le régime permanent étant établi, la quantité de chaleur A enlevée par heure par l'eau de circulation a pour valeur

$$Q = \frac{K}{\Phi}\int_0^{\Phi} \sigma(\Theta - T_1)\,d\varphi = \frac{C}{\varepsilon} S (T'_1 - T_2) = SK'(T_2 - T_3)$$

avec

$$T'_1 = \frac{1}{\Phi}\int_0^{\Phi} T_1\,d\varphi.$$

Φ étant l'angle de manivelle décrit pendant une heure.

On déduit :

$$\frac{T'_1 - T_2}{T_2 - T_3} = \frac{K'\varepsilon}{C}$$

$$T_2 = \frac{T'_1 C + K'\varepsilon T_3}{C + K'\varepsilon}$$

$$T'_1 - T_2 = (T'_1 - T_3)\frac{K'\varepsilon}{C + K'\varepsilon}$$

$$\frac{\frac{1}{\Phi}\int_0^{\Phi} \sigma(\Theta - T_1)\,d\varphi}{S(T'_1 - T_3)} = \frac{CK'}{K(C + K'\varepsilon)}$$

Or, T_3 température de l'eau de circulation, varie peu ; on voit donc que T'_1 et T_1, qui varient dans le même sens, augmentent quand ε augmente ; autrement dit, la température de la paroi interne se rapproche de la température des gaz quand l'épaisseur croît.

Si l'on examine en particulier le cas de deux cylindres semblables dont les pistons ont même vitesse linéaire et si n désigne le rapport des dimensions linéaires des deux cylindres, la puissance, les surfaces S et σ varient comme n^2, l'épaisseur des parois varie comme n ce qui satisfait à la fois à la loi de similitude géométrique et à celle d'égalité de résistance mécanique ; quant au rapport

$$\frac{\frac{1}{\Phi}\int_0^{\Phi} \sigma(\Theta - T_1)\,d\varphi}{S(T_1' - T_3)}$$

Il varie comme

$$\frac{C}{K\left(\frac{C}{K'} + n\varepsilon\right)}$$

La valeur de C pour la fonte et l'acier est de 28; celle de K est assez mal déterminée et a fait l'objet de nombreuses discussions,

(1) Voir *La Technique Moderne*, t I, n° 1 (1er décembre 1908), p. 21 ; n° 12 (novembre 1909), p. 574 ; t. III, n° 7 (juillet 1911, p. 431 ; t. III, n° 9 (1er mai 1912), p. 321 ; n° 12 (15 juin 1912), p. 449 ; t. VI, n° 8 (15 avril 1913), p. 289, et aussi BIBLIOTHÈQUE DE *La Technique Moderne* fascicule V. (Supplément au numéro du 15 décembre 1912.)

Digitized by Google

nous prendrons pour elle la valeur 360 souvent admise. Quant à K' il résulte des expériences de M. Ser que sa valeur peut être représentée par

$$K' = 4\,500\sqrt{V}$$

V étant la vitesse, en mètres par seconde, de l'eau de circulation.

On pourrait donc songer à compenser la variation du dénominateur avec n par une variation corrélative de K'. Soit K'' cette nouvelle valeur, il suffirait que

$$\frac{C}{K''} + \varepsilon n = \frac{C}{K'} + \varepsilon$$

Cette condition étant réalisée, les conditions thermiques resteraient les mêmes. Cherchons la valeur limite de n correspondant à une valeur de V infinie.

$$n = 1 + \frac{C}{\varepsilon K'}$$

Prenons $\varepsilon = 0^m,03$ avec $V = 0^m,10$, $K = 1\,480$, valeurs réalisées pour des cylindres de 70 chevaux, on trouve $n = 1.62$, correspondant à un cylindre d'une puissance de $n^2 \times 70 = 170$ chevaux seulement.

On voit que, même en admettant une valeur V' très supérieure à V, ce qui conduirait à des valeurs énormes du débit de la circulation variant comme $n^2 \frac{V'}{V}$, il est impossible de conserver les mêmes conditions thermiques à partir d'une valeur relativement faible de n.

La température de la paroi interne augmente donc avec la puissance et l'on conçoit, dans ces conditions, qu'il y ait une limite de puissance réalisable avec un seul cylindre, cette puissance étant atteinte quand la température de la paroi interne étant suffisamment élevée pour désagréger l'huile de graissage, le fonctionnement mécanique du piston n'est plus possible.

La détermination théorique de cette limite nécessite la détermination des intégrales $\int_o^\Phi \sigma\,(\Theta - T_1)\,d\varphi$ et $\int_o^\Phi T_1\,d\varphi$. Or, on peut déterminer graphiquement l'intégrale $\int_o^\Phi \sigma\,\Theta\,d\varphi$; quant aux intégrales $\int_o^\Phi \sigma\,T_1\,d\varphi$ et $\int_o^\Phi T_1\,d\varphi$, leur détermination nécessiterait des hypothèses *a priori* de nature à fausser les résultats. Par ailleurs, la valeur du coefficient K est loin d'être déterminée de façon précise. Seules, des mesures expérimentales permettraient d'obtenir ces différents résultats.

Les renseignements les plus intéressants à ce sujet ont été relevés sur un moteur Körting à deux temps de 400 chevaux, l'épaisseur des parois étant de 40 mm (1).

Des thermomètres à mercure, placés de façon que le centre de gravité de leur réservoir soit sensiblement à mi-épaisseur de la paroi, ont donné les résultats suivants à pleine charge :

Température du cylindre près de la culasse.....	94° C
— — à mi-course.....	63° C
— aux lumières d'échappement.....	170° C
— de l'eau de circulation.....	38° C

On peut déduire de ces résultats que certains points de la paroi interne, particulièrement de la culasse, du fond de piston et des parties du cylindre voisines de l'échappement, sont à des températures proches de 200° C.

On peut d'ailleurs se rendre compte de la façon dont varie le rapport

$$\gamma = \frac{C\,K'}{K\,(C + K'\,n\,\varepsilon)}$$

avec n.

Conservons les valeurs numériques précédemment prises

$$C = 28 \quad K = 360 \quad K' = 1480$$

Avec $\varepsilon = 0^m,03$ correspondant à un cylindre de 70 chevaux, on a

$$\gamma = 1,58$$

Pour $n = 2$, ce qui correspond à un cylindre de 280 chevaux on a

$$\gamma = 0,985$$

La variation de γ est loin d'être négligeable.

A titre d'indication, si on admet que $T_1' - T_3$ est égal à 100° pour $n = 1$ et que le numérateur et le dénominateur du rapport

$$\frac{\frac{1}{\Phi}\int_o^\Phi \sigma\,(\Theta - T_1)\,d\varphi}{S\,(T_1' - T_3)}$$

varient en sens contraire de la même quantité t, on déduit, avec les valeurs de γ précédemment trouvées

pour $n = 1$ $$\frac{\frac{1}{\Phi}\int_o^\Phi \sigma(\Theta - T_1)\,d\varphi}{S} = 1,58 \times 100$$

pour $n = 2$ $$\frac{\frac{1}{\Phi}\int_\Phi^1 \sigma\,(\Theta - T_1)\,d\varphi - t}{S} = 0,985\,(100 + t)$$

d'où $t = 30$.

L'augmentation de la température moyenne de la paroi interne serait donc de 30°.

Quoiqu'il en soit, la limite de puissance réalisable est d'autant moins élevée que l'épaisseur des parois est plus forte et, par suite, que les pressions auxquelles on doit les calculer sont plus élevées.

Ainsi donc, les surpressions possibles dans le moteur Diesel, en même temps qu'elles sont un obstacle à la réalisation d'un moteur léger, sont une cause de difficultés pour assurer un refroidissement convenable et, par suite, un fonctionnement mécanique satisfaisant des cylindres de grande puissance.

Il existe une autre cause d'échauffement des parois : c'est celle qui résulte des réactions dues au fonctionnement mécanique du piston dans le cylindre.

Or, plus la température de la paroi interne s'élève, plus le graissage devient difficile et plus la tendance au grippement apparait.

En dehors des avaries de piston et de cylindre que peut produire un grippement, l'élévation de température qui en résulte peut être suffisante pour amener une inflammation de l'huile du carter dont les conséquences peuvent être graves.

Il importe donc de réduire d'autant plus les réactions de frottement que la tendance au grippement est plus grande, c'est-à-dire la puissance plus élevée.

On est, par suite, dans l'obligation absolue de renoncer à la disposition couramment employée dans les petits cylindres qui consiste à articuler directement le pied de bielle sur le piston et qui fait supporter à celui-ci et au cylindre, les réactions normales à leur paroi dues à l'obliquité de la bielle.

Pour un cylindre de $0^m,60$ d'alésage ayant un rapport bielle-manivelle = 3, la valeur de cet effort normal dépasse 10 t.

La longueur de piston correspondante serait d'environ 1 m; pour tenir compte des inégalités de dilatation, il faudrait laisser un jeu de près de 1 mm entre le cylindre et le piston, jeu mauvais au point de vue de l'étanchéité, et qui ne garantirait nullement contre une déformation toujours possible d'un piston d'aussi grande longueur irrégulièrement surchauffé.

Il est donc indispensable de ne faire remplir au piston que son rôle naturel, déjà suffisamment délicat à assurer en l'espèce, qui est de réaliser l'étanchéité d'un volume variable à chaque instant et de faire porter les réactions normales sur un organe mécanique spécial qui n'est autre que la tige de piston avec traverse patin et glissière des machines à vapeur.

On augmente ainsi l'encombrement vertical du moteur, ce qui ne simplifie pas le problème de l'installation à bord des navires de guerre, mais on gagne au point de vue de la sécurité du fonc-

(1) Hugo Guldner : *Calcul et construction des moteurs à explosion*, p. 275.

Digitized by Google

tionnement mécanique, la séparation du cylindre et du carter, diminuant en outre les chances d'inflammation dans celui-ci, au cas de grippement ou de fêlure du piston.

On peut d'ailleurs prévoir que la puissance réalisable dans des conditions acceptables de consommation et de bonne combustion sera inférieure à la puissance limite précédemment définie ; l'expérience des moteurs à gaz et particulièrement des moteurs à gaz de hauts-fourneaux dans lesquels cependant le mélange d'un comburant et d'un combustible gazeux est plus intime que dans le Diesel où, à proprement parler, il n'y a pas mélange, montre en effet que pour des augmentations continues du volume, et par suite de la puissance des cylindres, la consommation de combustible par cheval décroît d'abord, reste stationnaire, puis finalement augmente. Ce résultat indique qu'à partir d'un certain volume de la chambre de combustion, la combustion n'est plus complète. On peut en conclure qu'il en sera de même avec le Diesel avec l'inconvénient en plus, que la combustion incomplète des combustibles liquides employés donnant des dépôts de coke encrassera le cylindre.

Refroidissement du piston. — Si l'on examine l'action de la chaleur sur les différentes parties de la chambre de combustion, on constate que pendant toute la durée des courses de détente et d'évacuation, la paroi interne du fond de pistor et celle de la culasse sont en contact constant avec les gaz chauds, alors que les différentes parties de la paroi du cylindre ne sont en contact avec ces gaz que pendant une fraction de course d'autant plus petite qu'elles sont plus éloignées de la culasse. La culasse et le fond de piston ont donc tendance à prendre une température moyenne plus élevée que celle de la paroi du cylindre. De plus, alors que dans les moteurs à explosion les parois de la chambre de combustion se trouvent dans des conditions thermiques identiques, il existe dans le Diesel une dissymétrie calorifique du fait du mode d'injection employé.

C'est en effet le fond du piston qui pendant toute la durée d'injection reçoit le choc des gaz enflammés. Or, si la température moyenne de la combustion ne dépasse pas 1 550° C, on peut supposer que la température des jets enflammés débités sous forte pression dans des conditions analogues à un dard de chalumeau peut être bien supérieure.

On peut considérer que cette flamme agit de deux façons, d'une part en tendant à désagréger la paroi interne du fond du piston par sa force vive, d'autre part, en modifiant la structure physique et la constitution chimique des couches superficielles de par sa température élevée et sa nature essentiellement carburante.

On peut atténuer ces effets, comme l'ont fait certains constructeurs, par l'emploi de diffuseurs épanouissant le jet sur une plus grande surface ; il n'en reste pas moins que de toutes les parties de la chambre de combustion, c'est le piston qui supporte, au point de vue thermique, la plus grande fatigue.

Les équations précédemment établies subsistent en se simplifiant dans le cas particulier du piston.

Nous conserverons les mêmes notations, toutefois comme le refroidissement du piston peut se faire soit simplement par l'air, soit par circulation d'huile ou d'eau, T_3 désignera la température de fluide refroidisseur et K' le coefficient de transmission correspondant.

L'intégrale

$$\frac{1}{\Phi}\int_o^{\Phi} \sigma\,(\Theta - T_1)\,d\varphi$$

devient

$$S\left(\frac{1}{\Phi}\int_o^{\Phi} \Theta\,d\varphi - T'_1\right)$$

S étant la surface de la paroi du fond du piston.

On connaît par ailleurs la loi de variation de Θ en fonction de φ représentée par la courbe de la figure 1.

On en déduit graphiquement

$$\Theta' = \frac{1}{\Phi}\int_o^{\Phi} \Theta\,d\varphi$$

Finalement la quantité de chaleur qui traverse le fond du piston, par heure et mètre carré est

$$(1) \qquad q = K\,(\Theta' - T'_1) = \frac{C}{\varepsilon}\,(T'_1 - T_2) = K'\,(T_2 - T_3)$$

on en déduit

$$(2) \qquad \frac{\Theta' - T'_1}{T'_1 - T_3} = \frac{C}{K\left(\frac{C}{K'} + \varepsilon\right)}$$

$$(3) \qquad T_2 = \frac{\Theta\,KC + T_3\,K'(C + \varepsilon\,K)}{KC + K'\,(C + \varepsilon K)}$$

la relation (2) montre que

(4) T'_1 est d'autant plus petit que $\frac{C}{K'} + \varepsilon$ est plus petit.

(5) T'_2 est d'autant plus petit que $K'\,(C + \varepsilon\,K)$ est plus grand.

Dans les cylindres à allure lente, de faible puissance, la réfrigération des parois du cylindre et de la culasse assure un refroidissement suffisant. On pourra augmenter l'épaisseur ε de façon à rendre le piston plus résistant sans mettre en jeu des forces d'inertie trop considérables.

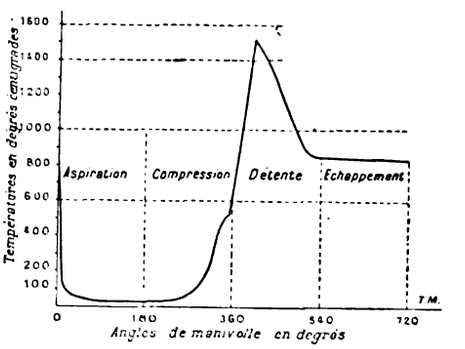


Fig. 1. — Température des gaz pendant un cycle pour un moteur à quatre temps.

Cette augmentation de ε a par ailleurs l'avantage d'augmenter la valeur du produit $K'\,(C + \varepsilon K)$ et par suite de diminuer T_2 ; on peut, dans ce cas, se contenter d'une valeur faible pour K' ce qui permet d'assurer la réfrigération du piston simplement par les gaz contenus dans le carter, tout en conservant une température T_2 suffisamment basse pour éviter tout risque d'inflammation.

Au contraire, dans les moteurs puissants, il résulte des considérations précédentes sur l'influence de l'augmentation d'épaisseur des parois que l'on doit chercher à enlever le plus de calories possibles. La première des équations (1) montre qu'il faut donc réaliser la température T'_1 la plus basse possible, ce qui, d'ailleurs est également favorable à la conservation du piston.

La condition (4) montre qu'on atteindra ce résultat en donnant à ε la valeur minimum compatible avec la résistance mécanique et en donnant à K' la valeur maximum possible. On est donc amené de façon impérative, à réaliser un piston à circulation d'eau.

Tableau I. — Comparaison des refroidissements des pistons par l'air et par l'eau.

Refroidissement	Épaisseur en millimètres	T'_1	T_2	T_3	Q par cm²
Eau	20	210°	121°	40°	12 cal. 24
Air	20	332°	277°	60°	7 85
Air	100	400°	210°	60°	5 4

Le tableau ci-dessus donne les valeurs déduites des formules (1) (2) (3) de T'_1, T_2 et Q dans différents cas, en prenant pour Θ' a valeur 550° correspondant à l'ordonnée moyenne de la courbe

(1) En pratique, T'_1 et T_2 seront légèrement inférieurs aux valeurs ainsi déterminées par suite de l'abaissement de Θ' dû au fait même du refroidissement.

Digitized by Google

de la fig. 1 relative à un moteur à quatre temps et pour T_3 la valeur 60° ou 40° selon que le refroidissement a lieu par les gaz du carter ou par circulation d'eau.

Ces résultats (1) mettent nettement en lumière l'amélioration importante réalisée par la circulation d'eau tant au point de vue des calories enlevées, que de l'abaissement de température; ils montrent également que si l'augmentation d'épaisseur permet de réaliser une température admissible pour la paroi du piston en contact avec les gaz du carter, par contre elle est peu favorable au refroidissement de la chambre de combustion et ne saurait convenir qu'aux faibles puissances.

Ces chiffres font enfin ressortir dans le cas du refroidissement par l'air des pistons minces, la valeur élevée de T_2 qui peut atteindre la température de désagrégation de l'huile de graissage projetée contre le fond du cylindre, d'où dépôts de coke diminuant encore la valeur du coefficient K′ et tendant par suite à augmenter encore T′, et T_2.

L'installation de pistons à circulation nécessite évidemment des complications mécaniques, de plus il peut se produire des fuites d'eau dans le carter. Certains constructeurs craignant les résultats d'un mélange d'eau de mer et d'huile de graissage ont installé des pistons à circulation d'huile. La valeur du coefficient K′ pour l'huile n'est pas déterminée de façon précise, il semble toutefois logique de la représenter par une formule analogue à celle trouvée pour l'eau par M. Ser. La constante de cette formule, qui est évidemment fonction de la viscosité du liquide, aura une valeur beaucoup plus faible pour l'huile que pour l'eau : les difficultés de réfrigération de l'huile de graissage en sont la meilleure preuve. Il semble qu'il y aurait avantage à remplacer cette huile par de l'eau distillée circulant en circuit fermé.

Conclusions. — Les considérations ci-dessus mettent nettement en évidence l'importance fondamentale, pour la sécurité du fonctionnement mécanique, du refroidissement des parois de la chambre de combustion. Elles font voir que les pressions pour lesquelles on est obligé de calculer les parois de la chambre de combustion du Diesel, en même temps qu'elles augmentent le poids par cheval, sont un obstacle à une bonne réfrigération; leur influence à ce point de vue apparaît d'autant plus grave que la puissance à réaliser est plus considérable.

Si on remarque que la puissance minimum du cylindre pour moteur de cuirassé doit être de 1 000 chevaux, on voit toute l'importance de l'étape à franchir, toute question de poids mise à part, pour obtenir un cylindre de cette puissance de fonctionnement et d'endurance satisfaisants, tout en conservant l'économie de consommation qui est un des avantages principaux du Diesel.

Paul Dumanois,
Ingénieur de la Marine.

CHEMINS DE FER

FABRICATION ET ENTRETIEN DES RESSORTS A LAMES EMPLOYÉS SUR LE MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

(*Suite et fin*) (1)

Lames ordinaires. — Les lames autres que la maîtresse-lame ont leurs bouts coupés d'équerre, ou arrondis, ou bien encore coupés en langue d'aspic; mais, dans un cas comme dans l'autre, ces bouts sont amincis sur une certaine longueur correspondant à l'étagement des lames (voir fig. 1 à 7, 9 et 10, 21 et 22).

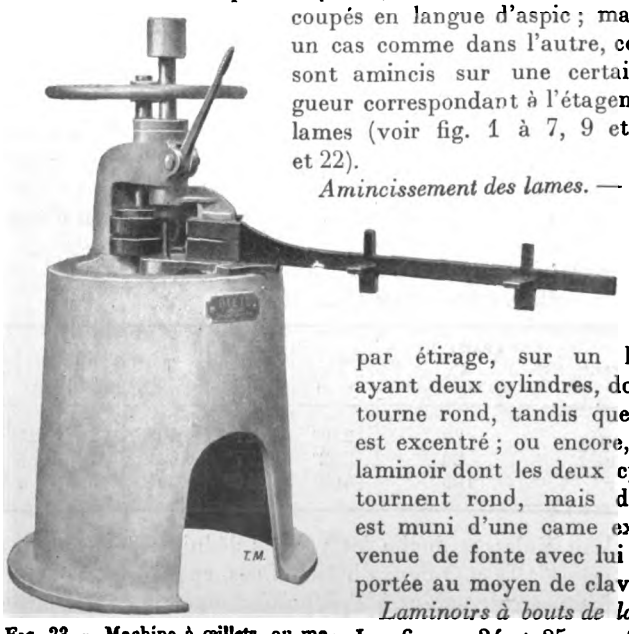


Fig. 23. — Machine à œillets, ou machine à rouler les bouts des maîtresses lames.

Amincissement des lames. — L'amincissement des lames se fait par étirage, sur un laminoir ayant deux cylindres, dont l'un tourne rond, tandis que l'autre est excentré; ou encore, sur un laminoir dont les deux cylindres tournent rond, mais dont un est muni d'une came excentrée venue de fonte avec lui ou rapportée au moyen de clavettes.

Laminoirs à bouts de lames. — Les figures 24 et 25 représentent un laminoir ayant un rouleau cylindrique et un rouleau mi-cylindrique, mi-excentré. Cette machine est de construction ancienne; comme elle est robuste et bien construite, on la trouve encore en service dans maints ateliers. Mais, lorsqu'on amincit les plats des bouts des lames, ils s'épanouissent et on est obligé de réduire leur largeur. Or, en travaillant sur cette machine, il faut se servir du marteau pour ramener les lames à leur largeur, ce qui exige deux opérations différentes se faisant, l'une sur le laminoir, l'autre sur l'enclume.

Pour éviter cette double manœuvre, on a construit des laminoirs (fig. 26 et 27), comportant à la fois des rouleaux pour laminer sur plat, et des rouleaux pour laminer sur champ; ceux-ci sont placés sur le côté et sont creusés de cannelures excentrées ayant des diamètres et des largeurs appropriées aux dimensions des aciers à travailler. Sur cette machine, le rouleau supérieur est cylindrique; le rouleau inférieur est constitué par un arbre en acier ayant trois portées excentrées présentant chacune une excentricité différente; le plus souvent, la portée du milieu n'est pas excentrée, et le laminoir, en cet endroit, donne à l'acier une épaisseur uniforme. L'arbre inférieur reçoit, fixées par quatre clavettes équidistantes, trois bagues en acier, cémentées et trempées. Lorsque la partie excentrée de l'une de ces bagues a travaillé pendant un certain temps, et présente des traces d'usure, on peut déplacer la bague d'un quart de tour et mettre en service une partie non usée, ce qui assure à chaque bague une très grande durée.

Sur d'autres machines, le laminage à plat et la laminage sur champ se font au moyen des mêmes rouleaux; tel est le cas pour

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 7 (1er octobre 1913), p. 226.

Digitized by Google

la machine représentée par les figures 28 à 32 qui est de construction américaine (1). Le rouleau supérieur porte un excentrique rapporté au moyen de clavettes latérales (fig. 31). Les cannelures placées sur le côté sont excentrées.

Les laminoirs à ressorts marchent assez lentement (30 tours par minute environ) : l'ouvrier doit attendre que les cylindres aient fait une révolution complète, chaque fois qu'ayant présenté une

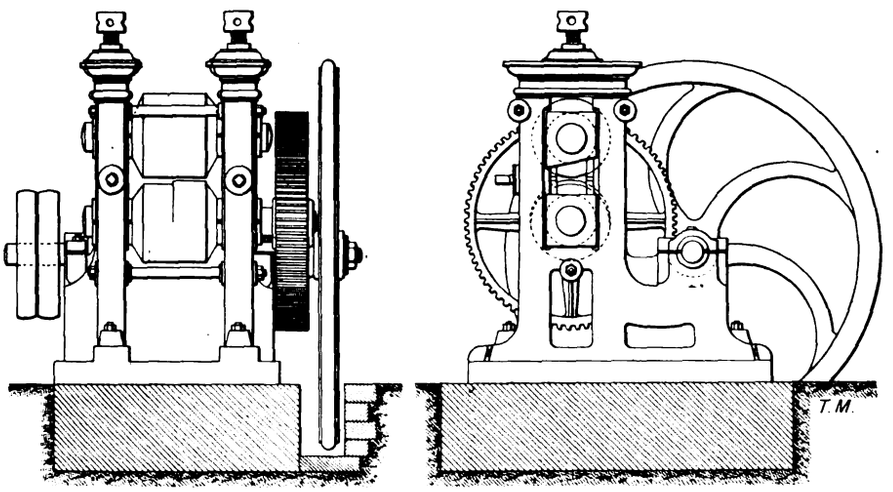


FIG. 24 et 25. — Laminoir pour amincir les feuilles de ressorts sur les plats des bouts. (ancien style.)

lame à plat, il veut la présenter sur champ ou inversement ; il en résulte une perte de temps. Pour y remédier, M. C. Dietz a combiné une machine (fig. 33), où au sortir du laminoir à plat, la lame peut être serrée entre deux mâchoires qui se rapprochent et s'écartent alternativement, de sorte qu'entre deux laminages à plat on peut faire un resserrage sur champ et réduire la largeur de la lame. Cette machine comporte d'ailleurs, comme celle de la figure 26-27, un rouleau excentré formé de deux parties : 1° un axe qui est mis en mouvement par l'engrenage ; 2° un manchon excentré, fixé sur l'arbre par quatre clavettes, et que l'on peut déplacer d'un quart de tour chaque fois que l'usure est trop prononcée. La vitesse est de 40 à 60 tours par minute, aux cylindres.

Découpage, rognage et emboutissage des bouts. — Au sortir du laminoir, la lame encore chaude est passée sous une presse à excentrique, qui découpe la fente, emboutit l'étoquiau, rogne le bout de la lame en lui donnant, si besoin est, une forme droite, arrondie, ou en langue d'aspic.

Ces trois opérations peuvent être exécutées sur une même machine portant plusieurs poinçons de forme appropriée et placés côte à côte.

Sur la machine américaine, représentée par les figures 28 à 32 la cisaille à bouts de lames et la poinçonneuse à étoquiaux sont placées chacune sur un bâti différent à la suite du laminoir, mais les trois outils sont commandés par un mécanisme unique, par poulies avec volant et engrenages. Cette machine est un peu grêle d'aspect ; il faut assurément lui préférer la poinçonneuse multiple représentée par les figures 34 à 36 qui ne comporte pas moins de huit outils différents réunis par groupes de deux (au milieu) ou de trois (vers les bouts). Une autre poinçonneuse de construction plus moderne, et comportant tous les perfectionnements exigés par le travail des ressorts, est représentée par la figure 37.

L'emboutissage des étoquiaux soit aux bouts des lames, soit en leur milieu, se fait au moyen d'un poinçon court et d'une matrice borgne. Sur les maîtresses-lames, dont il est inutile de creuser le dessus, l'étoquiau a la forme d'un petit rivet ; il est rapporté comme le montrent les figures 4 et 5.

5e *Opération* : *Chauffage et cintrage des lames.*

CHAUFFAGE. — Lorsque les bouts sont terminés, on place les lames dans un four pour les chauffer sur toute leur longueur en vue du cintrage. La description des fours employés à cet usage est donnée p. 265.

Les lames sont mises dans la partie la plus chaude du four ; lorsqu'elles atteignent la température du rouge cerise clair avancé, elles sont retirées pour être cintrées une à une.

CINTRAGE. — Le cintrage s'effectue d'abord *grosso modo* à la main sur l'enclume (fig. 38 à 41) et s'achève à la machine à cintrer.

L'ouvrier qui exécute ce travail prend la lame dans le four à l'aide d'une paire de tenailles à branches recourbées et arrondies. Il la tient par une de ses extrémités et la soutient en son milieu par une broche passée dans le trou central. Il l'applique ainsi contre le gabarit de cintrage, qui a un rayon un peu moindre que celui que doit avoir la lame finie. L'ouvrier cintre à peu près la lame au marteau, en frappant sur une extrémité de la lame pendant qu'il tient l'autre avec les tenailles. Il change ensuite de bout et opère de même sur l'autre extrémité, puis il porte le tout sous la machine à cintrer, pour opérer le cintrage proprement dit.

Dans les ateliers importants, l'ouvrier-ajusteur n'opère pas seul : il est aidé par deux hommes, dont un chauffeur de four qui tire la lame au moyen d'un crochet et l'amène sur le bord de la porte du four. L'ouvrier-ajusteur saisit la lame par une de

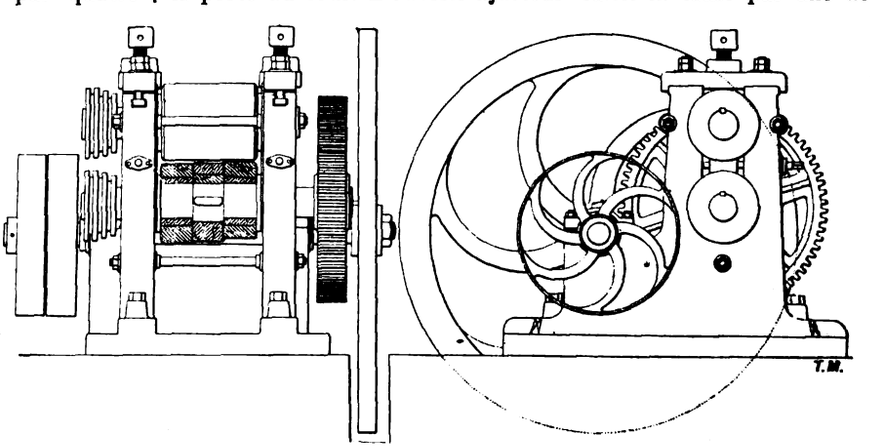


FIG. 26 et 27. — Laminoir pour amincir les feuilles de ressorts sur plat et sur champ.

ses extrémités au moyen d'une tenaille, et la sort du four en la soutenant en son milieu à l'aide d'un marteau ad hoc ; il la pose sur l'enclume et la dégauchit s'il y a lieu. Cette lame est ensuite engagée par son trou central dans un support à broche que porte l'enclume, et où a été posé le gabarit sur lequel se cintre la lame ; ce gabarit a un rayon un peu moindre que le rayon définitif de la lame. Le gabarit et la lame portant bien l'un sur l'autre sont serrés par le chauffeur de four au moyen d'une tenaille, tandis que l'ajusteur et son aide frappent en même temps, avec un marteau, sur les bouts de la lame.

Machine à cintrer de construction française. — Cette machine, représentée par les figures 42 et 43 (modèle ancien à contrepoids)

(1) Voir page 267 la description du fonctionnement de cette machine.

Digitized by Google

et par la figure 44 (modèle nouveau à levier), se compose de deux flasques verticaux entre lesquels tourne un jeu de rouleaux ou galets mus à la main par une manivelle. L'axe du rouleau inférieur tourne dans des coussinets fixes, tandis que les rouleaux du haut tournent dans des coussinets mobiles dans le sens vertical. Ces coussinets et leurs rouleaux sont tenus abaissés, soit par un contrepoids (fig. 42 et 43), soit par leur propre poids (fig. 44); un jeu de bielles et levier permet de les soulever pour laisser passer les lames dont les extrémités sont quelquefois volumineuses (bouts roulés ou à œillets).

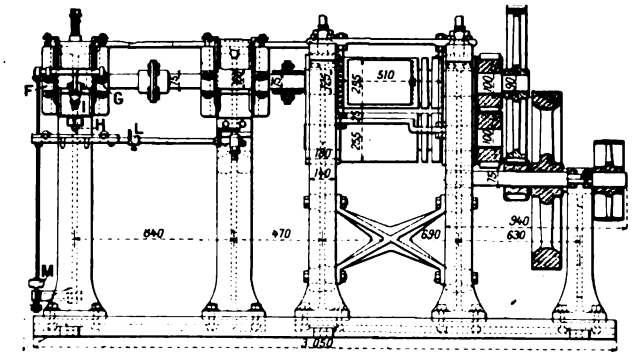


Fig. 28 et 29. — Machine à façonner les bouts de lames (Ateliers d'Altona).

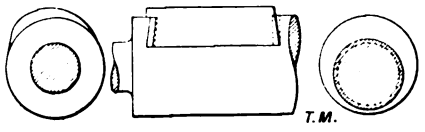


Fig. 30 à 32. — Détail du rouleau à excentrique de la machine à façonner les bouts de lames (Ateliers d'Altona).

Au moment du cintrage, on écarte les rouleaux, ce qui permet d'y introduire les deux lames (dont l'une, qui sert de gabarit, est froide, tandis que l'autre, qui est rouge, doit être cintrée sur la première). Dès que les deux lames sont introduites, on laisse reposer les deux rouleaux supérieurs sur la lame, et on tourne la manivelle une ou deux fois en avant, puis une ou deux fois en arrière pour bien appliquer la lame chaude sur le gabarit froid, en ayant soin de tenir chaque fois les lames par une extrémité différente et en frappant au marteau sur la lame chaude, pour la faire porter exactement sur l'autre.

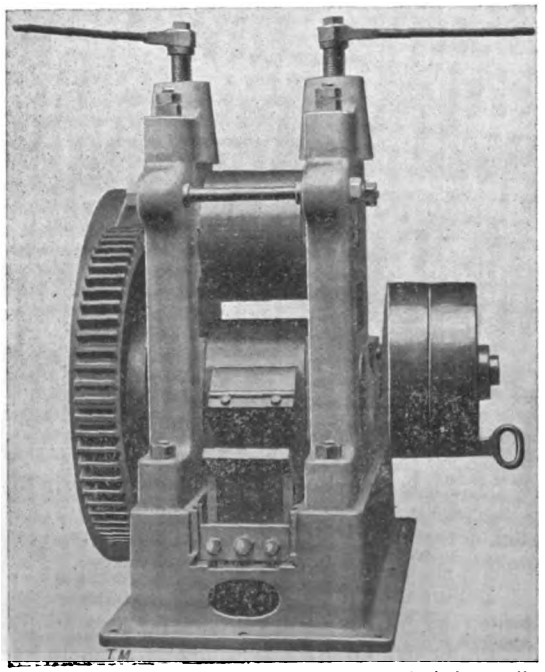


Fig. 33. — Laminoir avec cylindres pour amincir les feuilles de ressorts sur plat et avec mâchoires pour réduire leur largeur sur champ (type moderne).

La maîtresse-lame est cintrée sur un gabarit; la deuxième lame est cintrée sur la maîtresse-lame; la troisième lame est cintrée sur la deuxième; et ainsi de suite, en ayant soin de faire coïncider exactement les centres des lames grâce à l'emploi de la broche passée dans le trou central.

Avec ce type de machines, les lames à cintrer ont leur courbure en haut, de sorte que les rouleaux supérieurs doivent être munis d'une gorge pour laisser passer la partie saillante des lames à rainure et languette, ou les étoquiaux des autres lames.

Machine à cintrer de construction américaine. — Les deux modèles de machine à cintrer dont il vient d'être question sont manœuvrés à la main; l'ouvrier peut ainsi appuyer sur les points où le portage n'est pas parfait. Aux Etats-Unis, on emploie une machine à commande par courroie dont le dessin est donné par les figures 45 et 46. La poulie, qui a 100 mm de largeur, est clavetée sur un arbre O faisant 80 tours par minute et donnant le mouvement, au moyen d'un engrenage conique, au rouleau vertical P qui tourne en permanence. Un second rouleau Q fait face au premier et tend à s'appuyer sur lui sous l'influence de deux ressorts à boudins.

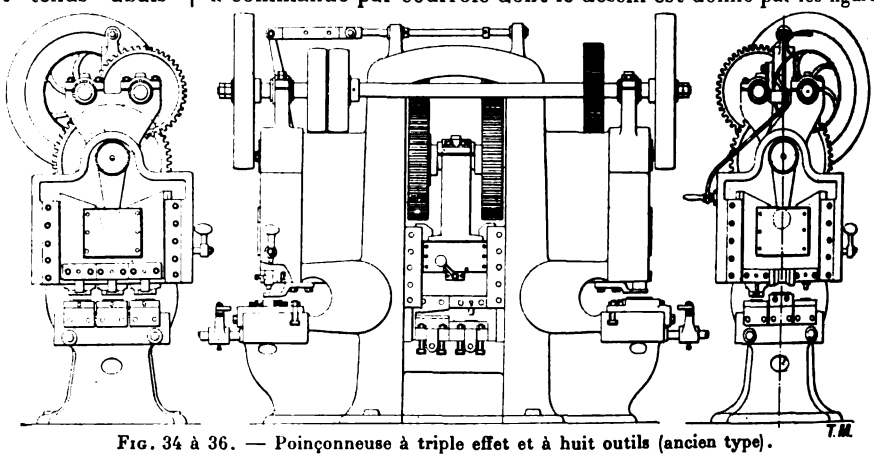


Fig. 34 à 36. — Poinçonneuse à triple effet et à huit outils (ancien type).

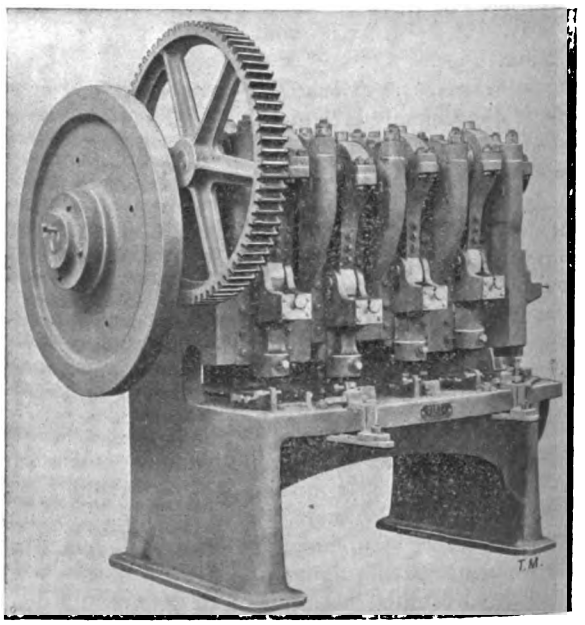


Fig. 37. — Poinçonneuse à 5 outils (type moderne)

La maîtresse lame est cintrée sur un gabarit, comme dans la pratique française; ses bouts et ceux du gabarit sont maintenus réunis; les rouleaux sont écartés au moyen de la pédale et

Digitized by Google

de la tringle R. Le mouvement de la pédale vers la droite écarte les rouleaux et permet d'y insérer la lame et le gabarit. La pression des ressorts, lorsqu'on cesse d'appuyer sur la pédale, applique la lame chaude sur le gabarit dont elle épouse la forme.

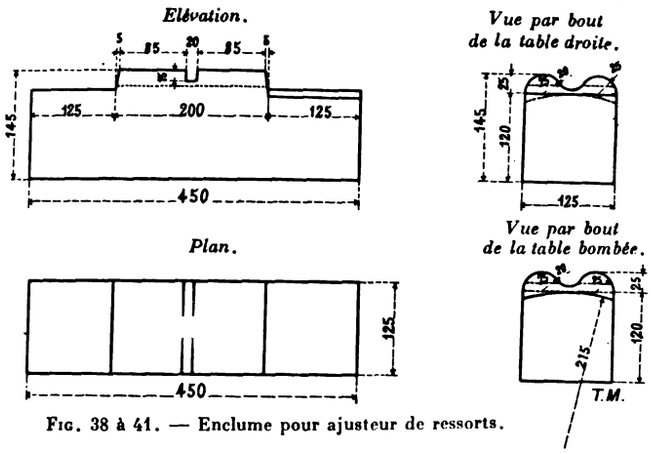


FIG. 38 à 41. — Enclume pour ajusteur de ressorts.

La table de la machine sur laquelle se fait ce travail a 1m,730 de longueur, soit 0m,890 de chaque côté, de sorte que la lame et le gabarit sont supportés sur toute leur longueur pendant leur course entre les rouleaux, ce qui évite les déformations.

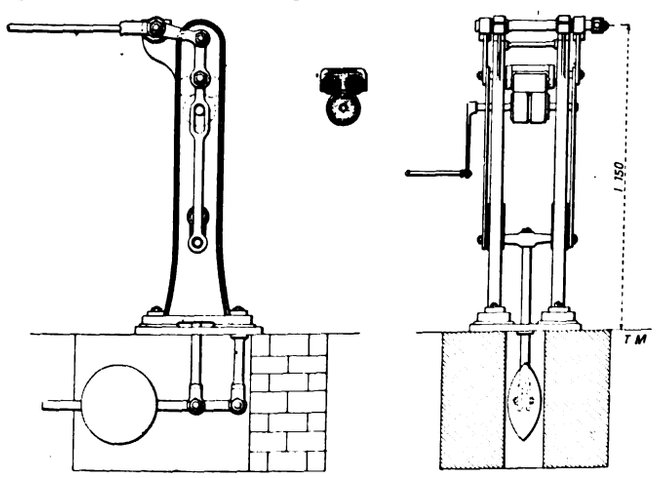


FIG. 42 et 43. — Machine à cintrer à contrepoids.

5e *Opération* : *Trempe des lames.*

La lame qui vient d'être cintrée, et qui est encore chaude, à la température du rouge cerise, est plongée, sur champ et bien horizontalement, dans la cuve à tremper.

On retire la lame de la cuve au moment où elle est encore assez chaude pour que l'eau qui la recouvre s'évapore presque instantanément ; c'est-à-dire lorsque cessent les vibrations produites par le bouillonnement de l'eau au contact du métal, ce que l'ouvrier ressent dans la main, par l'intermédiaire de la tenaille qui tient la lame ; ou bien encore, on prend pour règle de la laisser dans l'eau pendant un nombre de secondes un peu inférieur au nombre de millimètres qui représente son épaisseur, par exemple :

13 secondes pour 15 mm ;
10 secondes pour 12 mm, etc.

Dans ce dernier cas, le trempeur se sert d'un pendule ou d'un sablier pour évaluer le temps que doit durer la trempe.

Cuves à tremper. — Dans les ateliers américains, où on pratique la trempe à l'huile, les cuves à tremper sont des réservoirs en tôle d'acier ordinaire, mais avec double fond et doubles parois ; dans l'intervalle, circule en permanence un courant d'eau froide ; de cette façon, l'huile contenue dans la cuve est maintenue constamment au degré de température voulu.

Dans les ateliers français trempant à l'eau, on fait arriver un courant d'eau froide dans la cuve, en ayant soin toutefois de mélanger l'eau de manière que le contenu de la cuve présente une température égale à peu près partout.

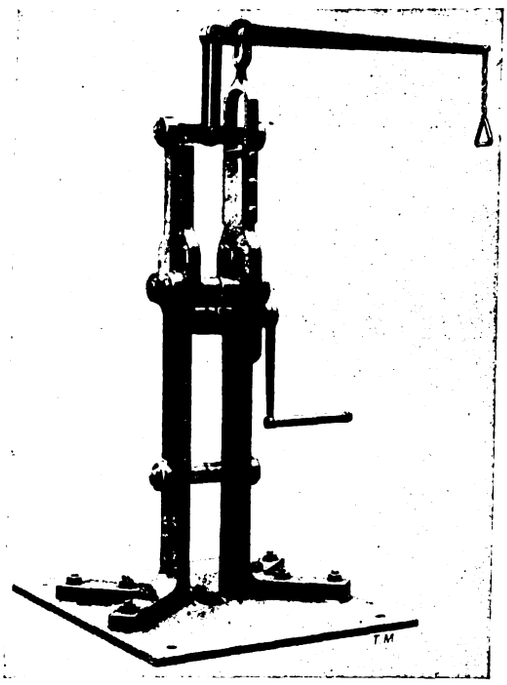


FIG. 44. — Machine à cintrer à levier.

6e *Opération* : *Recuit des lames.*

Au sortir de la trempe, les lames sont placées dans la partie la moins chaude du four, et recuites au bois fumant, au bois étincelant ou au bois flambant, suivant le degré de dureté qu'on désire leur donner, ce qui correspond à une température un peu inférieure ou un peu supérieure à celle du rouge naissant.

7e *Opération* : *Meulage des bouts.*

Le meulage de l'extrémité des lames, lorsqu'il est nécessaire, est fait *avant* le chauffage pour la trempe ou *après* que le ressort ajusté est fini et froid.

8e *Opération* : *Ajustage des lames.*

Les lames recuites sont prises par l'ajusteur de ressorts qui leur donne la courbure définitive. Ce travail se fait au marteau, sur un tas ou enclume, posé sur un billot en bois et ayant la forme indiquée par les figures 38 à 41. On voit, d'après ces figures, que le tas comporte une partie plane, une partie arrondie en dos d'âne, et au milieu un creux avec rainure pour le passage des lames à rainure. L'ouvrier peut ainsi dresser, bomber, ou creuser la lame à volonté. Ces tas sont en fer aciéré ou en fonte trempée en coquille ; ils sont placés à côté d'un marbre (en table en fonte), sur lequel l'ajusteur pose ses lames de temps en temps pour s'assurer qu'elles n'ont pas pris *du gauche*.

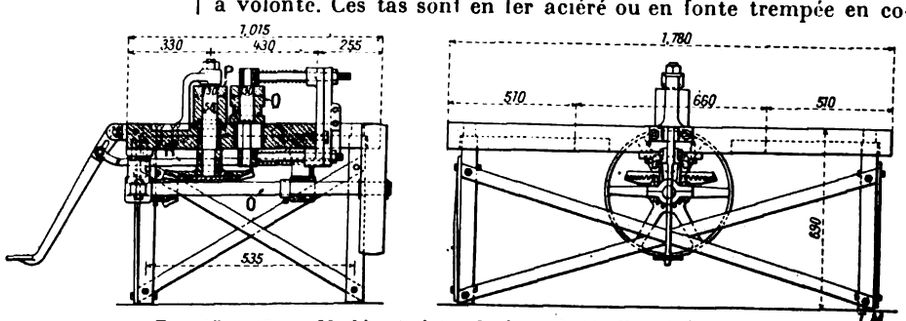


FIG. 45 et 46. — Machine à cintrer horizontale (Ateliers d'Altona).

L'ajusteur commence par la maîtresse-lame, à laquelle il donne la courbure voulue ; puis il ajuste la 2e lame sur la 1re, la 3e sur la 2e, et ainsi de suite, en ayant soin de donner une flèche un peu plus grande à la 2e lame qu'à la première, à la 3e qu'à la 2e, etc.

Digitized by Google

Dès que toutes les lames sont ainsi ajustées, le ressort est assemblé provisoirement à l'aide d'un faux boulon, et il est prêt à être soumis à un premier essai.

Presse à assembler. — Dans les ateliers bien outillés, l'assemblage des lames de ressorts, pour les montages provisoires, et pour les montages définitifs, se fait à l'aide d'une presse à vis qui permet de tenir les lames en contact pendant qu'on y passe le boulon ou la bride qui doit les réunir. La figure 47 représente une de ces presses.

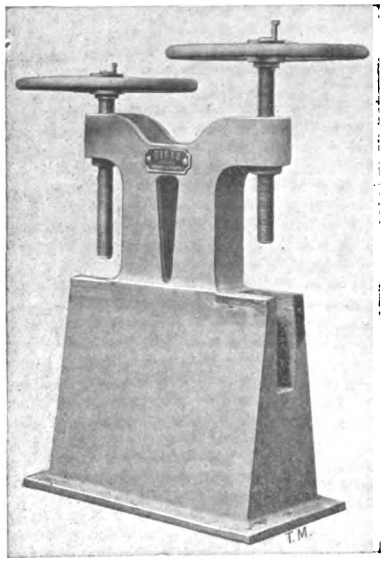


Fig. 47. — Presse à vis pour l'assemblage des ressorts.

Le ressort assemblé provisoirement, comme il vient d'être dit, est essayé à la contre-flexion, de manière que ses lames travaillent à 150 kg environ par mm², ce qui leur fait perdre leur flèche fictive.

Après cette épreuve, le ressort est repris par l'ajusteur, qui le démonte et revoit toutes ses lames une à une. Celles qui se sont déformées sont traitées de nouveau ; celles qui sont trop raides subissent un nouveau recuit ; enfin, celles qui ont des craquelures sont rebutées et remplacées.

Le ressort est ensuite remonté et essayé de nouveau ; si ce contre-essai réussit, le ressort est monté définitivement.

9e *Opération* : *Montage des ressorts.*

Le montage définitif du ressort est alors exécuté à l'aide du boulon ou rivet qui doit tenir les lames assemblées, ou avec sa bride, s'il doit être bridé, il est essayé de nouveau à une contre-flexion un peu supérieure à celle imposée par le cahier des charges, ce qui lui fait perdre son excédent de flèche. Il est alors prêt à être présenté à la réception, c'est-à-dire à subir les essais définitifs.

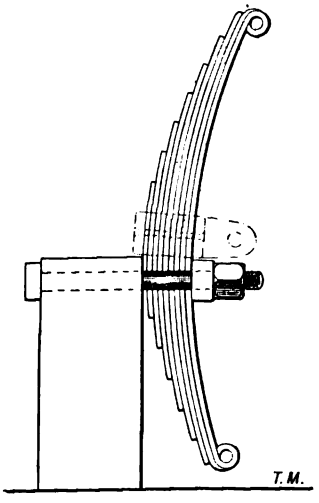


Fig. 48. — Etrier pour la mise en place des brides (modèle anglais).

10e *Opération* : *Essai des ressorts.*

Les essais des ressorts se font sur des machines spéciales dont la description et l'emploi sont en dehors de cette étude, qui a surtout en vue la fabrication des ressorts proprement dite.

Bridage et débridage des ressorts.

Lorsque les ressorts doivent être assemblés au moyen de colliers ou brides, celles-ci, généralement posées à chaud, doivent exercer un fort serrage sur les lames. Il faut un outillage spécial pour brider les ressorts, et pour les débrider lorsqu'il devient nécessaire d'enlever la bride. Voici comment on procède, aux ateliers du chemin de fer du Midi (France), pour le bridage et le débridage des ressorts.

Bridage par presse a vis. — On chauffe les brides dans un four au coke soufflé, qui consomme 100 kg de coke par journée de dix heures. Les brides sont placées dans le four par des ouvreaux, de manière que leur douille ou leur chape (lorsqu'elles en ont), reste en dehors du four (1). Une bride est amenée au rouge cerise

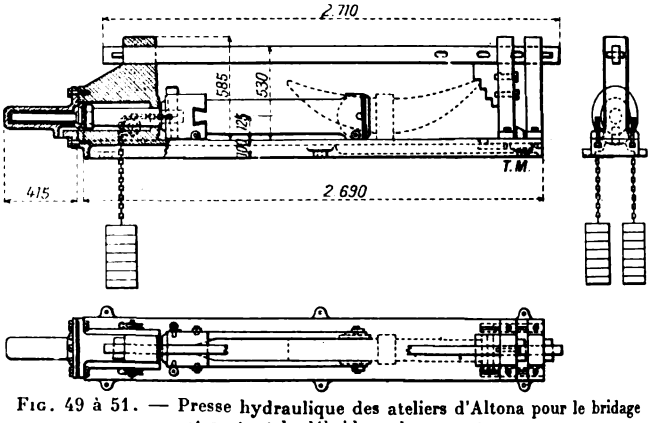


Fig. 49 à 51. — Presse hydraulique des ateliers d'Altona pour le bridage et surtout le débridage des ressorts.

en moins de dix minutes. Au sortir du four, elle est placée sur le ressort, puis serrée à l'aide d'une presse à vis horizontale : deux hommes, agissant sur le levier de la presse, produisent sur la bride un effort de serrage de 20 000 à 25 000 kg. Les brides posées par ce procédé ne lâchent jamais en service.

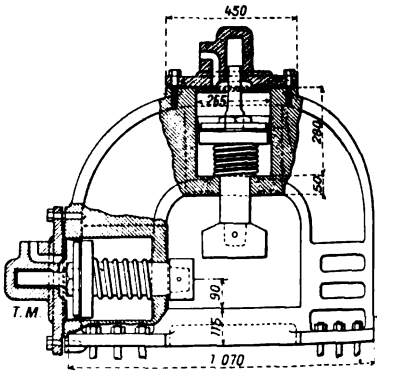


Fig. 52. — Presse à brider les ressorts employée aux Ateliers d'Altona.

Débridage à chaud. — Par contre, lorsqu'on a besoin de débrider un ressort, l'opération devient très difficile. On y arrive avec peine si on se contente de mettre le ressort sur un feu de forge et de chasser ensuite la bride au marteau, comme on le fait dans la plupart des ateliers. Ce qu'il faut chercher à réaliser, c'est une dilatation rapide de la bride sans dilatation du ressort. A cet effet, au Chemin de fer du Midi, on place le ressort bridé entre deux petits fours dont la flamme sort latéralement et vient frapper la bride, en épargnant le ressort, que l'on garantit avec des écrans. Ces fours consomment 200 kg de coke en dix heures ; en dix minutes, la bride du ressort est portée au rouge, et il suffit de quelques coups de marteau pour la faire sortir.

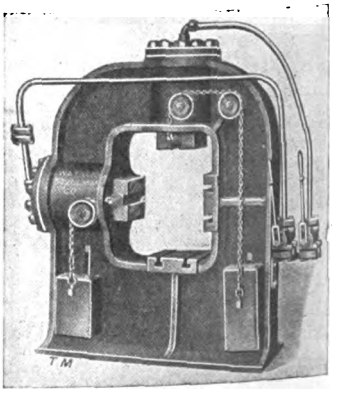


Fig. 53. — Presse à brider les ressorts, système Watson-Stillmann C°.

Bridage a la presse hydraulique. — Le bridage à la presse hydraulique est préféré par certains fabricants de ressorts. L'opération comporte trois phases : 1° chauffage de la bride ; 2° pose de la bride ; 3° serrage de la bride.

(1) Le même four sert à chauffer les bouts de lames de ressort ; il comporte à cet effet des ouvertures spéciales.

Digitized by Google

Le chauffage s'effectue au moyen des fours dont on dispose dans l'atelier où s'exécute le travail.

La pose de la bride se fait sur un étau à chaud, ou à l'aide d'un poteau muni d'un étrier, comme celui représenté par la figure 48, qui est en usage en Angleterre.

Lorsque la bride est bien en place, on porte le ressort sur la presse à brider et on donne le serrage voulu.

Pratique américaine. — Aux ateliers d'Altona, les brides, après avoir été chauffées, sont emmanchées sur les ressorts dont les lames ont été provisoirement serrées par des étriers. La mise en place se fait sur une presse hydraulique (fig. 49 à 51), dont le piston est muni d'une griffe double qui pousse la bride en appuyant de chaque côté sur son épaisseur. Lorsque la bride a été amenée ainsi au point voulu, on retire la griffe, on enlève le ressort et on le transporte sous la presse à serrer.

En fait, le bridage à l'étau est plus rapide que le bridage fait sur cette machine ; aussi n'emploie-t-on celle-ci que pour le débridage, comme il sera dit plus loin.

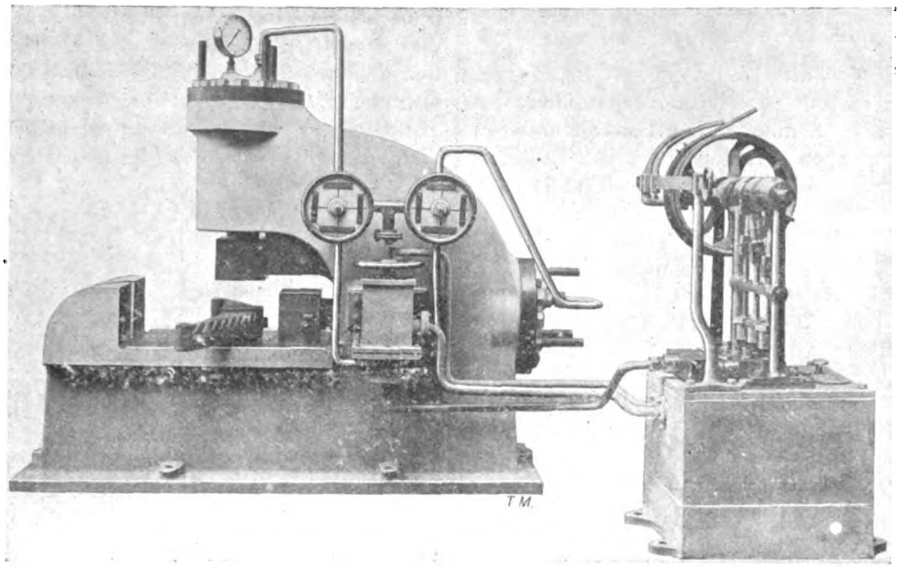


Fig. 54. — Presse à brider les ressorts (modèle Dietz). Puissance, 40 tonnes sur chaque cylindre.

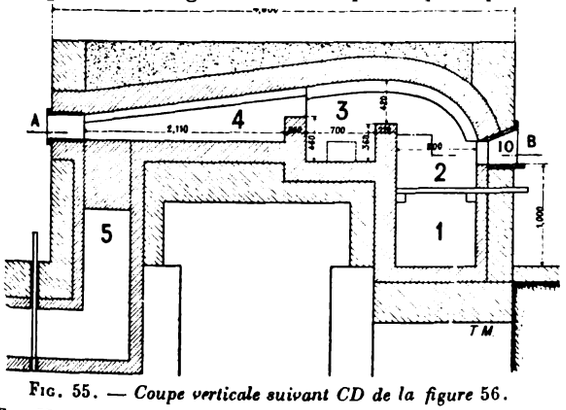


Fig. 55. — *Coupe verticale suivant CD de la figure* 56.

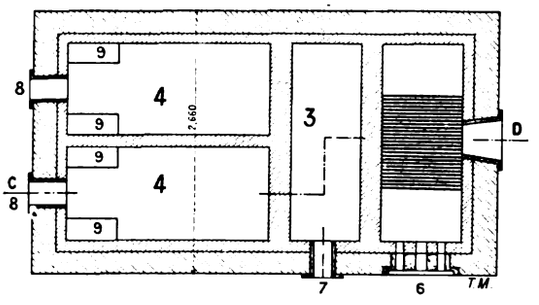


Fig. 56. — *Coupe horizontale par AB de la figure* 55.

Fig. 55 et 56. — *Four pour le chauffage des lames d'acier.* — 1, cendrier ; 2, foyer ; 3, chambre de chauffage ; 4, chambres de recuit ; 5, évacuation des fumées ; 6, ouvertures pour les bouts de lames ; 7, ouverture pour le chauffage ; 8, ouvertures pour le recuit ; 9, descente des fumées dans les carneaux 5 ; 10, porte du foyer.

Presse à serrer. — La presse à serrer représentée par la figure 52 se compose d'un lourd bâti supportant deux cylindres hydrauliques faisant un angle droit entre eux. L'un est vertical, l'autre est horizontal. Leur diamètre est de 255 mm et leur course de 76 mm. Au-dessous de chaque piston, un ressort de rappel puissant assure le retour rapide du piston lorsque la pression cesse. La tuyauterie et les soupapes sont disposées de manière que les deux pistons puissent agir ensemble ou séparément. Des cales convenablement placées entre la bride et le bâti de la presse permettent de faire agir les pistons rapidement. La pression fait épouser à la bride les contours des lames ; en se refroidissant, la bride se contracte et augmente son serrrage.

Autre presse à serrer, — La presse représentée par la figure 53 est analogue à la précédente, mais plus perfectionnée. Le rappel des pistons y est obtenu au moyen de contrepoids ; de plus, les tables ou portée du bâti sont pourvues de rainures en T pour fixer les cales d'appui du ressort. Les cylindres de cette presse fournissent chacun une pression de 60 tonnes.

Nouvelle presse. — Les deux presses qui viennent d'être décrites ont le grave défaut d'être fermées, ce qui présente une certaine difficulté pour y placer le ressort qui vient d'être muni d'une bride chauffée au rouge et qui, par suite, n'est pas facile à manœuvrer. Il faut leur préférer la presse ouverte représentée par la figure 54, qui est en usage en Europe dans les ateliers bien outillés. Le dessin représente une presse alimentée par un pompage triple ; elle est employée par les ateliers — assez rares aujourd'hui — qui n'ont pas d'accumulateur. Lorsqu'on possède un accumulateur, la presse est agencée en conséquence.

Débridage à la presse. — La presse horizontale (fig. 49 à 51), servant à la mise en place des brides, est surtout employée pour le débridage ; dans ce cas, le ressort est arc-bouté à l'extrémité de la machine opposée au piston hydraulique et les deux bielles poussent la bride. De même l'étrier fixe représenté par la figure 48 peut servir au débridage.

Brides à queue d'aronde. — Les ressorts ordinaires ayant leurs extrémités libres, il est facile de les faire entrer dans le collier rectangulaire fermé qui doit les brider. Il n'en est pas ainsi avec les ressorts Cliff (figures 15 à 18). Ceux-ci constituant une courbe fermée, c'est la bride qui doit être ouverte pour pouvoir être mise en place. A cet effet, on la prend dans une bande de fer plat, dont les extrémités sont taillées de manière à pouvoir être assemblées en queue d'aronde. La bande est repliée sur le ressort, de telle sorte que la partie mâle et la partie femelle de la queue d'aronde s'ajustent exactement l'une dans l'autre, et empêchent le desserrage de la bride lorsqu'elle a été fermée. Il existe une machine spéciale pour la pose de ce genre de brides.

Outillage de l'atelier des ressorts

En plus des machines et appareils qui viennent d'être désignés ou décrits, l'outillage d'un atelier de fabrication de ressorts à lames doit comprendre : des forges ordinaires avec leurs accessoires, marteaux, tenailles, enclumes, tas et matrices ; des étaux à chaud ; des marbres en fonte qui ont au moins 1m × 1 m × 40 mm et auprès desquels sont placés les tas représentés par les figures 38 à 41 ; des supports et râteliers pour les barres d'acier, pour les lames et pour les ressorts finis.

Digitized by Google

Cet outillage n'a pas besoin d'une description spéciale, son installation est représentée sur le plan reproduit au commencement de la présente note. Toutefois, il est nécessaire de dire quelques mots sur les fours employés pour le chauffage de l'acier à ressorts.

Fours pour le chauffage de l'acier à ressorts. — En France, on emploie de préférence, surtout dans les anciens ateliers, des fours chauffés au coke, à la houille, à l'anthracite. Mais on trouve aussi des fours à gaz ou aux huiles lourdes qui conviennent fort bien pour ce genre de travail, et qui sont fournis par des maisons françaises.

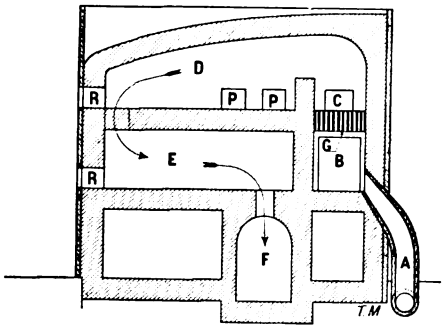


FIG. 57. — *Four à chambres superposées pour le chauffage des lames d'acier.* — *A*, tuyère à vent; *B*, cendrier; *C*, porte du foyer; *D*, chambre de chauffage; *E*, chambre de recuit; *F*, évacuation des fumées; *G*, grille; *PP*, ouvreaux; *RR*, ouvreaux.

FOURS CHAUFFÉS A LA HOUILLE. — Dans les petits ateliers, on se contente d'un four aménagé pour permettre à la fois le chauffage des bouts, et celui des lames complètes, pour la trempe et le recuit. Un four de ce genre est représenté par les figures 55 et 56. Le chauffage des bouts se fait par six ouvertures placées 3 par 3 les unes au-dessus des autres, et qui débouchent dans le compartiment 2, où le feu est vif. Le chauffage des lames pour le cintrage et la trempe a lieu dans le compartiment 3, qui est en travers du four et où doit régner une température bien égale; à cet effet, la voûte, large et surbaissée, reçoit toute la chaleur de la grille placée dans un foyer qui est lui-même large et évasé. Les flammes passent au-dessus du compartiment 3 et viennent sortir par des carneaux 9, placés à l'extrémité des compartiments 4; ceux-ci, au nombre de deux, sont destinés à recevoir les lames à recuire. Chaque compartiment est desservi par une porte spéciale. Il importe que le four soit soufflé sous la grille, afin que les flammes se répandent bien dans toutes ses parties. S'il fonctionnait par le tirage d'une cheminée, des rentrées d'air par les portes ne manqueraient pas de se produire et de rendre le chauffage inegal.

On peut accoler deux de ces fours pour augmenter la production de l'atelier.

Dans le four représenté par la figure 57, la chambre de recuit E est placée sous la chambre de chauffe D, ce qui permet de faire le four un peu moins long. Ce modèle de four ne comporte pas d'ouvertures pour le chauffage des lames; cette opération se fait alors dans un petit four spécial (fig. 58 et 59).

Ces trois fours sont indiqués schématiquement; si on avait à les construire, il faudrait compléter les dessins par des armatures en fonte, des montants avec entretoises, des supports avec leviers pour la manœuvre des portes, etc.

FOURS CHAUFFÉS AUX HUILES LOURDES. — Les fours à ressorts des ateliers américains sont chauffés aux huiles lourdes; ils sont tous construits sur le même principe, mais varient dans leurs détails suivant l'usage auxquels ils sont destinés.

Le four pour chauffer le milieu des lames et les bouts est double; on peut y introduire les lames par deux de ses faces. Celui pour chauffer les lames avant cintrage est beaucoup plus grand. Il est divisé par une cloison en forme de pont, qui le traverse à quelque distance d'une de ses extrémités et forme une chambre pour le recuit.

Ces fours sont munis de brûleurs du système Walton et Rees, dont une vue est donnée par les figures 63-65. Le pétrole est amené dans les brûleurs par un tuyau de 3,2 mm avec une pression de 0,4 kg par cm². Le tuyau est muni, à son extrémité antérieure, d'un raccord coudé à angle droit. Le pétrole jaillit du tuyau autour du bossage A, d'où il se répand en gouttelettes, qui sont entraînées dans le four par le tirage fourni par un ventilateur ordinaire dont la pression est de 0,4 kg.

Le bossage A est maintenu par la pièce à deux bras B, dont deux autres bras semblables placés à angle droit supportent la

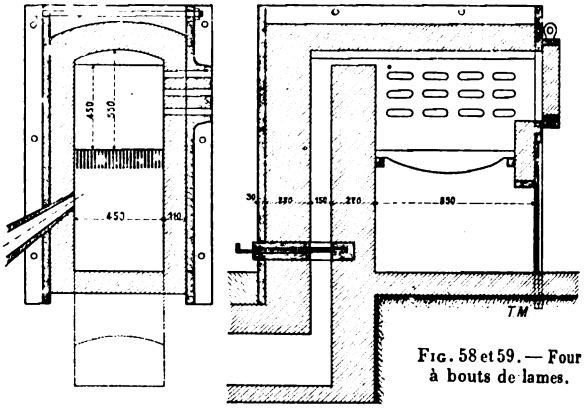


FIG. 58 et 59. — Four à bouts de lames.

tuyère C en forme de cloche, au moyen de laquelle le pétrole est lancé dans le four, en jet annulaire.

Le brûleur est placé en dedans et contre l'enveloppe du four comme on le voit dans la figure 62.

A l'entrée du brûleur, le mur en briques est découpé en forme de cône, de façon à ne pas gêner le passage du pétrole. Le métal des brûleurs est si bien protégé contre la surface chaude des briques, qu'il ne peut pas fondre.

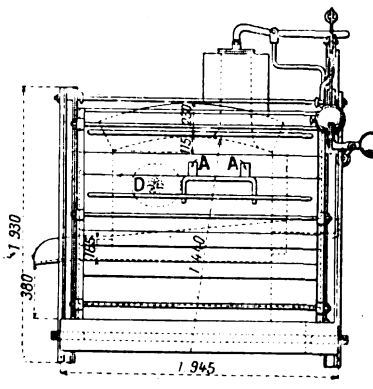


FIG. 60. — *Vue de côté.*

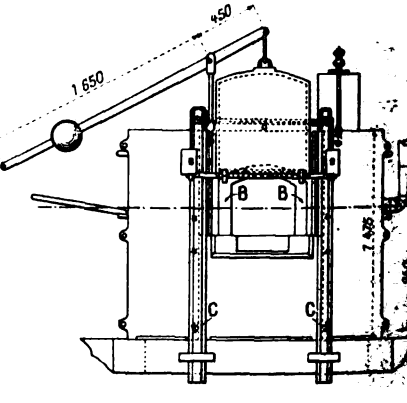


FIG. 61. — *Vue de face.*

Les fours à chauffer le milieu des lames et les bouts sont ouverts des deux côtés et n'ont pas de portes; la surface sur laquelle le métal est soumis à l'action de la flamme est tout à fait limitée, car il n'y a qu'une faible partie de la lame qui soit à chauffer du même coup. Les autres fours sont munis de portes et leur construction intérieure, ainsi que la position du brûleur, sont telles que le jet de flamme venant du brûleur contourne le foyer contre les murs et sort par l'échappement.

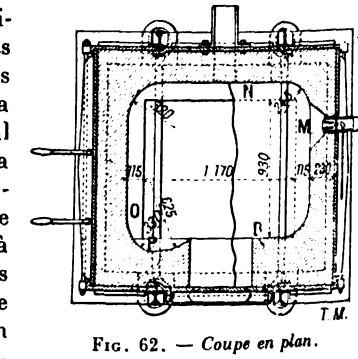


FIG. 62. — *Coupe en plan.*

FIG. 60 à 62. — Fours à huiles lourdes.

Digitized by Google

La coupe en plan (fig. 62), montre cette disposition. Le jet de pétrole et d'air combinés venant du brûleur M passe le long des murs N et O jusqu'à ce qu'il frappe la poche P dans le mur avant, près de la porte. De là, il est ramené vers le centre, ce qui crée un tourbillon sur toute la surface du foyer, et, en même temps, empêche la flamme de s'échapper vers la porte.

La porte d'avant est du type ordinaire à coulisse, avec un contrepoids pour la soulever ou l'abaisser. Du côté opposé au brûleur, il y a deux trous de 64 × 102 mm pour les supports, et ces trous sont disposés de façon que la flamme passe devant eux avec peu ou pas de tendance à s'échapper.

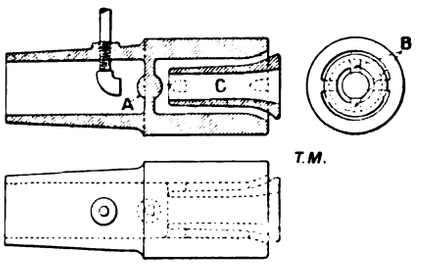


Fig. 63 à 65. — Tuyères du four à huiles lourdes.

Le revêtement en briques a 227 mm d'épaisseur ; ses angles sont arrondis ; le tout est maintenu en position par une enveloppe métallique renforcée par de vieux rails en acier fixés par des boulons.

La fig. 61 est une élévation montrant la disposition de la porte et de la conduite de tirage E.

La fig. 60 est une vue de côté montrant l'emplacement des trous des supports, la forme arrondie de la voûte, l'inclinaison de la sole et la position des trous pour l'enlèvement des résidus.

Note complémentaire sur la pratique américaine.

Pour la fabrication des ressorts à lames, la pratique américaine est un peu différente de la pratique européenne, ainsi qu'on a pu le voir par divers détails mentionnés dans la présente étude ; les indications suivantes complètent ce qui a déjà été dit à ce sujet. Voici la succession des opérations faites aux ateliers d'Altona, du Pensylvania Railroad, dont la méthode de travail est à très peu de chose près celle des fabricants de ressorts des Etats-Unis :

1° Les lames de ressorts sont découpées à la cisaille ;

2° Elles sont chauffées en leur milieu ;

3° Elles passent à la presse à étoquiaux ;

4° Elles sont chauffées successivement aux extrémités pour le façonnage des bouts ;

5° Le façonnage des bouts comprend le refoulement ou l'étirage, puis le laminage sur champ, pour ramener à la largeur normale le bout qui a été élargi par l'étirage ;

6° Pendant que le bout est encore chaud, on rogne, s'il y a lieu, l'extrémité de la lame, en prenant comme repère l'étoquiau central. Ce rognage se fait sur la presse à étoquiau qui est munie d'une cisaille.

Pendant ces diverses opérations, on fait refroidir l'un des bouts de la lame tandis que l'autre est chaud ;

7° On chauffe les lames sur toute leur longueur, en vue du cintrage ;

8° Le cintrage se fait sur la machine à cintrer, au moyen d'un gabarit pour la première lame ; celle-ci sert pour le cintrage de la 2e lame ; la 2e sert pour la 3e, et ainsi de suite ;

9° Après cintrage, et pendant que les lames sont encore chaudes, on les trempe dans un bain d'huile ;

10° On recuit les lames qui viennent d'être trempées ;

11° On vérifie les lames une à une et on rectifie au marteau celles qui sont déformées ;

12° On assemble les lames et on monte le ressort avec sa bride ;

13° Le bridage des ressorts s'effectue à l'aide d'une presse hydraulique ;

14° Les ressorts passent à la machine à essayer ;

15° On peint les ressorts au moyen d'un pulvérisateur à air comprimé.

Façonnage des bouts. — La machine à faire les bouts des lames, représentée par les figures 28 et 29, et qui sert à la fois pour la confection des étoquiaux, l'amincissage et le rognage des bouts, se compose en réalité de trois machines distinctes, dont les bâtis sont montés sur un socle commun et dont les arbres, qui sont réunis par des manchons à plateau, sont mis en mouvement par une commande unique.

Le premier bâti, à gauche, est celui de la presse à étoquiaux. Son arbre est supporté par deux demi-colliers F et G ; il est muni d'un excentrique qui actionne le poinçon H ; celui-ci est fixé à la poupée I au moyen d'une vis et d'un écrou à chapeau ; il travaille à chaud.

La poupée présente, en avant, une mâchoire ouverte dans laquelle tourne l'excentrique calé sur l'arbre. Lorsque cette partie de la machine n'est pas utilisée, la poupée est maintenue à son fond de course supérieur par un ressort K, agissant sous un écrou monté sur une tige vissée dans la poupée. L'arbre tourne alors librement et l'excentrique n'a pas de contact avec les pièces de la machine, de sorte qu'il n'en résulte aucune usure. Lorsqu'une lame a été chauffée et que son extrémité a été placée contre l'arrêt L, l'ouvrier appuie le pied sur la pédale M, de sorte que, par le jeu des leviers que l'on voit sur la figure 29, la plaque de contact N se trouve poussée sous l'excentrique, qui fait alors descendre et remonter le poinçon.

La position de l'arrêt L est réglée de manière que la feuille de ressort présente exactement son centre sous l'axe du poinçon.

Les rouleaux servant à amincir les bouts des lames sont montés à droite de la machine. Ils sont au nombre de deux et leur diamètre est de 250 mm. L'un de ces cylindres est muni d'une came de 19 mm de saillie, fixée comme le montre la figure 31. Cette came est encastrée jusqu'à 51 mm de l'axe du cylindre ; elle présente le profil donné par la figure 30. Les deux cylindres sont écartés de 25 mm environ ; ils peuvent donc réduire l'épaisseur de la lame à 25 — 19 = 6 mm. Cette opération a pour effet d'élargir la lame ; on la ramène à sa largeur normale en la passant entre les gorges excentrées qui sont creusées à l'extrémité de droite des rouleaux. La figure 32 donne la coupe d'une gorge excentrée.

Une traverse placée entre les deux montants permet de supporter, à plat et sur champ, la barre passée entre les cylindres.

Le fonctionnement de ce laminoir est bien simple : les rouleaux tournent de façon à amener les pièces vers l'ouvrier qui se tient sur le devant de la machine. L'ouvrier prend d'abord une lame dont l'un des bouts est chauffé au four ; il l'enfonce de champ entre les rouleaux dans les gorges excentrées jusqu'à ce qu'elle soit saisie et rejetée. Comme cela, les rainures, qui se rapprochent, la prennent et la refoulent.

La lame est ensuite placée entre les rouleaux et son extrémité est amincie. Il est bon de remarquer que la came n'existe que sur le rouleau supérieur. La face de la lame qui porte sur le rouleau inférieur reste droite.

La cisaille est actionnée par un excentrique tournant dans une mâchoire ouverte, comme dans le cas de la machine à faire les étoquiaux, mais elle ne possède pas le coulisseau mobile qui sert à mettre en marche et à arrêter le mouvement ; celui-ci est continu.

L'ensemble de la machine est actionné par une courroie de 152 mm, passant sur une poulie de 400 mm, clavetée sur un arbre portant un volant de 914 mm et un pignon de 181 mm, engrenant avec une roue de 825 placée sur l'arbre principal. Le cylindre ou rouleau inférieur est commandé par engrenage, comme on le voit sur la figure 28. L'arbre principal tourne à raison de 60 tours par minute.

P.-B. d'Arlatan,
Ingénieur des Arts et Métiers.

Digitized by Google

AGRONOMIE

LE CONCOURS ET LE CONGRÈS DE MOTOCULTURE DE SOISSONS

Si le *Concours de motoculture* (du 22 au 31 août 1913) (1) a été la partie la plus intéressante de la manifestation de Soissons — et celle qui a surtout attiré les visiteurs — il ne faut pas oublier l'*Exposition de machines agricoles* et le *Congrès de culture mécanique*, organisés, à cette occasion, par l'Association française de motoculture.

Nous nous proposons, dans ce compte-rendu, de donner une idée aussi exacte que possible, de l'importance de ces trois parties, dont chacune a présenté un réel intérêt.

I. — Exposition de machines agricoles.

Installée aux portes de Soissons, sur les bords de l'Aisne, cette exposition se trouvait dans l'enceinte même du terrain réservé aux épreuves du concours de motoculture ; elle s'étendait de chaque côté de l'entrée et, par l'heureuse décoration des stands, formait une sorte de lisière multicolore d'un effet très agréable.

En dehors des représentants locaux qui exposaient un lot important de machines, on trouvait là les principaux habitués des concours régionaux. Pour ceux qui suivent de près tout ce qui touche à la mécanique rurale, et en faisant abstraction des appareils de motoculture, les nouveautés étaient rares. Nous ne signalerons que trois machines, dont deux moteurs intéressants au point de vue agricole et industriel.

Le modèle *Bellem et Brégéras*, de la maison Massy, Alvergnat et C^ie^, résout le problème si difficile du départ à froid dans les moteurs à pétrole-lampant. C'est donc une véritable nouveauté puisque jusqu'à présent ce départ n'a pu être effectué qu'en marchant pendant quelques instants à l'essence ou au benzol ou en réchauffant le carburateur et le cylindre pour produire la volatilisation du pétrole.

En principe, une pompe prend le liquide dans un réservoir à niveau constant et le refoule par un pulvérisateur dans une atmosphère très raréfiée. Cette pulvérisation dans un vide relatif divise le pétrole à l'infini, de telle sorte qu'il se trouve dans la chambre de combustion sous la forme de brouillard comparable aux vapeurs que l'on obtient en le chauffant ; ce mélange intime d'air et de vésicules de pétrole est extrêmement inflammable et quand l'étincelle jaillit, l'explosion a lieu sans difficulté.

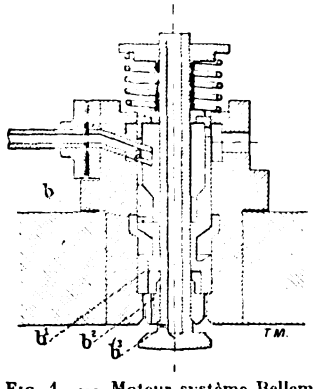


FIG. 1. — Moteur système Bellem et Brégéras. — Coupe du pulvérisateur.

Le moteur froid part donc après deux ou trois tours de manivelle.

Au point de vue mécanique, le moteur ne diffère des modèles ordinaires qu'en deux points : remplacement du carburateur par une soupape-pulvérisateur alimentée par une pompe spéciale, et modification de la came d'aspiration qui permet de n'admettre l'air qu'à la fin du temps d'admission.

Le pulvérisateur est représenté par la fig. 1. Le pétrole arrive par l'orifice *a* ; en temps normal, la soupape est fermée et les trous *b* sont obstrués. Au moment de l'aspiration, la soupape s'abaisse, les trous *b* se découvrent, le pétrole est entraîné et suivi immédiatement par de l'air. Le mélange passe par les orifices *b*, *b*¹, *b*² disposés en chicane et à sa sortie de l'orifice *b*², il est brisé par de l'air pur venant du centre de la tige de la soupape et sortant par les trous *b*³.

Le fonctionnement de cette soupape-pulvérisateur est automatique et c'est le vide produit par la descente du piston qui la soulève ; l'air se précipite alors avec violence entraînant le pétrole. Le vide qui existe dans la culasse est très grand, car la soupape d'aspiration ne s'ouvre que lorsque le piston du moteur arrive près du point mort ; c'est à ce moment seulement que l'air pur entre dans le cylindre et se mélange au brouillard de pétrole, dont la division est telle que, projeté sur un miroir à la température ordinaire, il ne le ternit pas.

Pour qu'il ne puisse pas se produire d'excès de combustible qui présente, comme on sait, l'inconvénient de donner de la fumée et d'encrasser le cylindre, la quantité qui arrive au cylindre est réglée par une pompe à débit variable qui alimente le pulvérisateur.

Cette pompe est représentée par la figure 2. Le piston 1, commandé par excentrique ou par came, est prolongé par une tige 2 qui constitue le piston plongeur de la pompe. Entre le corps de pompe 3 et le presse-étoupe 4 se trouve serré du liège fin, qui est élastique tout en résistant bien à l'usure. L'adhérence du corps de pompe sur le piston 2 est très élevée, même après un fonctionnement prolongé. Le corps de pompe 3 se termine par un cône s'ajustant sur un siège conique 6'. Le guide 8 du piston 1 peut se déplacer verticalement sous l'action d'un pignon 9 commandé à la main ou au régulateur.

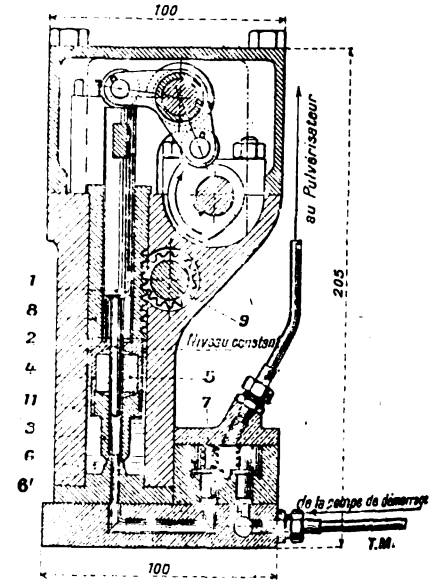


FIG. 2. — Moteur système Bellem et Brégéras. — Coupe de la pompe à débit variable.

Quand le corps de pompe repose sur le cône 6' et que le guide 8 est complètement descendu, il existe un jeu d'environ 1 mm entre ce guide et le presse-étoupe.

Dans le cylindre 6, on maintient le pétrole à niveau constant, de façon que le corps de pompe baigne toujours dans le liquide.

Supposons le piston 2 au bas de sa course. Quand il remonte, il entraîne tout d'abord, par suite de l'adhérence du liège, le corps de pompe jusqu'à buter contre le guide 8. A ce moment, le cône d'aspiration est ouvert et le remplissage de la cylindrée se fait complètement par suite de la montée du piston. A la descente, les deux cônes reviennent d'abord en contact et le refoulement se produit.

Si l'on fait remonter la butée 8 de façon que le jeu entre le presse-étoupe et le guide soit égal à la course du piston, il ne se produit

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 5 (avril 1909), p. 191 ; n° 6 (mai 1909), p. 240 ; t. II, n° 8 (août 1910), p. 451 ; n° 9 (septembre 1910), p. 496 ; t. III, n° 5 (mai 1911), p. 283 ; t. IV, n° 8 (15 avril 1912), p. 297 ; n° 9 (1er mai 1913), p. 336 ; t. VI, n° 9 (1er mai 1913), p. 343 ; n° 10 (15 mai 1913), p. 387.

Digitized by Google

ni aspiration ni refoulement, le corps de pompe étant seulement entraîné par le piston 2 sans avoir buté.

Dans les positions intermédiaires du guide-butée, l'aspiration et le refoulement ont lieu pendant une période variable avec la position correspondante.

Le débit de cette pompe peut donc varier beaucoup pendant le fonctionnement. Il est possible de le modifier à l'aide d'une manette qui sert à régler le moteur en marche, mais la régulation principale est assurée par un régulateur à boules placé à la partie supérieure du cylindre. Il est protégé par une cloche, tourne à

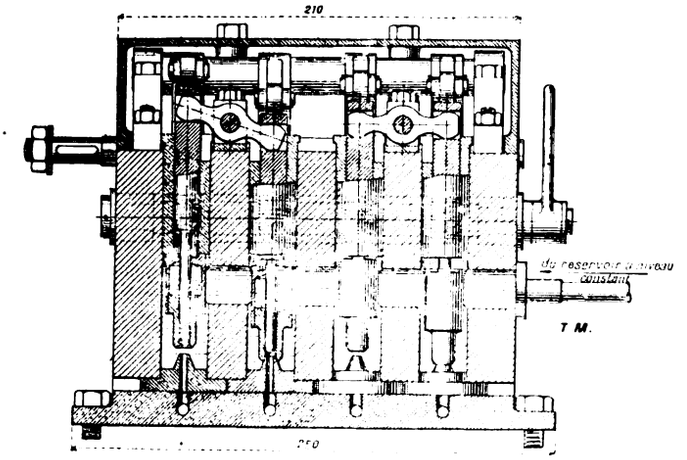


Fig. 3. — Montage des pompes dans un moteur à 4 cylindres.

la vitesse du moteur et agit par un jeu de leviers sur le guide 8 de la pompe de distribution, ainsi que sur l'admission de l'air.

Le moteur exposé à Soissons était un modèle vertical monocylindrique, type industriel, tournant à 400 tours.

Ce dispositif s'applique aussi aux moteurs à plusieurs cylindres.

Dans un modèle à quatre cylindres par exemple (fig. 3), il y a 4 pompes enfermées dans une même boîte et autant de tuyaux partant des pompes pour aller aux pulvérisateurs. Les pignons commandant les butées sont solidaires et liés au réglage de l'air.

L'ensemble peut facilement s'adapter à des moteurs existants, quel que soit leur mode d'alimentation actuel.

Quand ceux qui en sont munis ont fonctionné pendant quelques minutes au pétrole et se sont réchauffés, on peut continuer la marche à l'huile lourde.

Le ***second moteur*** que nous tenons à signaler est moins nouveau et a déjà figuré au dernier concours général agricole.

Présenté par la maison Pestel, c'est un moteur Capitaine à deux temps, sans soupapes, que la maison appelle semi-Diesel et qui a été modifié tout spécialement pour le fonctionnement avec les huiles lourdes ou le pétrole lampant.

Le fond de la culasse (fig. 4) porte une sphère creuse qui est chargée d'assurer l'allumage. Pour le départ, on commence par chauffer la chambre d'ignition jusqu'à ce qu'elle prenne une teinte rouge cerise. On utilise à cet effet une lampe dans le genre de celles à souder, fonctionnant au pétrole ordinaire. Quand le moteur tourne, la boule est maintenue à la température voulue, grâce à la chaleur que lui cèdent les produits de la combustion.

Le fonctionnement se produit de la façon suivante. Lorsque le piston descend, il comprime l'air aspiré précédemment dans le carter par deux larges soupapes. Avant que le piston arrive à sa position la plus basse, l'orifice d'échappement se démasque et les gaz brûlés s'échappent. Le piston, continuant sa course jusqu'en bas, découvre alors l'orifice d'un canal situé sur le côté du cylindre. L'air comprimé dans le carter passe immédiatement par ce canal et rentre dans le cylindre, continuant l'expulsion des gaz brûlés.

Lorsque le piston remonte, il masque les orifices d'échappement et du canal d'air, comprimant l'air resté dans le cylindre. Il se produit à ce moment une injection de combustible pulvérisé faite par une pompe d'alimentation. Ce liquide forme avec l'air comprimé un mélange explosif qui, arrivé à son plus haut point de compression, s'enflamme au contact des parois de la chambre d'ignition dont nous avons parlé ci-dessus. L'explosion se produit alors, chassant de nouveau le piston vers le bas et le cycle recommence.

Ce moteur est pourvu d'un régulateur centrifuge, fixé sur l'arbre vilebrequin qui agit sur la pompe d'injection du combustible.

Le moteur a une compression froide de 10 kgs environ. Pour utiliser ce taux élevé et supprimer les explosions prématurées, tout en évitant la surchauffe de la chambre d'ignition, on injecte un peu d'eau dans le cylindre. Dans les moteurs de 11 chevaux et au-dessus, cette admission d'eau est automatique et commandée par une pompe de distribution fonction du régulateur. Dans les petits modèles, on fait passer dans le cylindre, à l'aide d'un pointeau réglable à la main, une certaine quantité d'eau prise sur la circulation de refroidissement. Cette eau s'écoule par le canal d'air et est introduite avec l'air comprimé.

D'après le constructeur, la consommation varie suivant la force de 300 à 350 grammes d'huile brute par cheval-heure.

Parmi les machines agricoles présentées, nous ne signalerons, en dehors des moteurs ci-dessus, qu'un *trieur de pommes de terre* formé de deux cylindres concentriques à mailles carrées tournant au-dessus d'une grille à barreaux rapprochés. Les pommes de terre

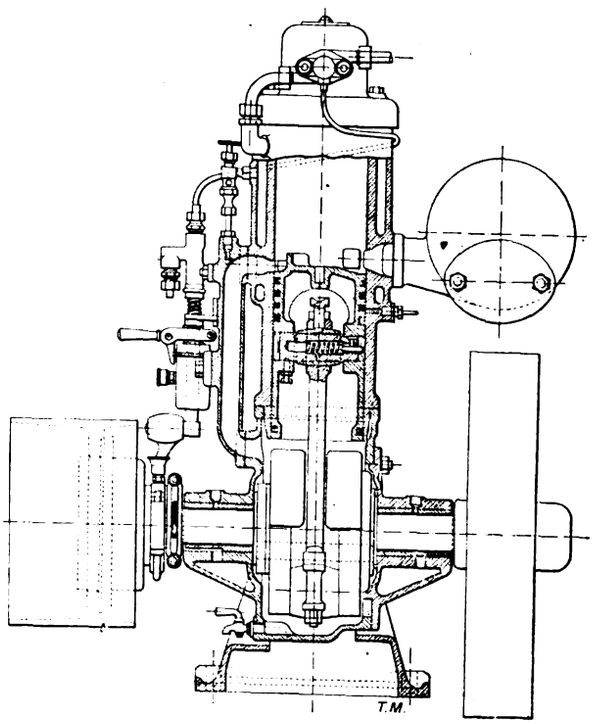


Fig. 4. — Coupe du moteur à huiles lourdes système Capitaine.

arrivent de la trémie dans le cylindre intérieur où sont retenus les gros tubercules ; le reste passe dans le second cylindre qui arrête les pommes de terre moyennes, alors que les petites tombent sur la grille, où elles sont séparées de la terre qui passe entre les barreaux et se retrouve sous le trieur. C'est donc un appareil comparable aux trieurs de grains qui classe les tubercules en trois catégories, gros, moyens et petits.

II. — Concours de motoculture.

Le terme « Démonstration de motoculture » serait plus exact que celui de concours, car il n'y a pas eu à Soissons d'essais précis avec contrôle de la profondeur, de la surface travaillée, de la consommation, etc., toutes mesures indispensables dans un véritable concours. Il serait d'ailleurs bien difficile de classer des machines de principes différents, dont chacune pourrait former une catégorie.

Digitized by Google

Sur les dix appareils qui ont participé aux expériences, la plupart sont déjà connus des lecteurs de *La Technique Moderne*. Notre tâche va donc se trouver simplifiée en conséquence, puisqu'il nous suffira, pour ces machines, de donner les résultats de leur travail sans les décrire.

Le terrain d'essais faisait partie de la ferme de Saint-Crépin. C'était un chaume de blé de résistance moyenne, limité d'un côté par un chemin en ligne droite et de l'autre par la rive irrégulière de l'Aisne, ce qui faisait que les différentes parcelles avaient des longueurs très inégales variant d'environ 65 m à 300 m. Il présentait en outre une pente assez accusée avec une forte rampe sur une longueur d'environ 20 m. Cette pente était variable avec les différentes parcelles.

Nous étudierons les machines dans l'ordre où la commission du concours leur avait distribué le terrain.

Moto-charrue système Stock

Il n'était pas indifférent de voir fonctionner cette charrue automobile après les succès qu'elle a obtenus en Algérie et en Tunisie, à la suite des concours qui ont eu lieu au printemps dernier. M. Gagey, le regretté professeur de Génie rural de l'Ecole d'Agriculture de Tunis, a signalé à ce moment son labour très satisfaisant, malgré la compacité et l'humidité élevée du sol ; il attribuait ce résultat à la forme du versoir et surtout à la vitesse de translation de la machine appropriée à ce versoir. En la décrivant précédemment (1), nous avons signalé ses succès à l'étranger et fait connaître que plusieurs machines ont été achetées par des colons algériens et tunisiens à la suite des résultats ci-dessus.

La moto-charrue Stock (fig. 5) a bien fonctionné à Soissons, mais nous manquerions de franchise en n'avouant pas que les résultats obtenus ont été moins bons que le laissaient espérer

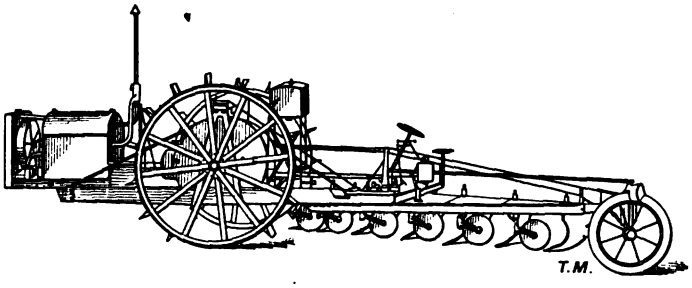


Fig. 5. — Moto-charrue système Stock avec coutres circulaires. Vue du côté de la roue directrice.

les comptes-rendus des publications agricoles françaises et étrangères. Elle a tiré ses six charrues à bonne allure en effectuant un labour de profondeur moyenne, mais elle a eu parfois quelques difficultés à monter la rampe dont nous avons parlé précédemment. D'autre part, les roues s'enfonçaient un peu dans le sol et avaient une tendance à patiner dans les moments difficiles. On peut donc se demander comment elle se comporterait dans des sols mouillés, comme ceux dans lesquels s'effectuent souvent les labours après betteraves ou ceux d'hiver.

Il n'y a pas lieu cependant d'exagérer ces légers défauts, car ils paraissent résulter uniquement d'une trop faible largeur de jante qui facilite l'enfoncement dans des terres qui n'ont ni la résistance ni la dureté de celles d'Algérie. Il doit suffir d'augmenter cette largeur pour réduire l'enfoncement des roues et permettre à la laboureuse d'avancer plus sûrement. Le rendement doit se trouver meilleur, puisque la force prise par le véhicule pour se déplacer lui-même sera réduite en conséquence.

La conduite est très sûre dans la marche avant, par suite de la réaction qui tend à faire appuyer la roue directrice sur le sol ; par contre, le recul est plus difficile, l'arrière ayant alors une légère tendance à se soulever.

Cette motocharrue est facile à diriger et franchit aisément des obstacles tels que monticules, fossés, etc. Le virage est court et peut même s'effectuer sur place en embrayant seulement une roue, ce qui réduit la largeur des fourrières.

Tracteur système Caterpillar

Cet appareil doit son nom de Caterpillar (chenille) à son mode de propulsion. Il est en effet monté sur un bâti dont chaque côté repose presque complètement, par l'intermédiaire de 5 roues d'acier, sur une voie de roulement sans fin à très large surface. Cette voie (fig. 6) est formée de plaques en acier de charrue fondues en coquille, articulées entre elles, dont chacune porte une portion de barre rectiligne formant rail. Ainsi que le représente la fig. 7, ces portions de barre, en se posant les unes après les autres sur le sol, forment des rails sur lesquels roule le chariot portant l'appareil.

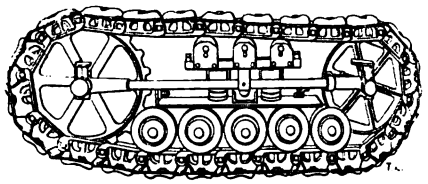


Fig. 6. — Vue de la « chenille » du tracteur système Caterpillar.

Les barres sont doubles et reliées entre elles par des boulons ; elles forment dans leur ensemble une chaîne que l'on commande par une roue dentée actionnée par le moteur. Une seconde roue, reliée à la première par une barre de longueur réglable, sert à tendre la chaîne et à assurer son fonctionnement correct.

Les plaques juxtaposées constituent les « chenilles » qui, en mordant sur le sol, permettent la progression du véhicule. Chaque « chenille » a une surface de contact de près de 2 m de long sur 0m,50 de largeur, de telle sorte que, malgré le poids élevé du tracteur (9 500 kgs), la pression par centimètre carré ne dépasse pas 500 gr.

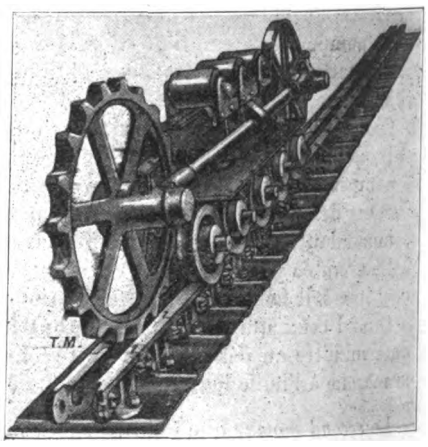


Fig. 7. — Vue d'une « chenille » ouverte montrant la façon dont roule le tracteur système Caterpillar.

Pour les terrains très mous, on peut mettre des plaques de 0m,60 et 0m,75 de large munies de nervures spéciales.

Il en résulte une adhérence considérable et, dans la partie la plus inclinée, le glissement ne dépassait pas quelques centimètres, c'est-à-dire qu'il était pratiquement nul.

Le tracteur comporte un moteur de 65 chevaux et à 4 cylindres, type automobile avec allumage par magnéto basse tension et circulation d'eau par pompe centrifuge. Le radiateur est à tubes verticaux avec ventilateur à aspiration. Le moteur actionne, par l'intermédiaire d'un embrayage à friction et transmission avec engrenage d'angle (fig. 8), deux volants comportant chacun un embrayage intérieur par sabot à expansion, qui leur permet de communiquer le mouvement par chaîne aux « chenilles » correspondantes. Chacune d'elle possède donc son embrayage et peut être actionnée séparément. L'appareil se dirige comme les bateaux à rames ; dans les virages, on rend folle la chenille intérieure, l'autre seulement restant motrice. Cette action, combinée avec celle de la roue directrice placée à l'avant, permet un virage très court.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 3 (1er août 1913), p. 97.

Digitized by Google

Le poids supporté par la roue directrice est très faible et on constate même que son adhérence sur le sol est à peine suffisante pour la bonne conduite du tracteur.

Cet appareil ne possède pas de changement de vitesse ; il n'a qu'un changement de marche obligatoire pour l'avancement et le recul. Son encombrement est d'environ 6 m de long sur 2m,60 de large. Il est surmonté d'un toit couvrant entièrement le véhicule (fig. 9).

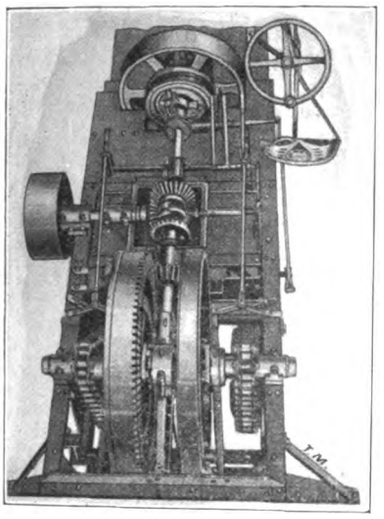


Fig. 8. — Tracteur système Caterpillar. Vue des transmissions.

Pour la conduite du tracteur, le mécanicien possède à sa disposition, en dehors du volant de direction, quatre leviers, une pédale et deux manettes. Cette complication vient surtout des trois embrayages qui existent sur la machine.

Le tracteur Caterpillar a remorqué une charrue à dix socs, montée sur un chariot spécial à trois galets pivotants. Les corps de charrue sont accouplés deux à deux ; chaque jeu peut être relevé séparément à l'extrémité de la raie et réglé en profondeur.

La largeur travaillée par un pareil ensemble est d'environ 3m,50 et la vitesse de propulsion atteint 1 m à la seconde ; on se rend compte, par ces chiffres, de la capacité de travail de ce matériel.

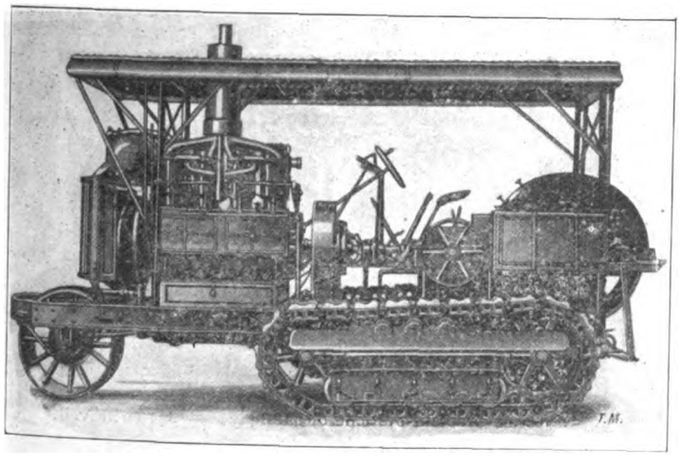


Fig. 9. — Tracteur système Caterpillar. — Vue d'ensemble.

Les frais d'amortissement à l'hectare se trouvent ainsi ramenés à un taux raisonnable.

Deux appareils sont actuellement vendus à l'essai et nous croyons savoir que des labours vont prochainement être entrepris sur les terrains de la Ville de Paris. On pourra être ainsi fixé sur les résultats pratiques donnés par ce matériel.

Tracteur système Lefebvre

Nous ne reviendrons pas sur la description de ce tracteur (fig. 10) dont nous avons souvent parlé dans cette revue (1).

Malgré son faible poids, il possède une bonne adhérence et a tiré, comme à Bourges, une charrue balance à trois socs faisant un labour régulier.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 8 (15 avril 1912), p. 298 et t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 312.

La stabilité a été très satisfaisante ; on a bien constaté un léger glissement dans la partie où la pente était la plus accentuée, mais il n'a jamais empêché l'avancement de l'appareil dont la marche a été régulière.

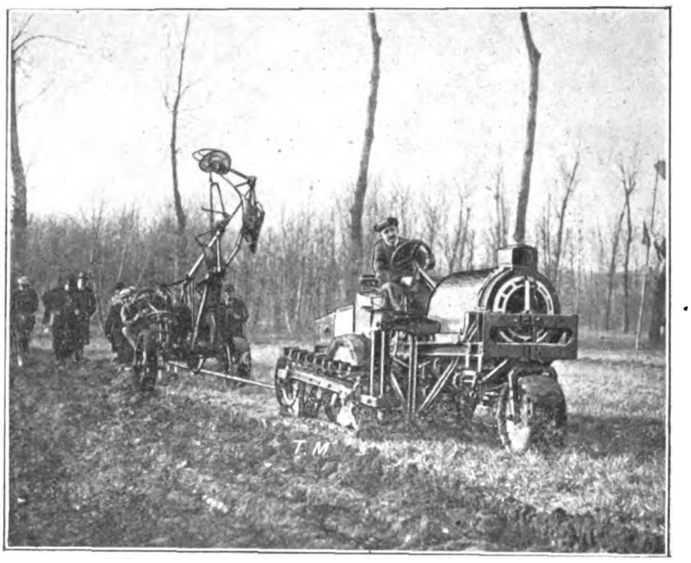


Fig. 10. — Tracteur système Lefebvre remorquant une charrue balance.

C'est là un résultat intéressant à signaler car le poids relativement faible du tracteur, donne à l'examen quelques craintes pour son adhérence.

Tracteur-toueur système Arion

Ce tracteur est également connu des lecteurs de *La Technique Moderne* (1).

Il a tiré, avec sa régularité habituelle, une charrue brabant double (fig. 11) et effectué à bonne allure un labour d'une profondeur de 20 à 25 cm. Sa capacité de travail n'est pas considérable, mais il convient bien aux exploitations moyennes où la plupart des appareils étrangers peuvent difficilement trouver place. Sa traction, par une chaîne de faible longueur, le met dans des conditions comparables à celles des attelages ordinaires, et fait qu'il utilise, sans modification, le matériel habituel des fermes.

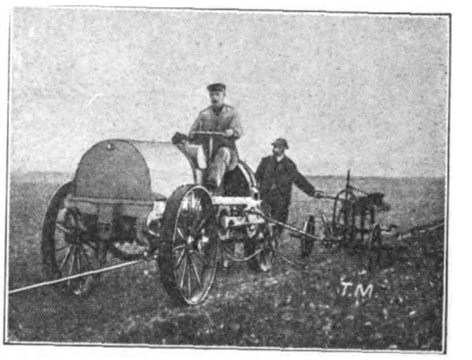


Fig. 11. — Tracteur-toueur système Arion, au travail.

Laboureuse système Maillet

La laboureuse Maillet, exposée à Soissons, est un appareil de démonstration étudié tout spécialement pour les cultures arbustives et en particulier pour la vigne.

Elle est montée sur deux roues motrices (fig. 12), la direction s'effectuant de l'arrière à l'aide de mancherons que tient l'homme chargé de la conduire.

Cette machine est pourvue d'un moteur de 3 chevaux qui commande les roues par une vis sans fin et l'outil laboureur par une

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 8 (15 avril 1912), p. 298 et t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 313.

Digitized by Google

chaîne. Les manettes de régulation du moteur ainsi que les leviers de commande sont à l'arrière, à la portée du conducteur. L'ensemble pèse 300 kgs.

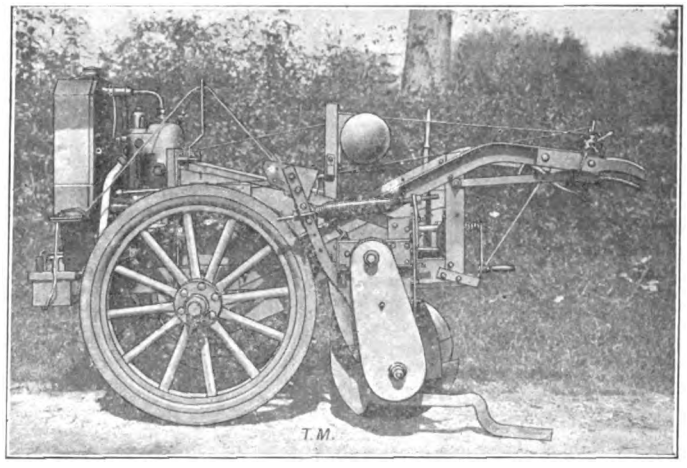


Fig. 12. — Laboureuse système Maillet. — Vue de côté.

L'outil laboureur est très spécial. Ainsi que le représente la fig. 13, il se compose d'une double hélice montée sur un arbre horizontal, qui découpe et retourne le sol en effectuant un labour intermédiaire entre ceux obtenus avec les charrues à disques et les corps de charrue ordinaire.

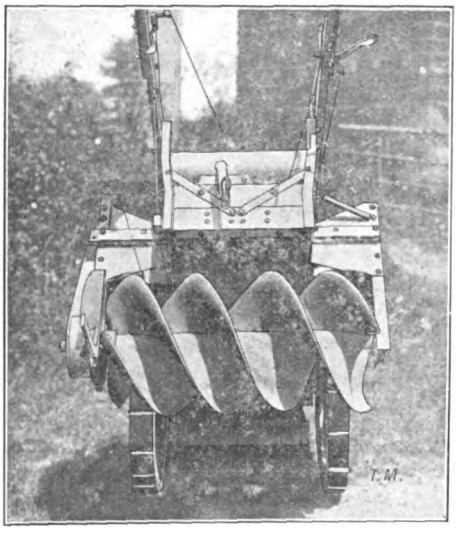


Fig. 13. — Laboureuse système Maillet. — Vue de l'outil laboureur, bâti relevé.

La profondeur peut atteindre de 5 à 15 cm. La maison Maillet projette aussi la construction d'un modèle plus puissant, monté sur 4 roues, pouvant travailler à la profondeur ci-dessus une largeur de $1^m,30$ à des vitesses de $0^m,33$ à $0^m,80$ suivant la résistance du sol. Ce nouvel appareil sera pourvu d'un moteur de 8 chevaux.

Le Motoculteur

Le modèle présenté est du même type que celui qui a pris part aux expériences de Bourges (1). Pourvu de nombreuses griffes rotatives, formant une fraise souple qui attaque le sol en l'émiettant, cet appareil produit une véritable pulvérisation qui diffère complètement du travail des charrues ordinaires. Nous n'avons malheureusement pas pu le voir exécuter un labour de profondeur normale, le travail qu'il a effectué étant plutôt du déchaumage. Il est à désirer que des expériences culturales, faites avec précision dans les conditions normales de la pratique, viennent fixer l'opinion sur la valeur de cette machine dont la perfection du travail tient davantage du jardinage que de la grande culture.

Tracteur système de Mesmay

Mme veuve de Mesmay a présenté, en dehors de la houe automobile qui a pris part au concours de Bourges (2) et qui peut être utilisée comme tracteur léger, un appareil plus puissant étudié par les travaux de labourage (fig. 14).

Son principe est le même que celui de la houe automobile au point de vue de la légèreté et de la mobilité, mais il comporte un

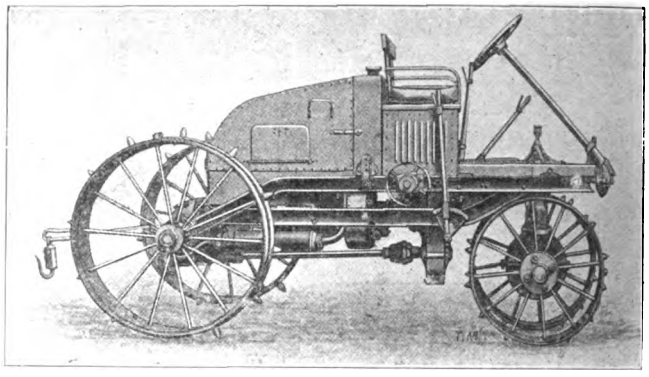


Fig. 14. — Tracteur système de Mesmay. — Vue d'ensemble.

moteur Abeille à 2 cylindres, force 15 chevaux, avec radiateur ventilateur puissant et de faible capacité.

L'appareil pèse 1400 kgs; il est pourvu de quatre roues motrices ce qui lui donne une bonne adhérence que l'on peut encore augmenter par l'adaptation aux roues de jantes antidérapantes.

Une poulie, placée sur le côté, permet d'utiliser ce tracteur comme locomobile à essence pour actionner les instruments de ferme.

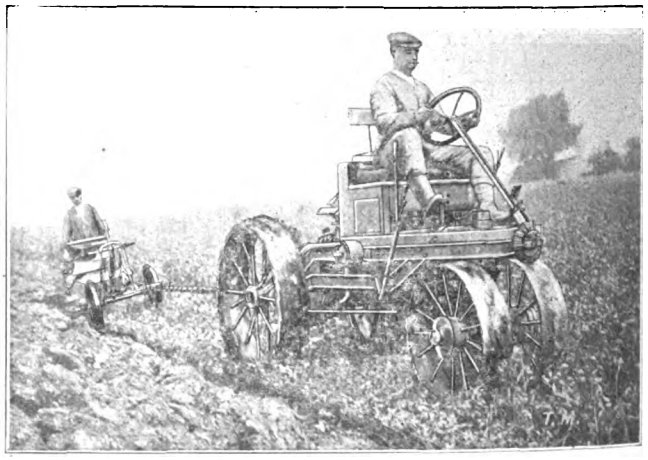


Fig. 15. — Tracteur système de Mesmay. — Vue en travail.

Il a tiré une charrue brabant double Fondeur (fig. 15) et effectué à la vitesse des chevaux un labour dont la profondeur a varié de $0^m,10$ à $0^m,20$. La largeur travaillée a paru un peu inégale, mais la marche était régulière et sans arrêt.

Bineuse système Bauche et Monnier

Comme la laboureuse Maillet, cet appareil est établi pour les cultures arbustives, mais il est destiné à effectuer des travaux plus légers.

Ainsi que nous l'avons dit antérieurement (1), il est muni de pioches ou rasettes montées sur deux axes parallèles et animées d'un mouvement de va-et-vient tout à fait comparable à celui que l'on exécute dans le binage à la main. Il se construit en deux modèles : le premier a une largeur de travail qui varie de $0^m,50$ à $0^m,70$; il est destiné surtout au binage des pépinières et des plantes maraîchères et comporte un moteur de 2 chevaux 3/4. Ses dimensions sont si réduites qu'il peut passer partout.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 314.
(2) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er novembre 1912), p. 312.

(1 Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 9 (1er mai 1912), p. 326.

Digitized by Google

Le second modèle convient pour le binage de la vigne, du coton, etc., et travaille sur une largeur de 0m,90 à 1m,15. Le moteur a une force effective de 4 chevaux.

Le constructeur a effectué quelques démonstrations, permettant d'apprécier le travail et le mouvement des rasettes. Il s'agit d'ailleurs d'un appareil qui fonctionne depuis plusieurs années et dont la valeur pratique est connue.

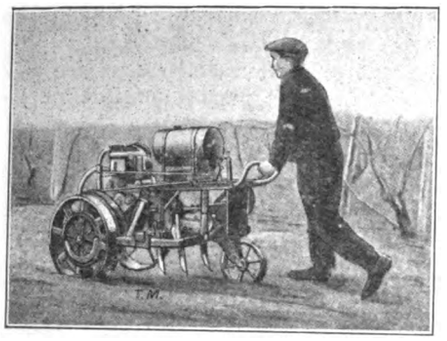


Fig. 16. — Vue de la laboureuse système Bauche et Monnier, en travail dans les vignes.

M. Bauche a eu l'idée d'utiliser son moteur très léger pour transformer une faucheuse ordinaire en faucheuse automobile. Il nous a présenté à Soissons un modèle de ce genre que nous n'avons malheureusement pas eu l'occasion de voir fonctionner.

Il se différencie de la faucheuse ordinaire par le fait que la rotation des roues, qui commandent le mouvement de la barre coupeuse, s'effectue mécaniquement, au lieu d'être obtenue par le déplacement de l'attelage comme habituellement. A cet effet, un moteur Bauche de 2 chevaux 3/4 est monté sur le bâti de la machine et actionne la roue droite par l'intermédiaire d'un embrayage et d'une transmission par chaîne. La commande de l'embrayage, et celle du carburateur, s'effectuent de l'arrière à l'aide de manettes placées sur un mancheron qui sert à diriger la faucheuse.

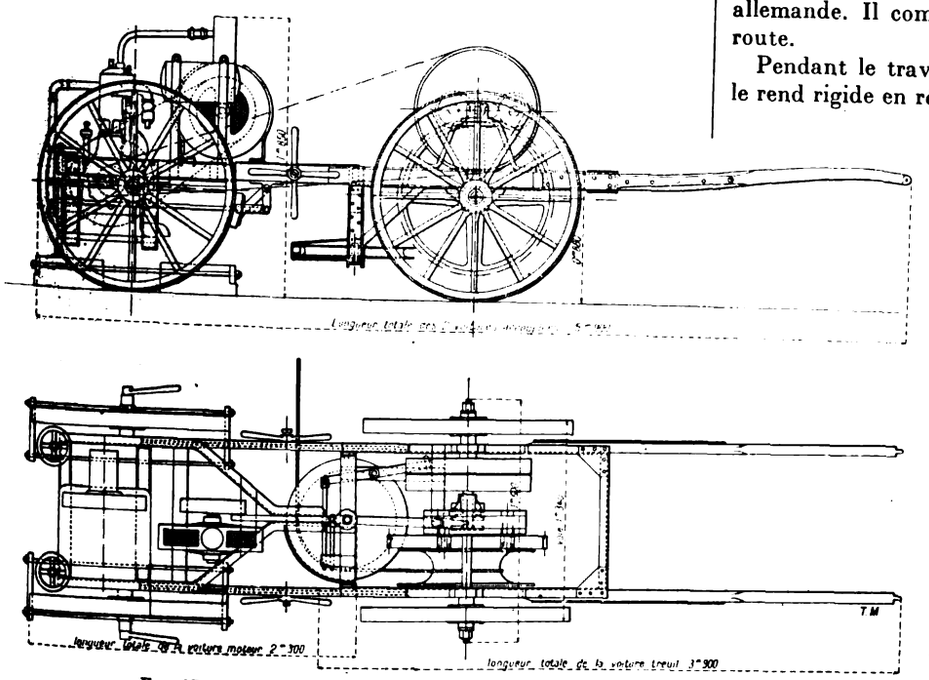


Fig. 17. — Moteur-treuil système de Dion-Bouton. — Elévation et plan.

L'homme chargé de la conduire suit la machine à pied et possède ainsi à sa disposition les commandes nécessaires.

Le moteur est du même type que celui qui se trouve sur la bineuse petit modèle ; il est pourvu d'un ventilateur qui aspire l'air et le refoule sur les ailettes du cylindre.

Moteur-treuil système de Dion-Bouton

Ce matériel de labourage se compose d'un moteur industriel de Dion-Bouton à marche lente, force 10 chevaux, monté sur un chariot à deux roues type artillerie, accouplé avec un treuil monté également sur deux roues (fig. 17).

Nous ne dirons rien du moteur proprement dit et de son chariot support qui sont connus depuis longtemps déjà. Le treuil est la partie nouvelle de cet ensemble. Il se compose essentiellement d'un tambour à axe horizontal, sur lequel s'enroule le câble de

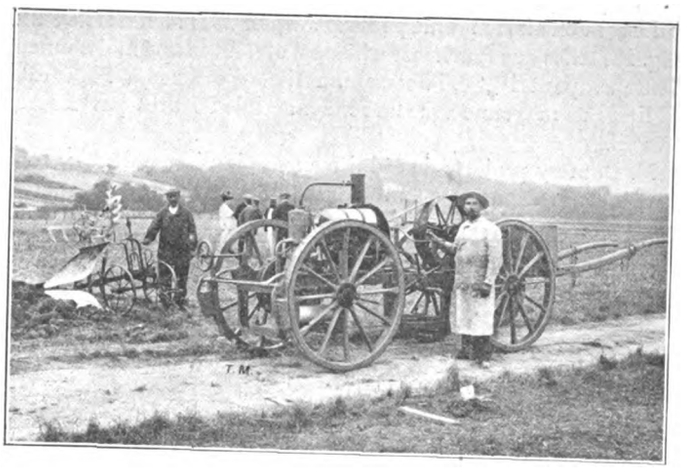


Fig. 18. — Vue du moteur-treuil système de Dion-Bouton pendant le labour.

traction et d'une poulie de grand diamètre, à axe vertical, située très près du sol, qui sert à renvoyer ce câble dans une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'ensemble.

Le groupe moteur-treuil constitue un chariot avec cheville ouvrière placée en arrière de l'essieu avant, comme dans l'artillerie allemande. Il comporte une limonière pour le déplacement sur route.

Pendant le travail, ce groupe est placé dans la fourrière ; on le rend rigide en réunissant les longerons des chariots avant et arrière par des vis de serrage.

L'ensemble est maintenu en place en bloquant les roues du côté moteur par un frein à patin et le moyeu par le serrage de l'écrou sur la fusée.

Le chantier de labourage comprend deux treuils, l'un à chaque bout du champ, qui tirent alternativement la charrue. Celle-ci fonctionne donc en navette. Pendant qu'elle se dirige vers l'un des treuils (fig. 18), on déplace l'autre d'une longueur correspondant à la largeur labourée ; à cet effet, on commande les roues du treuil par le moteur.

La vitesse d'avancement est d'environ 0m,70 à la seconde.

La stabilité en travail ordinaire est satisfaisante, grâce à la position très basse occupée par la poulie de renvoi et au poids élevé de l'ensemble (2 430 kgs). Comme le moteur possède son chariot propre, qui est normalement indépendant de celui du treuil, il peut être utilisé à la ferme pour produire toute la force motrice destinée à l'exploitation et même pour l'éclairage électrique.

Camion-tracteur système Damery

Ce camion se compose d'un châssis renforcé Clément-Bayard 24 chevaux commandé par chaîne et pourvu normalement à l'arrière de roues jumelées amovibles Michelin.

M. Damery a enlevé les deux jantes amovibles et les a remplacées par une jante en bois, de 8 cm environ d'épaisseur, recouverte elle-même d'un cercle en tôle d'acier débordant un

Digitized by Google

peu en dehors de la dite jante en bois. Sur ce cercle en tôle sont rivées, en diagonales, des cornières de 6 cm. Cet ensemble forme ainsi une jante amovible fixée par 4 boulons et aussi facilement démontable qu'une jante Michelin.

Pour transformer le châssis en tracteur agricole, le constructeur a ramené la première vitesse à 5 ou 6 km à l'heure en remplaçant, par de plus petits, les pignons de commande des chaînes.

Le camion ainsi modifié peut remorquer des machines de culture (fig. 19) telles que faucheuses, lieuses, etc. Avec une moissonneuse-lieuse coupant 1m,80, la consommation d'essence à l'Ha est de 12 litres en moyenne avec un rendement de 50 ares par heure de travail.

M. Damery projette de réduire encore la vitesse de son camion pour ne pas dépasser 4 km à l'heure ; il l'utilisera alors pour le

FIG. 19. — Camion tracteur système Damery, remorquant une moissonneuse-lieuse.

labourage avec une charrue légère à 1 ou 2 socs, suivant la profondeur à atteindre et la résistance du sol.

Ce camion trouve ainsi son emploi pour les travaux agricoles autres que ceux de transport pour lesquels il a été construit, et qu'il effectue normalement sur route avec pneus jumelés et charge utile de 1 500 kgs.

III. — Congrès de motoculture.

Le premier congrès de motoculture, organisé à Amiens en 1909, s'était occupé surtout de l'application du moteur mécanique au point de vue économique. Dans celui qui s'est tenu à Soissons, on a envisagé le problème sous deux autres formes. La section agronomique du Congrès a cherché à déterminer, suivant la composition des terres, la nature des cultures et la situation climatérique, les conditions les plus rationnelles dans lesquelles doit se faire l'ameublissement du sol.

La section mécanique devait préciser quelles sont les conditions que doit remplir l'appareil de motoculture tant au point de vue moteur et des transmissions que de l'outil faisant le travail agricole pour que le résultat obtenu soit à la fois pratique et économique lorsqu'on l'envisage au point de vue des divers travaux de la ferme.

Un grand nombre d'agriculteurs et plusieurs délégués étrangers ont pris part aux discussions du Congrès.

Le point de vue agronomique a une importance capitale. Nous avons déjà signalé précédemment la situation regrettable du constructeur qui veut établir un appareil de culture mécanique et qui ignore d'une façon à peu près complète les données du problème.

L'agriculture n'a pas précisé le travail qu'elle veut obtenir. Faut-il continuer à labourer le sol à l'aide des corps de charrue ordinaires ou le pulvériser comme le font quelques nouvelles machines ? Comment doit-on enfouir le fumier, à quelle profondeur ? Les labours d'hiver doivent-ils différer de ceux de printemps, etc. ? Tout est à faire dans cet ordre d'idées.

Le Congrès s'est appliqué à résoudre ces questions, mais il a dû se baser plutôt sur des impressions que sur des faits précis, car les expériences culturales comparatives manquent. C'est cependant la pratique seule qui devrait fournir les réponses au problème.

Sans entrer dans le détail, voici les conclusions principales des discussions :

Pour la culture des céréales d'automne en terres fortes et moyennes, le Congrès est d'avis qu'il y a lieu d'obtenir, dans la préparation du sol, une pulvérisation suffisante dans toute la profondeur, à la condition d'assurer, par un rayonnage convenable, la protection du semis et l'écoulement des eaux.

Dans les mêmes terres qui doivent passer l'hiver sous jachère, le sol doit être livré dans un état motteux, mais si l'outil mécanique peut assurer au printemps un nouveau travail d'ameublissement, l'état motteux pourrait disparaître.

Pour les terres légères, la discussion a porté surtout sur la destruction du chiendent et autres plantes parasitaires. Le Congrès estime que le chiendent doit être enfoui à 0m,20 et plus, ou ramené à la surface sans être divisé pour être détruit par l'action du soleil, ou encore déchiqueté de façon à détruire les rhizomes.

Pour les céréales de printemps, le Congrès conclut aux labours préparatoires en terres fortes permettant la pénétration de l'eau pendant l'hiver et à la préparation rapide au printemps par une seule opération aux fins d'ensemencement.

Pour les terres moyennes et légères, on préconise de les mettre à l'état motteux pendant l'hiver et de les préparer finement pour l'ensemencement.

Pour la betterave, mêmes conclusions que pour la culture des céréales de printemps, mais avec approfondissement des labours.

La culture de la vigne a fait aussi l'objet de débats de la part des délégués. Sur la proposition de M. Tellion, le Congrès a émis le vœu suivant :

« Le desideratum de la viticulture serait, pour la généralité des régions, une machine de motoculture légère, pouvant tourner sur place (et pouvant cultiver sur une largeur de 1m,30 à 2 m), d'une largeur entre les roues de 0m,75 à 1m,50, labourant à une profondeur pour le chaussage d'hiver d'un minimum de 7 cm à un maximum de 15 cm et pouvant l'été faire des labours de 5 à 10 cm de profondeur en approchant près des ceps et au besoin en cultivant entre les ceps. »

Les *conclusions* générales de la section agronomique sont les suivantes : Le Congrès estime :

1° Que le labour et les travaux préparatoires aux semis doivent assurer le mélange intime du fumier à la couche arable ;

2° Que dans le piochage, il importe d'effectuer un plombage suffisant du sol lors du semis pour assurer la germination des grains ; que le fumier ne doit pas rester dans la couche superficielle du sol et que les mauvaises herbes doivent être enfouies ;

3° Que l'appareil de binage doit pouvoir varier sa profondeur et fournir une couche bien ameublie ;

4° Qu'en vue d'encourager les échanges parcellaires, une étude du remembrement des propriétés morcelées pourrait être entreprise par l'Etat à la demande des intéressés ;

5° Qu'enfin, il y a lieu de propager la création de syndicats d'outillage agricole et notamment de syndicats de labourage.

Les discussions de la section mécanique ont été plus confuses ; il suffit d'ailleurs d'assister aux concours agricoles pour voir combien sont différentes les idées des ingénieurs qui ont cherché à résoudre le problème de la motoculture.

Constructeurs et inventeurs se sont bornés à exposer leurs idées que chacun conserve jalousement.

La manifestation de Soissons a donc été intéressante et instructive. Son succès n'était pas douteux dans une région de très grande culture, où il existe déjà des entreprises de labourage à vapeur et où les agriculteurs, à cause de l'étendue de leurs exploitations et des difficultés de main-d'œuvre, cherchent impatiemment un appareil de culture mécanique répondant aux services qu'ils en attendent.

H. PILLAUD,
Ingénieur-agronome.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AVIATION

Dispositif d'accrochage pour aéroplanes.

Ce dispositif, imaginé pour les hydravions, permet à ces appareils de venir se poser sur un navire et d'en repartir avec une très grande facilité. On sait que les hydravions peuvent flotter sur la surface de la mer, mais ils peuvent aussi s'en trouver mal si cette surface n'est pas suffisamment calme et il leur est alors difficile de communiquer avec un navire. Le départ sur une surface agitée est d'ailleurs très difficile et dangereux. On a essayé de les faire descendre sur le pont des bateaux. C'est déjà mieux, mais sur un navire de combat, ce pont doit rester libre. En tendant un câble sur les flancs du navire, on obtient un moyen facile permettant aux appareils de se fixer.

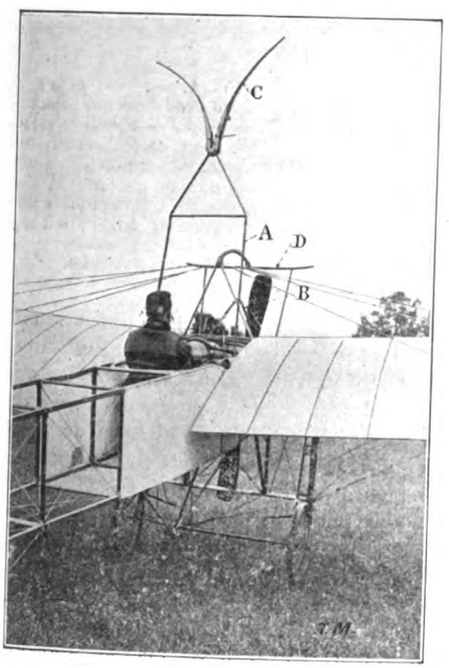


Fig. 1. — Ensemble du dispositif d'accrochage de l'aéroplane.

Les expériences faites par l'aviateur Pégoud, sur un monoplan Blériot, ont confirmé les espérances du constructeur.

On avait, à Buc, tendu un câble de 80 m de long entre 2 autres câbles transversaux soutenus par des mâts. L'appareil, du type ordinaire, comporte (fig. 1), un peu en avant du pilote, un cadre rectangulaire A en tubes d'acier, dont le plan est perpendiculaire au fuselage, sur lequel il est fixé. Il est haubanné d'une façon élastique B, ce qui lui permet de prendre une inclinaison en avant ou en arrière sous l'action d'un grand effort. Ce cadre est muni, à sa partie supérieure, d'une fourche C en forme d'accent circonflexe renversé.

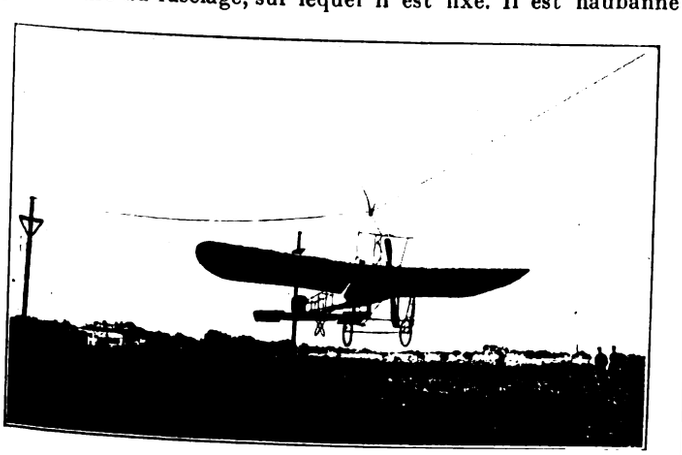


Fig. 2. — Vue de l'aéroplane accroché au câble.

L'appareil est accroché au câble (fig. 2) et s'y maintient, grâce à un dispositif d'arrêt que l'on voit schématiquement sur la fig. 3. Le câble se trouve dans le logement *a* et supporte un verrou *b* mobile autour d'un axe *c*, mais qui ne peut se relever, car il est calé par une butée *d*. Cette butée, qui prolonge un petit levier *e*, peut dégager le verrou lorsque le pilote agit sur la commande du levier *e*, pour libérer l'appareil. Après cette opération, le verrou reprend sa place et le ressort *f* ramène le levier *e* à sa position horizontale. Pour l'accrochage, le pilote vient engager le câble entre les deux branches de la fourche et remonte. Le câble pousse de haut en bas le verrou qui est libre dans ce sens, mais seulement soumis à l'action d'un ressort *g*, et il est alors emprisonné grâce à la butée *d*. La suppression de l'effort moteur permet à l'appareil de s'arrêter.

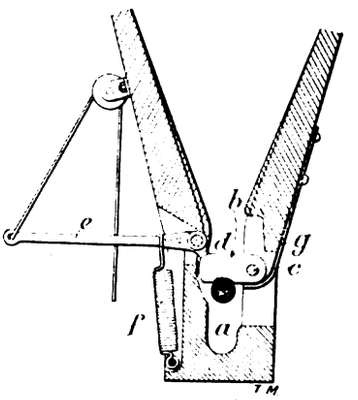


Fig. 3. — Détail du dispositif de l'appareil d'accrochage.

Afin d'éviter que l'hélice ne vienne rencontrer le câble, un cadre D la protège à la partie supérieure (fig. 1).

Un autre système expérimenté comportait un trapèze posé sur le câble et dans lequel un crochet fixé à l'aéroplane venait s'engager. L'accrochage avec ce système est plus facile, mais le départ est plus compliqué.

Il serait intéressant de voir ces expériences continuées en mer, où les vents sont plus forts. Nous voyons de toute façon dans ces recherches un progrès important sur les procédés actuels de mouillage des hydravions.

J. B.

CHIMIE INDUSTRIELLE

A propos de la recherche des huiles de graines dans l'huile d'olive au moyen de la réaction de Bellier.

Mario Malacarne, du laboratoire municipal de Turin, a repris l'étude de la réaction colorimétrique de Bellier. Il a d'abord cherché si la coloration, sur l'apparition de laquelle elle est basée, ne se produit qu'en présence de résorcine ou si cette dernière substance peut être remplacée par d'autres phénols. Il a examiné également si, du fait d'une réaction positive, on pouvait conclure à coup sûr à la présence d'huiles de graines dans l'huile d'olive.

Dans la première série de ses recherches, il mit en œuvre un grand nombre de phénols (mono et polyphénols) qu'il employait soit en solution benzénique concentrée soit, en cas d'insolubilité, à l'état solide (0 gr 1 pour chaque essai). Chacune de ses expériences fut faite en partie double, d'abord avec de l'acide nitrique concentré incolore (densité = 1,38) et à la température ordinaire, puis avec de l'acide nitrique dilué (densité = 1,20) et à 30° C, environ. Il opérait chaque fois d'une manière identique : il mélangeait 2 cm³ d'huile avec 2 cm³ de la solution de phénol puis, tout en agitant, il ajoutait peu à peu 2 cm³ d'acide nitrique. Il notait d'abord la coloration du mélange, puis, après repos, celles des couches séparées.

Il fut démontré de la sorte que, de tous les phénols employés, seules la résorcine et la phloroglucine ont la propriété de donner,

Digitized by Google

avec les huiles de graines en présence de l'acide nitrique, la coloration caractéristique, tandis que le phénol, la pyrocatéchine, l'hydroquinone, le pyrogallol, l'oxyhydroquinone, l'α-naphtol et le β-naphtol ne donnent pas de résultats utilisables.

La remarque fut faite d'autre part qu'il était indifférent d'opérer avec de l'acide nitrique concentré à froid ou avec de l'acide nitrique dilué à 30° C.

Suivant les huiles employées, l'auteur nota les phénomènes suivants :

Huile d'olive : Sur cinquante échantillons examinés, trente-sept donnèrent un mélange d'une teinte grise violacée ; la couche acide, une fois déposée, était jaune. Dans les treize autres échantillons (huiles tunisiennes), la couleur du mélange variait du violet rouge au violet, mais cette nuance était bien moins intense que celle obtenue avec les huiles de graines ; la couche acide était jaune.

Huile de sésame : Le mélange était soit d'un noir bleuté soit violet ; la liqueur acide était verte avec la résorcine et d'un violet bleu avec la phloroglucine. Cette teinte persistait après dilution.

Avec toutes les autres huiles de graines essayées (arachides, coton, graines de soja, lin, maïs, ricin, amande douce, noix), le mélange prenait une teinte plus ou moins intense qui variait du rouge bleuté au violet ; par repos, la matière colorante se localisait dans la solution benzénique et la couche acide apparaissait jaune.

Par d'autres essais, il fut démontré que le chromogène déterminant la réaction colorée, peut être extrait des huiles de graines par épuisement à l'alcool à 80 %. Les huiles ainsi traitées ne donnent plus la réaction de Bellier que très faiblement ; cependant, il n'est pas possible de les débarrasser complètement de ce chromogène. En ce qui concerne la nature de ce dernier corps, on sait seulement qu'il doit être facilement décomposable par les alcalis. En effet, l'insaponifiable extrait des huiles par la méthode de Bœmer donne, encore que faiblement, la réaction colorée ; au contraire, les acides gras séparés à nouveau ne donnent plus du tout de coloration.

Comme conclusion de ce travail, on peut dire que la réaction colorée donnée par les huiles de graines avec la résorcine ou la phloroglucine, en présence de l'acide nitrique, est tellement caractéristique qu'elle ne saurait conduire à des erreurs au cours de l'analyse de l'huile d'olive. Seules, les huiles tunisiennes pourraient prêter à confusion : elles donnent, en effet, avec le réactif de Bellier une légère coloration qui n'a jamais été observée avec les huiles d'olive européennes.

M. B.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Les mines sous-marines et les navires mouilleurs de mines.

Au cours des dernières guerres navales, les belligérants ont largement usé des mines sous-marines, et il faut bien dire que ces redoutables engins ont causé plus de pertes à ceux mêmes qui les posaient ou aux navires de commerce neutres qu'aux ennemis. On se souvient du nombre considérable de vaisseaux marchands avariés ou détruits dans le golfe de Petchili, et, plus récemment des accidents survenus au *Sénégal* et au *Nevada*, à Smyrne, du fait de mines oubliées ou parties à la dérive et aussi à cause des restrictions apportées à la libre navigation, restrictions dont les circonstances ou un oubli fatal empêchèrent quelquefois de tenir compte. Le sort du *Sevastopol* et de l'*Amiral Makharoff* est encore aussi présent à toutes les mémoires.

La conférence de la Haye (1907) a imposé aux belligérants l'obligation de n'employer que des mines qui se désamorcent après une heure de dérive. D'un autre côté, les engins actuellement adoptés ont des mécanismes de mise à feu qui les rendent inoffensifs tant qu'ils ne sont pas immergés ; leur mise en place ne présente ainsi pas de dangers particuliers. Enfin, on a prévu des dispositions qui permettent de les relever avec les moindres risques.

Au point de vue tactique, il faut distinguer entre les mines de défense et les mines de blocus (mines dormantes et mines vigilantes). Les premières, destinées à interdire une passe, l'entrée d'un port, d'une rade ou un détroit aux navires ennemis, sont posées généralement par un navire de servitude quelconque qui reçoit un aménagement de fortune peu compliqué. La ligne de torpilles dormantes est interrompue en un point dont la position est gardée secrète, pour laisser un passage libre aux bâtiments du parti de la défense et sans perdre de vue qu'il ne faut pas qu'un navire atteint par la mine vienne obstruer complètement la passe. Si cette passe est large, on la ferme par plusieurs chapelets placés en quinconce les uns devant les autres. Les secondes mines sont posées dans les eaux ennemies, dans le but d'embouteiller une escadre, ou de l'empêcher de rejoindre un point d'appui, ou bien encore pour la détruire à un passage propice. Le navire poseur doit alors posséder plusieurs qualités, dont les principales sont un grand rayon d'action, une vitesse élevée et une visibilité aussi faible que possible. Pour réaliser ces diverses conditions, on a aménagé spécialement des croiseurs légers ou des contre-torpilleurs, puis on a construit des navires affectés exclusivement à cet emploi. Nous nous proposons de décrire rapidement quelques-uns de ceux-ci, mais auparavant, nous devons donner quelques explications sur les mines elle-mêmes. Une mine sous-marine est constituée principalement par un récipient cylindrique ou sphérique (flotteur) contenant la charge, et accessoirement par un appendice ou « crapaud » contenant le mécanisme d'immersion et de tenue au fond. On les réunit quelquefois par paires avec un câble, ce qui permet d'augmenter leur écartement en le portant à une valeur un peu plus faible que la longueur du plus petit navire que l'on veut atteindre. Le navire qui rencontre le câble entraîne les deux torpilles contre ses flancs. La mise à feu est assurée par le déplacement d'une sphère provoquée par l'inclinaison de la mine, ou par le déplacement d'un levier de contact choqué par le navire.

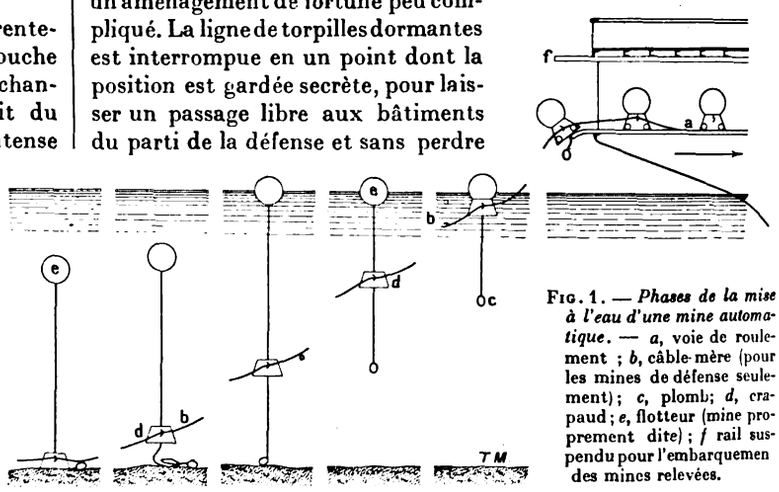


FIG. 1. — *Phases de la mise à l'eau d'une mine automatique.* — *a*, voie de roulement ; *b*, câble-mère (pour les mines de défense seulement) ; *c*, plomb ; *d*, crapaud ; *e*, flotteur (mine proprement dite) ; *f* rail suspendu pour l'embarquement des mines relevées.

Voici plusieurs procédés de sécurité pour empêcher la mise à feu pendant les manutentions et la mise à l'eau :

1) Diaphragme sensible à la pression hydrostatique : la mine n'est amorcée que quand elle est immergée à une profondeur déterminée à l'avance.

2) Pièces de liaison à faible résistance, se cisaillant sous un effort donné, par exemple sous l'effort de remorquage des mines entraînées par le navire qui rencontre le câble (cas des mines jumelées).

3) Emploi de blocs de matières (telles que le sel ammoniac), qui fondent dans l'eau de mer et libèrent ainsi l'un des organes du mécanisme de mise à feu.

Les mines actuelles possèdent aussi un mécanisme qui empêche que l'explosion d'un seul des engins d'un barrage ne provoque celle de tous les autres successivement, par l'effet du déplacement

Digitized by Google

d'eau. Le mécanisme consiste dans un verrouillage mis en jeu par l'onde de pression qui précède la vague d'explosion : il reprend la position d'amorçage après le passage de la vague.

Ce qui distingue essentiellement les mines de défense des mines de blocus, c'est que les premières doivent être placées de manière à ce que l'on puisse au besoin en modifier l'emplacement ; on les groupe en barrages mobiles qui n'empêchent pas les évolutions de la flotte défensive. Au contraire, les mines de blocus ne sont pratiquement pas relevables, et lorsque leur présence est reconnue, on ne s'en débarrasse qu'en les draguant. Ces conditions règlent le système de construction, qui est plus simple dans les mines offensives que dans les autres.

La mise en place se fait de la façon suivante : les mines sont roulées jusqu'à l'arrière du navire soit sur une voie étroite, soit sous un rail suspendu. Là, elles sont jetées à l'eau par un procédé très simple : leviers à bascule, plan incliné, ou jeu de rails interrompus. Un plomb attaché au crapaud (fig. 1) plonge le premier en tendant un bout de câble de longueur égale à l'immersion que l'on veut donner à la mine. Sous l'action du poids, le crapaud se détache alors du flotteur et descend à son tour en déroulant le câble qui les relie entre eux. Quand le plomb a touché le fond, la traction qu'il exerce sur le crapaud cesse, le treuil que contient celui-ci se bloque automatiquement, et le crapaud qui continue de descendre jusqu'au fond entraîne le flotteur avec lui. On comprend qu'ainsi le flotteur s'immerge d'une quantité sensiblement égale à la longueur du câble du plomb (fig. 1).

Les mines de défense sont reliées par un câble-mère qui passe dans un œil fixé au crapaud. Le câble est mis à l'eau en même temps que les mines. Il suffit de retrouver l'extrémité du câble-mère pour que l'on puisse relever toutes les mines en tirant sur lui. Bien entendu, des bosses ou des arrêts, disposés de place en place sur le câble mère, empêchent les mines de se rapprocher trop l'une de l'autre pendant l'opération du relevage. Comme il s'agit ici de mines à désarmement automatique hors de l'eau, dès que la mine émerge, on peut l'embarquer sans danger.

La charge des mines automatiques varie de 50 à 100 kgs de fulmi-coton, l'engin complet pèse environ 500 kgs avec un flotteur de 800 mm à 1 m de diamètre.

Les mines de défense sont sphériques, et présentent ainsi une moindre résistance au courant. Les mines de blocus sont généralement cylindriques.

Un navire porte-mines peut semer jusqu'à 10 mines de blocus par minute.

Les mines automatiques sont à peu près les seules actuellement employées ; elles ont remplacé les mines de fond qui étaient mouillées au fond de la passe et que l'on faisait exploser depuis un poste d'observation terrestre par le moyen d'un câble électrique. Ces engins présentaient trois gros inconvénients. D'abord, ils n'éclataient pas au contact du navire, mais à une distance souvent assez grande au-dessous de lui; aussi, malgré les charges considérables d'explosif (jusqu'à 800 kgs), le résultat était aléatoire ; ensuite, il fallait observer d'assez loin, à la lunette, les mouvements des navires, ce qui n'était pas possible par temps bouché ; enfin, les décharges d'électricité atmosphérique ont souvent provoqué l'explosion de ces mines électriques. Les torpilles de fond étaient placées dès le temps de paix.

FIG. 2. — *Coupe longitudinale.*

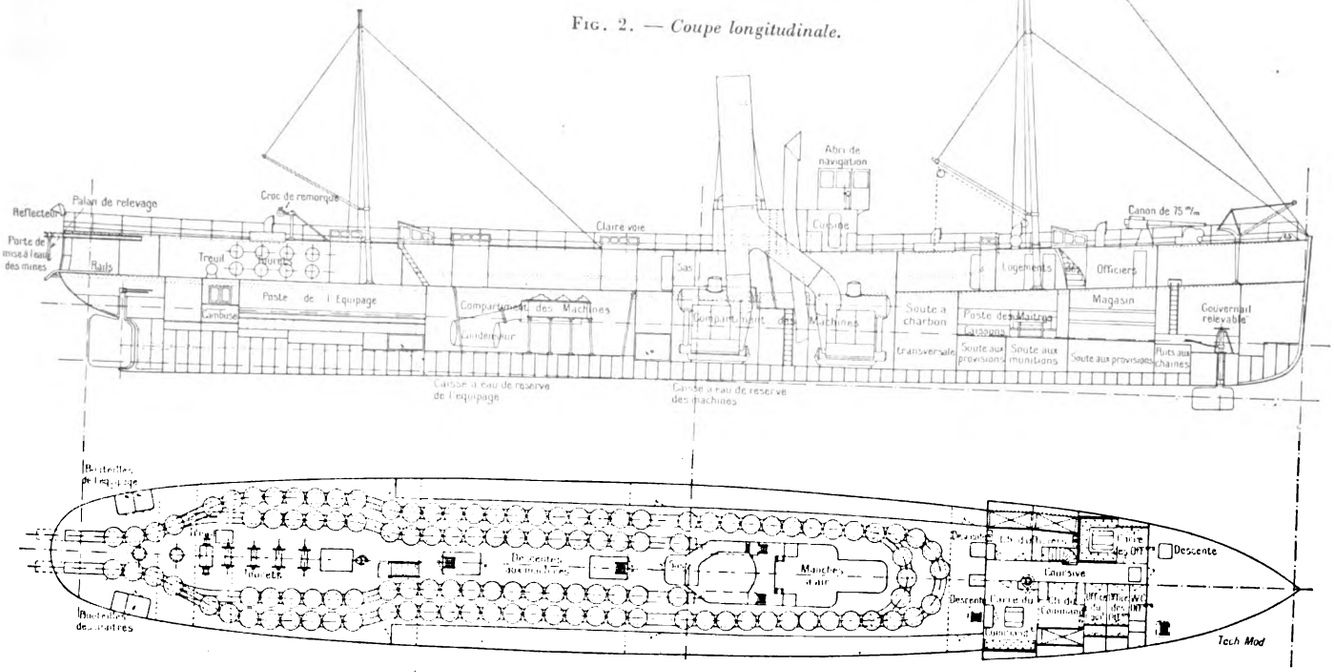


FIG. 3. — *Coupe horizontale dans l'entrepont.*

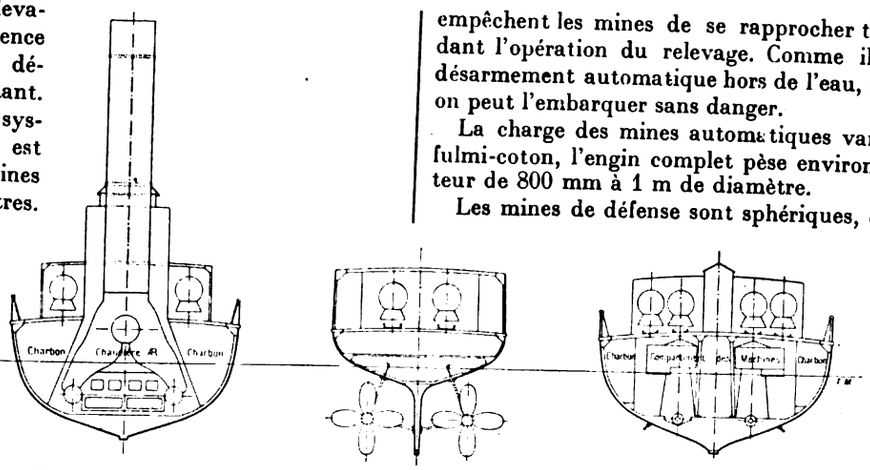


FIG. 4. — *Coupe par les chaufferies.* FIG. 5. — *Coupe au droit des hélices.* FIG. 6. — *Coupe par les machines.*

FIG. 2 à 6. — Navire mouilleur de mines.

Digitized by Google

Voici, d'après nos renseignements, quels sont les navires spécialisés dont disposent les grandes puissances maritimes (1) :

GRANDE-BRETAGNE : 7 petits croiseurs du type « *Apollo* » de 3 600 tonnes, armés de 2 canons de 152, filant 16 nœuds. Quelques-uns d'entre eux avaient atteint 20 nœuds aux essais *(Ipigénio, Thetis, Apollo, Andromache, Intrepid, Latona, Naiad)*.

7 dragueurs de mines [*Daisy et Esther* (600 t) *Seaflower, Seamew, Spider, Sparrow* (150 t), *Driver*] qui ont l'avant très relevé, caractéristique des chalutiers.

ALLEMAGNE : *l'Albatross*, de 2 200 t et le *Nautilus*, de 1 970 t, ce dernier construit en brise-glaces, portent chacun 400 mines et ont 8 canons de 38. Ils ont atteint 20 et 21 nœuds aux essais.

Le *Pelikan*, de 2 360 t, file 15 nœuds, il porte 4 petits canons.

Le *Rhein*, de 400 t et 10 nœuds est un bateau d'instruction.

ETATS-UNIS : le *San Francisco*, 4 100 tonnes, 19 nœuds, 8 canons de 127.

Le *Restless*, ancien yacht converti en bateau d'instruction.

JAPON : Le *Natsushima maru*, de 500 t.

FRANCE : *Pluton et Cerbère* : ces deux unités, que la marine française vient de faire construire au Havre et à Nantes, sont les premières de notre flotte, en exceptant la *Foudre*, qui, ainsi que quelques contre-torpilleurs, a tenu quelque temps l'emploi de mouilleur de mines, et les installations de fortune de quelques-uns de nos gros remorqueurs militaires. Ces deux navires ont 59 mètres de longueur, 560 tonneaux de déplacement, deux machines de 3 000 chevaux chacune imprimant au navire une vitesse de 20 nœuds, un rayon d'action de 1 900 milles à 16 nœuds (vitesse de service). On s'est attaché à leur donner une silhouette aussi peu militaire que possible. Ils n'ont qu'un canon de 75 à l'avant. La construction de la coque est assez légère, les machines et chaudières sont du type des contre-torpilleurs. Les organes particuliers à la mise à l'eau des mines consistent dans les quatre voies ferrées et dans les treuils. Les 120 mines sont emmagasinées dans l'entrepont, et elles sont jetées à l'eau par l'arrière. Un second gouvernail sous l'avant (à l'instar des torpilleurs) facilite les évolutions près du rivage.

Le *Casablanca* et le *Cassini* avaient été précédemment aménagés pour porter 97 mines chacun.

ITALIE : 4 canonnières type *Goito* : *Goito, Montebello, Tripoli, Partenope* ; *le Volta*, vieux navire de 2 500 t et 14 nœuds.

AUTRICHE : *Basilisk* (310 t), *Salamander* (270 t) et *Dromedar* (180 t), bateaux de 10 à 11 nœuds, armés de petits canons.

RUSSIE : *Yenesei* (2) et *Amour* (3 000 t, 360 mines, 17 nœuds), *Volga* (1450 t), *Prost* (5 500 t, 12 nœuds) et *Dunai* (1 360 t, 14 nœuds). Ces deux derniers appartiennent à la flotte de la mer Noire.

Tel qu'il est réalisé actuellement, le navire type est un bateau de faible déplacement, qui doit pouvoir naviguer et évoluer aisément dans des eaux peu profondes, et très près des côtes. Ses dimensions sont donc limitées. Pour ne pas attirer l'attention, on lui donne souvent la silhouette d'un chalutier ou d'un petit vapeur côtier, ce qui est facile, puisque son armement se réduit à quelques petits canons qui lui permettent de se défendre contre un torpilleur et qu'on ne lui donne qu'une seule cheminée. Il n'a pas de cuirasse. On lui donne une assez grande vitesse pour lui permettre d'opérer promptement et à l'improviste, mais cependant, comme il faut qu'il ait un grand rayon d'action, puisqu'il peut avoir à opérer à plusieurs centaines de kilomètres des ports de sa nation, cette vitesse est limitée aux environs de 15 à 18 nœuds, en service. On sait, en effet, qu'il y a pour chaque vitesse une relation entre le déplacement, le chargement (ici : charbon et torpilles) et la puissance des machines ; la vitesse et le rayon d'action sont liés entre eux par cette relation.

En dehors des espaces réservés à l'appareil moteur, au combustible et à l'équipage, tout l'intérieur de la coque est occupé par le magasin des mines, disposé dans un grand entrepont situé au-dessus de la flottaison. Seule, la partie du navire qui est au-dessous est compartimentée. Les mines sont jetées à l'eau par une porte ménagée à l'arrière. Elles sont toutes rangées sur rails, et de plus, un rail suspendu qui peut être prolongé à l'arrière hors de la coque, sert à l'embarquement des mines relevées (fig. 2, 3, 4, 5 et 6, p. 277).

C. N.

(1) N'oublions pas qu'il est en outre facile d'approprier rapidement un autre bateau à l'emploi de mouilleur de mines, et que beaucoup de cuirassés et de croiseurs embarquent quelques mines de blocus qui peuvent leur servir en particulier à détruire un navire poursuivant, en cas de retraite.

(2) Deuxième du nom.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Indicateur de synchronisme.

Tout dispositif destiné à synchroniser deux ou plusieurs alternateurs doit pouvoir remplir les trois fonctions suivantes : 1° il doit indiquer si la machine que l'on veut mettre en circuit tourne moins vite ou plus vite que l'autre ; 2° il doit donner une idée de la différence de vitesse existant entre les deux machines ; 3° il doit faire voir, d'une façon précise, le moment où les deux machines sont en synchronisme et en concordance de phase.

Le synchroniseur décrit ci-après satisfait à la condition posée : son index se déplaçant sur son cadran, dévie vers la droite ou vers la gauche, suivant que la vitesse est trop forte ou trop faible, en exécutant des déplacements dont la fréquence est égale à la différence de vitesse, l'angle de déviation mesure le déphasage entre les deux machines ; lorsque le synchronisme et la concordance de phrases sont atteintes, l'index reste immobile.

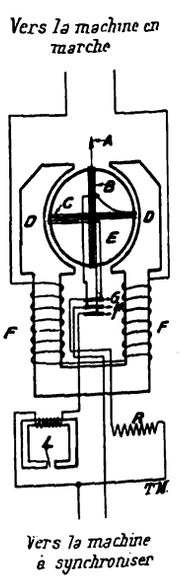


FIG. 1. — *Schéma de l'indicateur.* — A, index fixé à l'axe du rotor BC, bobines du rotor ; D, noyau feuilleté du rotor ; E, rotor ; F, enroulements de champ ; G, H, I, bagues ; L, bobine de réactance ; R, résistance non inductive.

L'appareil se compose (fig. 1) simplement d'un petit moteur synchrone, bipolaire ; mais l'excitation est produite par un enroulement monophasé qui reçoit le courant de l'une des machines à synchroniser ; l'armature est reliée à l'autre machine ; ses deux enroulements, décalés l'un sur l'autre, sont excités l'un par l'intermédiaire d'une résistance, l'autre par l'intermédiaire d'une réactance, cette combinaison produit dans l'armature un champ tournant ; quant au champ fixe il est alternatif.

L'armature tend à prendre une position dans laquelle les deux champs coïncident au moment où le champ alternatif passe par son maximum.

Elle se déplace vers l'avant ou vers l'arrière à une vitesse correspondant à la différence de fréquence ; elle s'arrête lorsque les fréquences concordent ; mais la déviation est proportionnelle au déphasage ; lorsque les machines marchent à la même vitesse et lorsqu'elles sont en phase, l'index s'arrête au point neutre.

Le rotor est monté sur des paliers à billes, de façon à être aussi sensible que possible ; les deux enroulements de l'armature ne

Digitized by Google

sont pas décalés exactement de 90° l'un sur l'autre parce qu'il n'est pas possible d'arriver à un déphasage exact des courants.

L'instrument est établi pour des tensions de 110 et 220 volts ; il peut toutefois fonctionner avec des tensions différentes de 10 % ; pour les tensions supérieures à 220-240 volts, on emploie un appareil à 110 volts alimenté par un transformateur de tension.

Pour les instruments à 110 volts, la réactance combinée à l'appareil est contenue dans une boîte à l'extérieur de laquelle est fixé un socket recevant une lampe à incandescence qui sert de réactance (fig. 2).

Fig. 2. — Montage de l'indicateur.

Dans les instruments à 220 volts, la réactance et la résistance sont montées chacune dans une boîte ; elles se placent derrière le tableau.

Chaque type est établi pour une fréquence donnée, mais fonctionne régulièrement avec des fréquences écartées de 10 à 15 %.

L'appareil même est conditionné de manière à pouvoir répondre convenablement aux besoins des installations génératrices ; le diamètre du cadran est de 20 cm ; on construit même des appareils ayant 90 centimètres de diamètre, lorsqu'ils doivent être placés à une grande distance de l'opérateur.

H. M.

Indicateur de courant de charge pour parafoudre électrolytique à aluminium.

Cet instrument est employé pour la détermination du courant qui se produit sur un parafoudre à aluminium au moment où l'instrument est placé en charge, soit à la première mise en service, soit pour la reconstitution journalière de la pellicule ; il a pour but de permettre de se rendre compte de l'état de la pellicule, l'intensité du courant de charge étant en corrélation avec l'épaisseur de celle-ci.

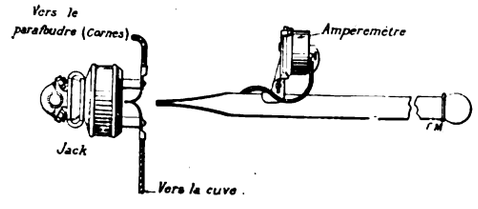


Fig. 1. — Schéma montrant le mode d'installation et d'emploi de l'indicateur.

Il se compose (fig. 1) d'un ampèremètre portatif, monté à l'un des bouts d'une canne de prise de courant, avec les conducteurs de laquelle l'instrument est relié par l'intermédiaire de blocs de contact et de connexions souples.

Le parafoudre est muni d'un jack de contact à ressort dans lequel on introduit l'extrémité de la canne de contact ; à partir de ce moment, l'ampèremètre se trouve inséré en série avec le parafoudre sur la phase correspondante et il mesure l'intensité du courant qui s'y produit.

Avant de mettre l'instrument en service de cette manière, on doit empêcher qu'il puisse être soumis au courant qui se produit lorsqu'un arc jaillit entre les cornes du parafoudre.

Dans les installations modernes, ce dernier est généralement muni d'un dispositif de mise en court-circuit des cornes ; on manœuvre ce dispositif avant d'insérer le bout de la canne dans le jack.

On court-circuite de la même façon les cornes de l'enregistreur de décharges lorsque l'installation comporte un appareil de ce genre.

L'intensité normale de courant de charge est approximativement de 0,25 ampère avec un courant à 25 périodes, 0,30 ampère si la fréquence est de 40 périodes et 0,40 sur un courant à 60 périodes.

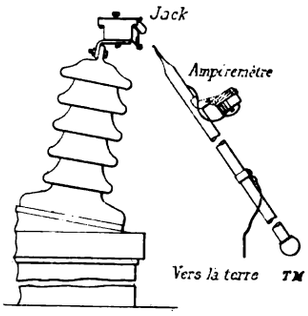


Fig. 2. — Autre mode de montage de l'indicateur.

Si l'on constate des valeurs sensiblement plus élevées, disons deux fois plus, c'est que la pellicule n'est pas convenablement entretenue et qu'il convient de rapprocher les recharges.

Si, malgré cela, les intensités observées restent excessives ou bien encore si l'on constate un courant absolument anormal, c'est là un indice de ce que les éléments sont en mauvais état il faut enlever la colonne de cônes et la vérifier.

L'indicateur est calibré par toutes les tensions en usage, jusqu'aux plus hautes.

Le placement des jacks qui sont nécessaires pour mettre l'ampèremètre en circuit ne présente pas de difficultés.

Fig. 3. — Installation du jack sur une cuve ; canne de prise de connexion enfoncée dans le jack.

Suivant les circonstances, on agence les dispositifs dont il s'agit soit sur un isolateur, soit directement sur les cuves (fig. 2), soit sur l'isolateur de sortie ; les lames du jack sont reliées l'une à la colonne de cônes, l'autre au parafoudre à cornes ; le jack est mis horizontalement ou dirigé vers le bas selon la hauteur où il doit être installé (fig. 3).

La longueur de la canne de prise de courant est communément de $1^m,20$, $1^m,80$, ou $2^m,40$ respectivement pour les basses, pour les moyennes et pour les hautes tensions.

H. M.

MACHINES THERMIQUES

Recherches graphiques sur la formation des mélanges dans les moteurs à gaz.

La littérature technique manque d'études sur la formation des mélanges dans les moteurs à gaz ; il semble que l'on ait méconnu l'influence de cette formation sur le rendement des machines. C'est cette lacune que vient combler le travail de M. J. Magg (1).

Le point de départ de ses recherches est le diagramme de Hellenschmidt ; comme ce diagramme est asssez peu connu, nous rappellerons en quoi il consiste.

Pour les faibles chutes de pression à l'aspiration, on peut négliger le travail de détente.

Par suite, au lieu d'employer la formule exacte de St Venant, on peut employer la formule relative à l'écoulement d'un fluide de densité constante :

$$W = \sqrt{2g\frac{p}{\gamma}} \qquad (1)$$

p représente la chute de pression dans la section d'étranglement et γ le poids spécifique du fluide. Si l'on désigne par l'indice a

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 3 mai 1913.

Digitized by Google

les données relatives à l'air et par l'indice g celles relatives au gaz, on a :

$$W_a = \sqrt{2\,g\,\frac{p_a}{\gamma_a}} \quad W_g = \sqrt{2\,g\,\frac{p_g}{\gamma_g}}$$

Le gaz et l'air sont mélangés dans un rapport qui est donné à chaque instant par la formule

$$m = \frac{f_a W_a}{f_g W_g} = \frac{f_a}{f_g}\sqrt{\frac{p_a\,\gamma_g}{\gamma_a\,p_g}},$$

f_a et f_g représentant respectivement les sections de passage relatives pour l'air et pour le gaz. Si l'on pose

$$\sqrt{\frac{\gamma_g}{\gamma_a}} = K \text{ et } \frac{f_a}{f_g} = q,$$

Il vient :

$$m = q\,K\sqrt{\frac{p_a}{p_g}} \qquad (2)$$

Il est préférable de transformer cette formule de façon à mettre en évidence, à chaque instant, la pression dans le cylindre à l'aspiration et la différence de pression entre l'air et le gaz avant le mélangeur. Si l'on désigne par P_a la pression de l'air avant le mélangeur, par H la différence de pression entre le gaz et l'air ($H \gtrless 0$ selon qu'il s'agit de machine recevant le gaz « par aspiration » ou « sous pression ») et par P_o la pression absolue d'aspiration au cylindre, il vient :

$$p_a = P_a - P_o$$
$$p_g = P_a + H - P_o$$

En portant ces valeurs dans l'équation (2) on obtient :

$$m = q\,K\sqrt{\frac{P_a - P_o}{P_a + H - P_o}} \qquad (3)$$

On exprimera les pressions en kg par m² ou ce qui revient au même en mm de colonne d'eau. L'équation (3) montre que le rapport du mélange n'est égal au rapport des sections que dans le cas où $H = 0$ et $K = 1$.

Nous supposerons dans ce qui suit que $P_a = 10000$ mm en colonne d'eau et que $K = 1$.

Si $K \gtrless 1$, on devra multiplier les valeurs de m par les coefficients suivants :

$K = 0{,}610$ pour le gaz de four à coke.
$K = 0{,}632$ pour le gaz d'éclairage.
$K = 0{,}848$ pour le gaz à l'huile.
$K = 0{,}938$ pour le gaz de générateur.
$K = 1{,}000$ pour le gaz de hauts-fournaux.

L'équation (3) devient :

$$\frac{m}{q} = \sqrt{\frac{10\,000 - P_o}{10\,000 + H - P_o}}$$

Si l'on porte P_o en abscisse et $\frac{m}{q}$ en ordonnée, on obtient différentes courbes pour les différentes valeurs de H. L'ensemble de ces courbes représente le diagramme d'Hellenschmidt, diagramme donné par la figure 1.

Le rapport de l'air au gaz (pour $q = 1$) est supérieur à 1 quand il y a surpression du gaz, il est, au contraire, inférieur à 1 quand il y a dépression. L'allure des courbes qui se rapprochent asymptotiquement de la ligne $\frac{m}{q} = 1$, montre qu'un mélange sensiblement constant ne peut être obtenu que pour des pressions élevées du mélange ; ces pressions doivent être d'autant plus grandes que les valeurs de H sont plus grandes en valeur absolue. L'allure de ces courbes montre aussi qu'il est beaucoup plus difficile d'avoir un mélange sensiblement constant lorsque la machine reçoit le gaz « par aspiration ».

Pour chaque courbe correspondant au fonctionnement « par aspiration », il y a une asymptote verticale dont l'abcisse est égale à la valeur correspondante de H et cela se conçoit facilement : il faut par exemple que, pour une dépression de 200 mm dans la canalisation de gaz, il y ait une dépression plus grande dans le cylindre, pour qu'il y ait admission de gaz dans ce dernier.

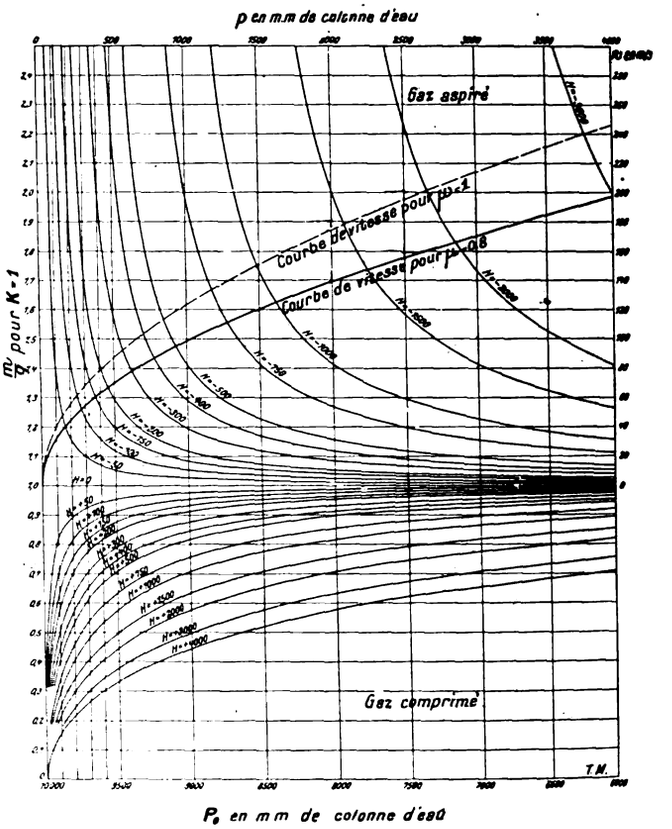


FIG. 1. — Diagramme d'Hellenschmidt (pour K = 1).
(Il faut entendre par gaz comprimé du gaz soufflé fourni par un gazogène.)

La figure 1 comporte encore deux courbes : l'une correspond à l'équation (1) où l'on a fait $\gamma = 1{,}293$, c'est-à-dire à :

$$W = \sqrt{\frac{2 \times 9{,}81}{1{,}293}}\,p = 3{,}9\sqrt{p}$$

Dans cette équation, on ne tient pas compte des pertes de vitesse par frottement. En pratique, il y a une certaine perte de vitesse dont on tient compte par l'introduction d'un facteur μ ; dans les conditions normales, $\mu = 0{,}8$ d' où :

$$W = 3{,}1\sqrt{p}$$

La courbe correspondante est tracée en trait gras sur la figure.

Nous allons montrer comment, à l'aide de ce diagramme on peut connaître à chaque instant la formation du mélange ; nous étudierons les deux systèmes principaux de réglage : le réglage, qualitatif et le réglage quantitatif. Les autres systèmes de réglage pourront être étudiés d'une façon analogue.

1° *Réglage qualitatif.* — Dans la figure 2, nous portons en abscisse les courses du piston ; les courbes *a* et *b* correspondent aux sections relatives de passage du gaz et de l'air. Les sections relatives à l'air, étant supposées constantes, sont représentées par une droite parallèle à l'axe des abscisses. On ne doit tenir compte que de la partie en trait plein pour les sections relatives au gaz ; les parties en trait pointillé correspondent aux levées des soupapes avant le commencement et après la fin de la course d'aspiration. La courbe *b'* donne les courses des soupapes d'admission du gaz pour la 1/2 charge. La somme des ordonnées des courbes *a* et *b* ou *a* et *b'* donne les courbes *c* ou *c'* des sections totales pour la pleine charge et la 1/2 charge. Les valeurs correspondantes du rapport des sections de l'air et du gaz sont données par les courbes *d* et *d'*. La courbe *e* montre les variations de la vitesse v du piston ;

Digitized by Google

l'échelle a été choisie de façon que la vitesse maximum du piston $v_{max} = \frac{s\,\pi\,n}{60}$ soit, sur le diagramme, égale à $\frac{s}{2}$; la courbe *e* est alors un demi-cercle (1).

Tenons compte de l'équation de continuité

$$F\,v = f\,W$$

où F représente la surface active du piston, v la vitesse momentanée du piston et f la section totale (courbe *c*). La vitesse momentanée du mélange peut s'écrire :

$$W = F\,\frac{v}{f}$$

Les courbes des vitesses du mélange (*f* pour la pleine charge, *f'* pour la demi-charge), s'obtiennent donc en divisant les ordonnées de la courbe *e* par les ordonnées correspondantes de la courbe *c*. On a porté à la même échelle, sur la droite du diagramme les courbes des vitesses *g* et *g'*, et les valeurs de $\frac{m}{q}$ déduites de la figure 1. On a supposé H = ± 50.

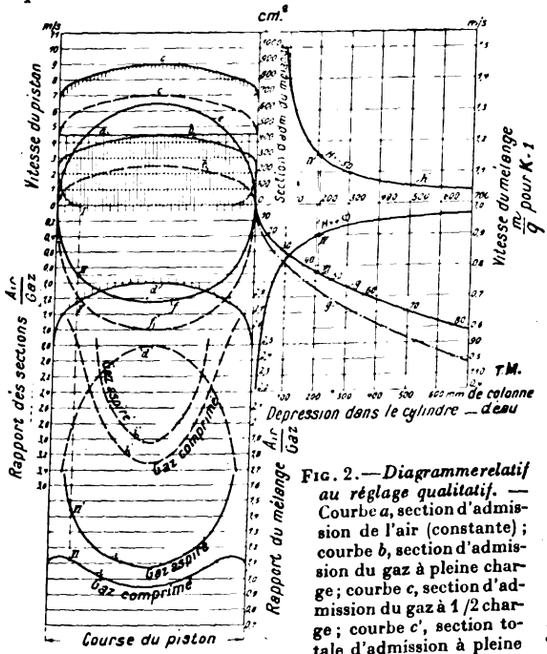


FIG. 2. — *Diagramme relatif au réglage qualitatif.* — Courbe *a*, section d'admission de l'air (constante) ; courbe *b*, section d'admission du gaz à pleine charge ; courbe *c*, section d'admission du gaz à 1/2 charge ; courbe *c'*, section totale d'admission à pleine charge ; courbe *c'*, section totale d'admission à 1/2 charge ; courbe *dd'*, rapport des sections *q* ; courbe *e*, vitesse du piston pour $l = \infty$; courbe *f*, *f'* vitesse du mélange ; courbe *g*, pression dans le cylindre en fonction de la vitesse du mélange pour $\mu = 1$; courbe *g'*, pression dans le cy indre en fonction de la vitesse du mélange pour $\mu = 0{,}8$; courbe *h*, quotient $\frac{m}{q}$ pour K = 1 (gaz comprimé H = + 50) ; courbe *h'*, quotient $\frac{m}{q}$ pour K = 1 (gaz aspiré H = — 50) ; courbe *i*, rapport du mélange pour la pleine charge ; courbe *i'*, rapport du mélange pour la 1/2 charge.

Si l'on veut déterminer le rapport du mélange correspondant à une position I du piston, il suffit de déterminer le point de rencontre II de l'ordonnée correspondante avec la courbe *f* des vitesses du mélange. En menant par le point II une parallèle à l'axe des abscisses jusqu'à sa rencontre avec la courbe *g*, on obtient la dépression dans le cylindre. L'ordonnée du point III, rencontre les courbes *h* en un point IV ou IV' (selon que le gaz est fourni par aspiration ou sous-pression) ; ces points donnent les valeurs correspondantes de $\frac{m}{q}$. Le point V de rencontre de l'ordonnée du point I avec la courbe *d*, donne le rapport des sections *q*. En multipliant la valeur ainsi trouvée par la valeur de $\frac{m}{q}$ précédemment déterminée on obtient le rapport *m* du mélange (points VI ou VI' sur les courbes *i*). Les courbes *i* ainsi obtenues correspondent à la pleine charge, tandis que les courbes pointillées, *i'* correspondent à la 1/2 charge.

L'exemple choisi se rapporte à un moteur à gaz de hauts-fourneaux à quatre temps, dont la course est de 1300 mm, le nombre de tours de 94 et la surface active du piston de 8600 cm².

(1) Ce qui correspond à l'hypothèse des bielles infinies.

2° *Réglage quantitatif.* — La figure 3 montre les courbes obtenues dans ce cas. Le rapport des sections correspondant à l'emploi de gaz des hauts-fourneaux est égal à 1, de telle sorte que les courbes *a* et *b* pour la pleine charge, *a'* et *b'* pour la 1/2 charge, se superposent. Comme le rapport des sections reste égal à l'unité, le diagramme d'Hellenschmidt donne immédiatement les valeurs correspondantes de *m*.

La figure 3 donne encore les courbes correspondant à 30 tours au lieu de 94. On suppose les sections données par la courbe *a* de pleine charge. La demi-ellipse (*e*) dont les ordonnées sont celles du demi-cercle *e* réduites dans le rapport 30 : 94, représente les vitesses du piston ; la courbe (*f*) obtenue au moyen des courbes *c* et (*e*) donne les vitesses du mélange. La courbe (*i*) donne le rapport du mélange.

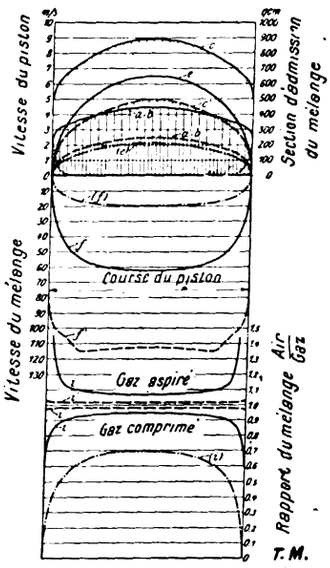


FIG. 3. — *Diagramme relatif au réglage quantitatif.* — Courbe *a*, section d'admission de l'air pour la pleine charge ; courbe *b*, section d'admission du gaz pour la pleine charge ; courbe *a'*, section d'admission de l'air pour la 1/2 charge ; courbe *b'*, section d'admission de gaz pour la 1/2 charge ; courbe *c*, section d'admission totale pour la pleine, charge ; courbe *c'* section d'admission totale pour la 1/2 charge ; courbe *e*, vitesse du piston pour $n = 94$; courbe (*e*), vitesse du piston pour $n = 30$; courbe *f*, vitesse du mélange pour la pleine charge $n = 94$; courbe *f'*, vitesse du mélange pour la 1/2 charge $n = 94$; courbe (*f*), vitesse du mélange pour la pleine charge $n = 30$; *i*, rapport du mélange pour la pleine charge $n = 94$; courbe *i'* rapport du mélange pour la 1/2 charge $n = 94$; courbe (*i*), rapport du mélange pour la pleine charge $n = 30$.

Conclusions. — Les courbes *i* des figures 2 et 3 permettent de déterminer très exactement le processus de chaque système de réglage.

La figure 2 montre qu'avec le réglage qualitatif on ne peut avoir un mélange à peu près constant qu'aux environs de la pleine charge et avec gaz sous pression. Aux environs de la demi-charge on obtient un mélange très irrégulier. Les conditions sont très mauvaises pour la marche à vide, aussi des machines avec réglage qualitatif ont-elles de mauvais diagrammes aux environs de la marche à vide.

Les conditions sont bien plus favorables pour le fonctionnement « par aspiration » : le mélange est déjà irrégulier aux environs de la pleine charge.

En résumé, *le réglage qualitatif ne convient pas pour les machines recevant le gaz « par aspiration »*.

Pour le réglage quantitatif, les phénomènes sont inversés. La formation du mélange qui n'est pas mauvaise à pleine charge, est d'autant meilleure que la charge est plus petite.

Examinons maintenant ce qui se passe lors du réglage de la puissance par variation du nombre de tours : une diminution du nombre de tours se traduit par une diminution de la pression du mélange, de sorte que, le processus de la formation du mélange est reporté sur la partie gauche du diagramme de la figure 1 où les mélanges sont très irréguliers. Il suffit, par un fort étranglement de ramener la formation du mélange vers la droite du diagramme dans le domaine où se trouve la formation des mélanges réguliers.

Il est impossible d'obtenir ces résultats par une régulation automatique quelle qu'elle soit. Il faut agir à la main sur une soupape d'étranglement. Les résultats sont particulièrement défavorables avec le réglage quantitatif (fig. 3). La courbe d'aspect satisfaisant (*i*) obtenue pour 30 tours à la minute montre que la machine reçoit un mélange beaucoup trop riche ; ce qui se manifeste par une mauvaise combustion, un échauffement de la soupape d'échappement et une chute de puissance. Le régulateur a alors tendance à produire un plus grand remplissage et à diminuer

Digitized by Google

la pression d'étranglement: il augmente le mal. Les résultats sont encore plus défavorables avec le gaz aspiré. Pour la plus grande vitesse du piston de 2 m 04 par seconde, la plus grande vitesse du mélange est de 19 m 5 par seconde, ce qui correspond à une dépression de 39 mm 5 en colonne d'eau. Par conséquent, pour une valeur de H égale à 50 mm, il n'y a plus d'aspiration de gaz.

Les considérations précédentes montrent que l'on obtient les résultats les plus favorables avec le *règlage qualitatif aux environs de la pleine charge* et avec le *réglage quantitatif aux environs de la marche à vide.*

Il est donc avantageux d'employer une combinaison des deux réglages de façon à avoir un réglage qualitatif pour les charges les plus élevées et un réglage quantitatif à partir d'une charge déterminée jusqu'à la marche à vide. Ce système de réglage a été employé dans les grands moteurs à gaz les plus nouveaux tels que ceux construits par Ehrhardt und Sehmer, par la Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg, et par Haniel und Lueg.

Il faut attacher une importance capitale aux grandes vitesses des mélanges (jusqu'à 6 m par seconde pour la vitesse moyenne du piston) ; ces grandes vitesses permettent seules d'obtenir un mélange régulier et une combustion économique ; la petite diminution du rendement volumétrique qui en résulte et qui peut d'ailleurs être compensée par un retard assez grand à la fermeture de la soupape d'admission, est sans importance eu égard aux avantages obtenus d'autre part. L. V. B.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Le pouvoir calorifique des charbons.

POUVOIR SUPÉRIEUR — POUVOIR INFÉRIEUR — ABAQUE IZART.

1° *Définition du pouvoir calorifique.* — Il est notoire qu'une certaine indécision existe dans la pratique à propos de la définition du pouvoir calorifique des combustibles, et bien des techniciens eux-mêmes, ne sont pas d'accord sur le pouvoir à employer dans le calcul du rendement thermique. Enfin, on donne souvent un chiffre de puissance calorifique sans préciser s'il se rapporte au combustible brut et humide ou au combustible brut et sec.

Il est élémentaire d'unifier un peu les « étalons » employés si l'on veut que les résultats soient comparables et nous croyons bon de rappeler les constantes à employer dans les essais.

Tout d'abord, la chaleur de combustion doit toujours être ramenée au combustible *brut* et *sec* ; au laboratoire, lors de l'essai à la bombe, l'échantillon est toujours desséché à l'étuve (sauf cas spéciaux).

Dans l'industrie, un grand nombre d'essais de rendement ont pour but de vérifier une garantie, de rechercher l'influence d'un appareil ou d'un dispositif nouveau, il faut donc nécessairement éliminer les variables et rapporter les chiffres à une base uniforme qui est le *combustible brut et sec.*

Le second point est de savoir si l'on doit employer le pouvoir supérieur ou le pouvoir inférieur ; là encore la logique va nous aider.

Les combustibles contiennent tous de l'hydrogène (matière volatile) qui, en brûlant, donne de l'eau, dite eau de combustion. Lors de l'essai à la bombe, cette eau de combustion se retrouve condensée à l'état liquide, la température ambiante du calorimètre étant inférieure à 100°. Cette condensation libère la chaleur latente de vaporisation de la vapeur, qui est de 637 calories par kg (eau à zéro degré, vapeur à 100° C).

Dans la pratique, au contraire, les gaz s'échappent toujours des chaudières à une température supérieure à 100°, l'eau de combustion est rejetée en vapeur, sa chaleur latente est donc perdue.

On a désigné par pouvoir *supérieur*, le pouvoir calorifique eau condensée tel que le fournit le calorimètre ; on a désigné par pouvoir *inférieur* le pouvoir déduction faite de la perte de chaleur due au départ de l'eau de combustion à l'état de vapeur. On voit donc que le pouvoir inférieur est le pouvoir réel en pratique et que c'est lui qu'il faut employer dans les calculs de rendement.

Cette distinction entre le pouvoir inférieur et le pouvoir supérieur qui peut sembler négligeable dans beaucoup de cas, est d'autant plus importante à faire que le combustible est plus riche en matières volatiles, c'est-à-dire donne naissance à davantage d'eau de combustion.

Avec les lignites par exemple, l'écart entre le pouvoir supérieur et le pouvoir inférieur peut dépasser 500 calories, c'est du reste pourquoi l'usage du pouvoir inférieur dans les calculs de rendement est réglementaire en Allemagne où l'on emploie des quantités considérables de lignites et de tourbes de valeur très variable pour le chauffage des foyers.

Avec les combustibles gazeux, tous les gaz industriels renfermant des proportions plus ou moins considérables d'hydrogène, cette distinction est encore plus indispensable.

Il existe une certaine difficulté dans l'adoption des pouvoirs inférieurs : c'est que pour en fixer la valeur, il faut connaître la proportion en hydrogène du combustible, et que pour connaître cette proportion, il faut procéder à une analyse chimique élémentaire, c'est-à-dire une opération longue et coûteuse en dehors même du fait qu'un dosage d'hydrogène n'est pas une opération des plus aisée en pareille circonstance.

Des différents laboratoires mis à la disposition du public, en France, pour les analyses de combustible, il n'y en a guère que deux qui donnent couramment le pouvoir inférieur : celui de l'Université de Nancy que dirige avec tant de compétence M. Wencélius, et celui de l'Association Alsacienne d'appareils à vapeur à Mulhouse auquel M. Kammerer a su imprimer un cachet de « pratique » fort apprécié des industriels.

Le laboratoire de la Faculté de Nancy marque sur ses bulletins les 4 pouvoirs : supérieur et inférieur sur l'humide et sur le sec ; de cette façon, les intéressés sont prévenus et adoptent celui des chiffres qui leur plaît. La détermination de l'eau de combustion a toujours lieu à la suite d'un dosage chimique de l'hydrogène.

Au laboratoire de Mulhouse, on se contente de déterminer la proportion d'hydrogène servant de base au calcul à partir d'abaques empiriques tracées à la suite de nombreux résultats expérimentaux. C'est très suffisant à mon avis pour des combustibles à caractéristiques comparables et provenant d'un même bassin.

En résumé, on doit définir la chaleur de combustion d'un charbon en *pouvoir inférieur par kg brut et sec* et employer ce chiffre dans le calcul du rendement thermique. Il est un peu puéril, mais nécessaire, d'être obligé de spécifier que la puissance calorifique d'un combustible devra s'exprimer ainsi, soit par exemple :

7 500 calories (pouvoir inférieur) par kg brut et sec.

2° *Détermination du pouvoir calorifique au calorimètre.* — Il est bien entendu que l'essai à la bombe calorimétrique d'une part et le dosage de l'hydrogène d'autre part, sont les deux facteurs d'une détermination *exacte* du pouvoir inférieur.

Dans beaucoup de cas de la pratique il est pourtant inutile de recourir à des déterminations semblables, délicates à réaliser et obtenues avec des appareils coûteux. Ceci d'autant mieux que la chaleur de combustion est loin, très loin, d'être le facteur unique dans le résultat obtenu lors de la combustion industrielle au foyer : la façon dont se comporte le combustible, sa « tenue au feu » est un autre point de grande importance et l'on sait couramment que les combustibles présentant le plus haut pouvoir calorifique ne donnent pas toujours le meilleur rendement de combustion.

La façon dont le charbon s'agglomère, fait le « chou-fleur », la façon dont les cendres scorifient sur la grille, sont des points dont on devrait se soucier à l'essai de laboratoire autant que du pouvoir calorifique : de là certains calorimètres fort intéressants où l'on peut suivre à l'œil la combustion dans l'obus et la façon dont se comporte l'échantillon au point de vue physique.

L'initiateur en fut le professeur W. Thomson, vers 1886. Son appareil comprend en essence une simple cloche plongeant dans un récipient rempli d'eau ; à l'intérieur de la cloche on fait cir-

Digitized by Google

culer un courant d'oxygène ; le mélange de gaz et des produits de la combustion s'échappe par barbotage, ce qui facilite l'échange de chaleur ; la détermination calorimétrique se fait comme à l'ordinaire par comparaison des températures initiale et finale.

Nous avons mis au point un appareil de ce genre (fig. 1) avec un échangeur de chaleur à grande surface qui assure le départ des gaz complètement refroidis ; l'oxygène est fourni par des cartouches d'oxylithe qui suppriment l'emploi, ennuyeux dans beaucoup de petites usines, des tubes de gaz comprimés ; en outre, comme on peut examiner l'opération par une fenêtre vitrée, on se rend compte ainsi, non seulement que la combustion est complète (d'où exactitude de la mesure), mais encore de la façon dont le combustible foisonne, se scorifie, etc., ce qui est fort utile.

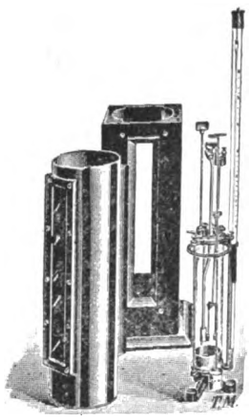


Fig. 1. — Calorimètre type Thomson.

Bref, on peut appeler un appareil de ce genre un calorimètre pratique industriel. Pour ceux que ne tentent pas la mesure directe au calorimètre, il reste les formules, dont on a proposé un grand nombre pour la détermination du pouvoir calorifique.

3° *Formules et abaques du pouvoir calorifique.* — Il ne saurait être question évidemment, par l'emploi de formules, que de déterminations approximatives. Pourtant, certaines, comme nous allons voir, fournissent des indications suffisamment approchées pour les besoins de la pratique industrielle.

Nous ne rappellerons pas toutes les formules qu'on a indiquées. Nous ne retiendrons ici que les deux qui fournissent les résultats les plus exacts par rapport aux déterminations calorimétriques directes, celle de *Goutal* et celle de *Lenoble*.

La formule de Goutal tient compte du carbone fixe et des matières volatiles ; M. Mouchelet l'a transposée en une abaque d'emploi fort pratique et a démontré que l'erreur pour des combustibles usuels ne dépassait pas 1 % (en trop), ce qui est satisfaisant.

Nous préférons toutefois la formule de Lenoble qui fournit des résultats encore plus précis : cette formule est simple : Pouvoir calorifique supérieur = 87,4 (100 — k), *k* étant égal à la somme de la teneur en cendres et de l'humidité.

Tableau I. — Comparaison des formules de Goutal et de Lenoble.

CARACT. DU CHARBON		POUVOIR SUPÉR. PAR KG BRUT ET SEC			ÉCART %	
MAT. VOL. sur le sec	CENDRES sur le sec	à la bombe	Formule GOUTAL	Formule LENOBLE	GOUTAL	LENOBLE
15,9	8,51	7950	8020	7996	0,9	0,58
22,1	8,4	8027	8100	8006	0,9	0,26
25,9	6,3	8116	8130	8189	0,2	0,9
18,3	13,0	7501	7620	7603	1,6	1,66
17,2	6,3	8199	8220	8189	0,3	0,12
21,8	16,0	7241	7350	7341	1,4	1,38
11,1	10,0	7781	7850	7866	0,9	1,08
10,3	7,3	8195	8040	8102	1,9	1.04
10,4	6,2	8198	8140	8198	0,7	0,00
12,6	8,4	8052	7980	8006	0,9	0,57
13,5	6,1	8117	8210	8207	1,1	1,08
16,3	12,8	7583	7640	7621	0,4	0,38
17,0	9,2	7785	7970	7936	2,4	1,9

Comme nous tenons à exprimer les chaleurs de combustion par kg brut et sec, *k* sera alors égal à la teneur en cendres sur le sec. Les résultats peuvent surprendre ; nous reprendrons le tableau de M. Mouchelet (Tableau I), pour les combustibles donnant les plus fortes erreurs avec la formule de Goutal et l'on voit que, dans tous les cas, l'approximation est plus grande.

Une formule qui donne à 1 % près le pouvoir calorifique trouvé à la bombe est certes suffisante pour les besoins de la pratique.

Nous avons traduit cette formule en une abaque dans laquelle nous avons fait intervenir les matières volatiles, de façon à tirer directement le pouvoir calorifique *inférieur* qui est, comme nous venons de le dire, le facteur à faire intervenir dans les calculs de rendement.

Cet abaque (fig. 2) est d'un emploi commode et fournit des résultats très précis.

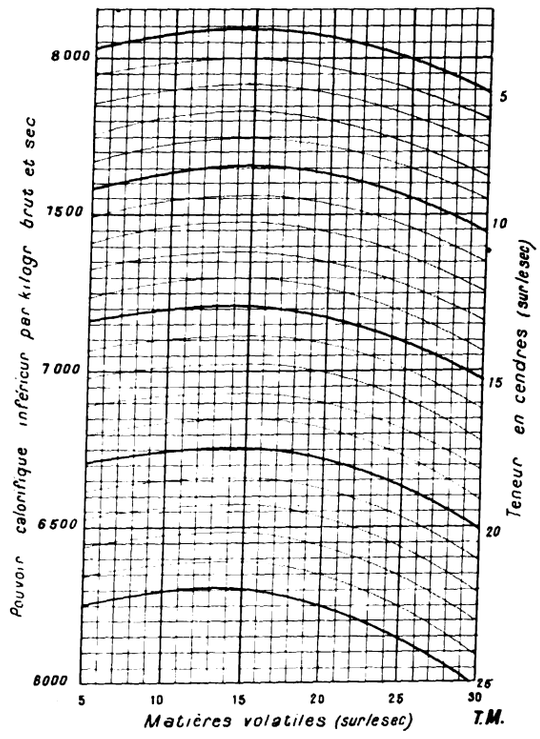


Fig. 2. — Abaque Izart pour la détermination des pouvoirs calorifiques.

Nous avons repris, dans le tableau des analyses effectuées à l'Université de Nancy par M. Wencélius (Tableau II), un grand nombre d'exemples pour des combustibles fort différents : on constate que les résultats donnés par notre abaque cadrent bien.

Tableau II. — Comparaison des pouvoirs calorifiques déterminés a la bombe et ceux obtenus au moyen de l'abaque Izart.

ANALYSE SUR LE SEC			POUVOIR CALORIF. INFÉR. par kg brut et sec		ÉCART %
CENDRES	MAT-VOL.	HYDROGÈNE	d'après l'expérience WENCÉLIUS	d'après l'abaque IZART	
22,2	6,26	3,11	6564	6530	0,52
5,47	7,85	3,63	7916	8020	1,31
11,17	10,49	3.47	7468	7530	0,83
8,24	12,10	3,82	7689	7795	1,38
16,68	11,75	3,50	7049	7050	0,01
8,87	14,64	3,97	7725	7740	0,19
9,36	15,42	3,83	7698	7705	0,09
12,43	15,20	3,65	7440	7440	0,00
9,53	16,70	3,99	7709	7700	0,11
14,15	17,21	3,68	7296	7290	0,08
13,21	22,01	4,29	7331	7310	0,28
5,83	25,32	4,35	7999	7920	0,98
8,96	26,74	5,01	7617	7615	0,02
5,66	28,90	4,54	7959	7860	1,49
7,60	30,11	5,00	7505	7650	1,93
5,54	12,18	4,12	7990	8035	0,56
7,89	15,50	3 68	7728	7840	1,45
11,42	22,55	4,55	7561	7465	1,38

Toutefois, pour les combustibles à fortes teneurs en matières volatiles et à teneur en cendres élevées (lignites notamment), l'exactitude diminue et l'erreur peut dépasser 2 % ou 3 % en plus ; il est donc prudent de ne pas employer l'abaque en dehors des limites que nous lui avons données dans la figure 2.

J. Izart.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Double décomposition dans l'eau de cristallisation. — Au lieu de dissoudre des corps cristallisés qu'on veut faire réagir par double décomposition, on peut provoquer la réaction en mettant ces corps en contact intime, dans des broyeurs, moulins, pétrins, etc. ; les matières passent d'abord à l'état liquide, et la double décomposition a lieu au sein de l'eau de cristallisation ; la réaction est favorisée par la pulvérisation préalable, l'addition d'alcool, d'eau, de glace, de glycérine, de chlorure, etc., une légère élévation de température. Ce procédé s'applique particulièrement à la fabrication de colorant pour impression (réserves et mordants), comme l'a montré *M. Tagliani*. Les avantages du procédé sont les suivants : 1° Marche régulière de la réaction, car il y a contact direct entre les particules de chacun des corps en présence, sans qu'une partie agisse en excès ; 2° meilleure qualité du produit obtenu, tant au point de vue chimique qu'au point de vue physique; 3° disparition des impuretés provenant de l'eau employée pour la dissolution ; 4° emploi de matières premières qui ne pourraient pas être employées pour une double décomposition en solution aqueuse ; 5° travail dans un espace restreint ; 6° obtention des produits à l'état, très approprié, de pâte ou de poudre, d'où, en beaucoup de cas : 7° suppression des filtres et des presses ; 8° production, en une seule opération, des laques colorées, par l'addition des matières colorantes à celles qui forment le support, sans qu'il soit besoin de laver les sels solubles en excès ; 9° pour la fabrication de couleurs à l'huile, le pigment obtenu en pâte ou en poudre peut être immédiatement et directement mélangé au vernis de l'huile de lin ; 10° pour la préparation des mordants, on obtient des solutions extrêmement concentrées.

Pour la préparation des réserves pour indigo, les avantages sont : 1° rendement régulier, observation exacte des proportions ; 2° obtention de couleurs très homogènes et très finement divisées, sans l'écume embarrassante qui se produit par la cuisson habituelle dans des chaudières ; 3° économie de travail et de vapeur ; 4° manière d'opérer hygiénique : l'ouvrier n'est plus exposé aux vapeurs nocives qui se dégagent de la chaudière ; 5° méthode de travail plus commode et plus propre, plus grande production ; 6° pas de perte de matière, meilleur rendement.

En outre de l'intérêt qu'il présente pour les techniciens, ce procédé est digne d'attirer l'attention des théoriciens ; en effet, il est remarquable que, avant que n'ait lieu la réaction proprement dite, on observe toujours que le mélange passe à l'état liquide, ou tout au moins devient nettement humide. Sous l'action du frottement ou de la pression, les corps cristallisés avec de l'eau de cristallisation, doivent d'abord se décomposer de façon à se transformer en solution saturée et substance exempte d'eau de cristallisation ; et ce sont ces solutions qui réagissent l'une sur l'autre : au fur et à mesure de la formation des nouveaux corps, de nouvelles quantités de substance anhydre entrent à leur tour en solution et la réaction se poursuit jusqu'à la fin : pas de réaction sans ionisation.

(Communication de M. *Max Becke*, Internationaler Kongress des Vereins der Chemiker-Koloristen, Berlin, 22-26 mai 1913.)

MÉCANIQUE

L'accéléromètre à maxima du laboratoire d'essai du Conservatoire National des Arts et Métiers (1). — Cet appareil se compose essentiellement d'une masse suspendue à l'extrémité d'un ressort, que l'on peut tendre à volonté et qui vient l'appliquer contre une butée. La tension de ce ressort, que l'on règle jusqu'à ce que la masse n'ait plus que tendance à quitter sa butée, donne par sa mesure, à un coefficient constant près, la valeur de l'accélération. Ce coefficient varie avec chaque ressort employé.

Cet accéléromètre est destiné à étudier aussi bien le massif qui reçoit la percussion que la machine qui engendre cette percussion.

Cette double utilisation de l'accéléromètre conduit à diviser cette étude en deux chapitres :

1° Etude du massif ou récepteur de vibrations ;

2° Etude du moteur ou du véhicule-producteur de vibrations.

1° Etude du récepteur de vibrations. — Ce récepteur sera suivant le cas, très différent, comme on va le voir dans l'énumération qui va suivre.

Trépidations des plates-formes. — Dans de nombreuses circonstances, les trépidations reçues par les plates-formes sont telles, que les boulons d'attache des machines en essai sont cisaillés. On y remédie en montant le moteur sur un châssis élastique : c'est ainsi, par exemple, que l'on dispose les moteurs des ballons dirigeables.

Certains moteurs d'aéroplanes, qui se comportent très bien sur le châssis du fuselage parce qu'il est suffisamment élastique, refusent tout service prolongé sur une plate-forme rigide.

Cet accéléromètre permet, dans toutes les circonstances, de relever des chiffres intéressants sur la valeur des percussions auxquelles ces machines sont soumises.

Il permet, non seulement de chiffrer la valeur de l'accélération, mais encore de mesurer l'amplitude qui correspond à la vibration, si l'on connaît la fréquence.

Une expérience assez facile à disposer permet de vérifier expérimentalement la grandeur et l'amplitude d'une vibration calculée en connaissant l'accélération et la fréquence en un point ; ce procédé est aussi un moyen de contrôle de la précision de la mesure exécutée avec l'accéléromètre.

Une série d'expériences faites dans ces conditions a permis de constater l'égalité de l'accélération calculée et mesurée.

Application de ce principe à un certain nombre de déterminations :

Table trépidante. — Un industriel ayant posé le problème original de soumettre un produit qu'il fabrique à des vibrations analogues à celles qu'il pouvait recevoir dans un paquebot à turbines, par lequel il l'expédiait en Amérique, on a construit une sorte de table trépidante sur laquelle les mesures faites à l'accéléromètre ont donné

$$\gamma = 2{,}80 \text{ m pour } 2\,000 \text{ tours/minutes},$$

cela permet de calculer l'amplitude qui est de 0,065 mm ou $\frac{13}{100}$ de millimètres de déplacement total.

Vibrations des coques de navires. — Comme autre application, on s'est proposé de déterminer la valeur des accélérations et des amplitudes auxquelles sont soumises les coques de navires, soit du fait des turbines ou des autres machines qui sont à bord.

Quelques mesures ont été faites sur le bateau omnibus *N°* 57 *A* de la Compagnie des Bateaux parisiens.

Immeubles de Paris. — On voit par ce qui précède, l'intérêt que présente cet appareil pour la mesure des vibrations auxquelles sont soumis les immeubles de Paris ou tout autre édifice. Nous donnons, à titre d'exemple, les mesures suivantes :

Pont suspendu des Buttes-Chaumont. — Sur la passerelle ou pont suspendu des Buttes-Chaumont des mesures complètes ont été exécutées.

On a trouvé $\gamma = 1{,}19$ m avec $n = 100$, ce qui conduit à une amplitude de 11 mm.

Stations du Métropolitain de Paris : Station de la Bastille. — Sur le pont du canal, au moment du passage des trains, on a trouvé $\gamma = 0{,}60$m et 0,55 m.

2° Etude du générateur de vibrations. — Placé dans sa boîte portative, cet accéléromètre se transporte avec facilité, ce qui a permis de faire un certain nombre de mesures sur divers moyens de transports parisiens.

Omnibus automobiles de Paris. — Sur pavé de bois, à la vitesse de 15 à 20 km à l'heure, l'accélération est d'environ 5 m par seconde sur le plancher au milieu de la voiture.

Sur pavé de grès à peu près à la même vitesse, elle atteint 8,50 m. Sur mauvais pavé, on trouve jusqu'à 10 m pour une vitesse de 12 km à l'heure seulement.

Taximètre automobile. — Sur pavé de bois ou de grès, sur sol horizontal, dans un autotaxi, la valeur de l'accélération atteint 6,50 m pour une vitesse de 27,500 km à l'heure.

Tramways de Passy-Hôtel de Ville. — Sur la ligne nouvellement faite avant d'arriver à la place de l'Alma, on trouve..... $\gamma = 1{,}96$ m

Au croisement des lignes sur la place de l'Alma, à l'intersection des voies ..... $\gamma = 4{,}18$

En montant l'avenue du Trocadéro au joint des rails. $\gamma = 4{,}18$

(1) Voir *La Technique Moderne*, T. VII, n° 6 (15 septembre 1913), p. 205.

Digitized by Google

Métropolitain de Paris. — Dans la motrice de tête sur le bogie moteur et en traversant le pont de Passy..... $\gamma = 1{,}02$ m
Courbes entre Grenelle et Dupleix..... $\gamma = 1{,}73$ m
Descente de Sèvres à Pasteur..... $\gamma = 1{,}34$ m
En marche normale sur parcours droit..... .... $\gamma = 0{,}78$ m
Wagon à bogies de 2e classe (sans moteur) :
Parcours normal ..... $\gamma = 1{,}20$ m
Action freinage maximum ..... $\gamma = 2{,}76$ m
Courbes entre Etienne-Marcel et Réaumur ..... $\gamma = 1{,}84$ m
Wagon de 1re classe. — Type ancien à deux essieux :
En voie normale appareil sur les genoux. ..... $\gamma = 2{,}00$ m
En voie normale appareil sur le plancher ..... $\gamma = 5{,}50$ à $4{,}50$
En courbe et au freinage avant arrêt. .... $\gamma = 6{,}00$ m
Courbes entre Pasteur et Sèvres en montant..... $\gamma = 8{,}60$ m
Freinage avant Dupleix..... $\gamma = 8{,}60$ m

De ce qui précède, on peut conclure :

1° Que les wagons ancien type, à deux essieux, sont beaucoup plus mauvais que les autres, et qu'ils le sont surtout aux passages des courbes ;

2° Que l'action des freins met en jeu les secousses les plus désagréables, parce que les freins paralysent l'action des ressorts :

3° Que les secousses sont très vives en courbes ; mais qu'elles sont plus vives encore avant d'entrer en courbe, à cause du freinage que l'on doit opérer pour ralentir le train. Ce freinage agit sur la valeur de l'accélération pour deux raisons : d'abord, il abîme les roues et la voie à cet endroit ; ensuite, il paralyse l'action des ressorts.

(Communication de M. *Boyer-Guillon*, Société des Ingénieurs civils, 4 juillet 1913.)

MÉTALLURGIE

La corrosion de l'aluminium. — Parmi les diverses actions qui peuvent s'exercer sur l'aluminium, l'auteur s'est limité à l'action de l'eau et des dissolutions de sel marin sur le bon aluminium industriel. Ses expériences l'ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Plus l'aluminium est pur, moins il est sujet à l'action de l'eau et des solutions salées ;

2° La présence de Cu ou de Na accélère sensiblement la corrosion ;

3° Quand la teneur en Si est supérieure à la teneur en Fe, l'action de l'eau et des acides est diminuée, celle des solutions salées est augmentée ;

4° L'eau et les solutions salées, quand elles sont privées d'air, ne sont pas corrosives ;

5° La corrosion est augmentée par l'élévation de la température et par la présence dans l'eau d'impuretés, en particulier d'alcalis ;

6° Le métal non recuit est beaucoup plus attaqué sans doute par son défaut d'homogénéité physique ;

7° Les résultats obtenus par l'action des acides ou des alcalis ne peuvent donner aucune indication précise sur l'action de l'eau ou des solutions aqueuses. On ne peut donc échapper ainsi aux difficultés provenant de l'adhérence du dépôt.

(Communication de M. *G. H. Bailey*, Institute of Metals, mars 1913.)

Courbes de réchauffement et de refroidissement de l'acier au manganèse(1). — L'acier au manganèse, chauffé à une température supérieure à 700°, ne présente pas de points critiques, et n'offre pas le phénomène de recalescence. Les expériences entreprises dernièrement avaient pour but de vérifier ces faits lorsque la température à laquelle on porte l'acier au manganèse est voisine de 1 400°.

On étudia l'action de la chaleur sur des éléments forgés et coulés. Les températures étaient mesurées à l'aide d'un couple thermo-électrique et d'un galvanomètre à miroir préalablement étalonné.

Des graphiques résument les phénomènes observés dans le cas de chauffage normal, puis de refroidissement rapide ou lent pour les deux sortes d'échantillons. Dans ces expériences la température maximum atteinte fut de 1 355°.

Jamais on n'observa de points critiques. Les propriétés de l'acier au manganèse dépendent beaucoup du mode de refroidissement employé. Les courbes obtenues ne donnent aucun renseignement sur ce fait. Les échantillons traités sont toujours restés non magnétiques. Certains changements dans les propriétés magnétiques ont été cependant observés dans ces aciers, à la suite de longs traitements calorifiques par le professeur Hopkinson.

(Communication de Sir *Robert Hadfield*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Emploi de poussière de charbon dans les fonderies. — Dans les fonderies, on emploie de la poussière de charbon de bois ou de terre. Ce dernier sert à empêcher le sable du moule de brûler à la surface en se gazéifiant totalement ou en partie au contact avec le métal liquide. Le gaz ainsi formé représente une mince cloison entre le sable et le métal chaud, mais doit naturellement pouvoir sortir à travers le sable ; ce dernier doit donc être perméable au gaz, car autrement ce dernier s'introduirait dans le métal ou s'échapperait à travers ce dernier. La poussière de charbon de terre doit être moulue très fine, les gros morceaux étant facilement déplacés par le métal en fusion ou créant des creux dans le moule, creux que le métal remplit aussi et donnent une surface peu lisse. La poussière de charbon de terre doit être intimement mélangée avec le sable en se servant de dispositifs de préparation convenables. La préparation mécanique et automatique du sable est la meilleure.

On n'emploie pas autant la poussière de charbon de bois que celle de charbon de terre. Le but de la poussière de charbon de bois est de permettre un démoulage commode, car elle brûle et dégage des gaz qui jouent un rôle analogue à ceux de la poussière de charbon de terre. Les sortes les plus employées sont les charbons de pile, de four, de cornue. En moyenne, ces sortes de charbon contiennent 80 à 90 % de carbone. Le charbon le plus riche en carbone est le charbon de pile, qui est par suite le meilleur pour la fonderie, la teneur en carbone étant le facteur principal.

(Communication de M. *E. Schoot*, Verein deustcher Giessereifachleute, mai 1913.)

Emploi de briquettes de fer pour la fabrication de la fonte de qualité(1). — La qualité exigée de la fonte aujourd'hui est telle qu'on n'aurait pu la prévoir ni même espérer l'atteindre il y a quelques années ; toutefois la pratique, aidée par les recherches scientifiques, a montré de quelle manière on peut satisfaire les hautes exigences requises. Les laboratoires chimiques des fonderies ont fourni les valeurs normales nous indiquant la teneur maximum possible de la fonte des différentes qualités employées. On doit, dans le choix de la composition des différentes sortes de fer, posséder les moyens permettant de régler convenablement la teneur en carbone, silice et manganèse, sans augmenter naturellement la teneur en soufre et en phosphore. Ce sont les copeaux obtenus dans l'usinage de la matière qui forment ce moyen auxiliaire. On peut avec ces copeaux former, en les pressant, des blocs compacts et ces briquettes représentent une sorte de fer qui correspond dans sa composition aux sortes de fonte moyennes, toutefois avec la différence que le transport des copeaux et les installations d'aspiration de poussière reliées aux presses à briquettes privent le fer de la majeure partie du carbone présent sous la forme de graphite. Cette circonstance, que les briquettes ne contiennent que peu de carbone, est très importante, les briquettes agissant ainsi favorablement sur la fonte fabriquée parce que, grâce à elles, la teneur faible en carbone, nécessaire pour augmenter la densité et la résistance est obtenue, sans diminuer en même temps la teneur en silice ou manganèse d'une manière telle que leur efficacité pourrait subir une influence défavorable. La fusion des briquettes dans le cubilot se fait comme celle du fer cru, quand le cubilot est conduit convenablement, c'est-à-dire que la masse des copeaux fond peu à peu. En chargeant le cubilot, il faut faire attention de placer les briquettes de copeaux d'acier directement sur le coke, tandis qu'on a l'habitude de charger les briquettes de fonte en dernier lieu. Il est clair que les copeaux fournis par une bonne fonte sont également une matière donnant des briquettes capables d'améliorer les qualités de la fonte à produire. Un autre avantage est la diminution de volume que présentent les briquettes par rapport aux copeaux. On a affirmé fréquemment que les scories des cubilots travaillant avec des briquettes présentent une augmentation considérable de la teneur en fer. Des essais détaillés effectués par une fonderie de Berlin ont montré que la teneur des scories en fer dépend surtout d'autres causes que de l'addition de briquettes. La pratique a montré que les dimensions des briquettes de copeaux d'acier et de bronze doivent être bien infé-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 8 (juillet 1909), p. 369 ; t. II, n° 3 (mars 1910), p. 179 ; t. III, n° 4 (avril 1911), p. 249 ; n° 7 (juillet 1911), p. 421.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 10 (octobre 1910), p. 579 ; t. III, n° 3 (mars 1911), p. 184 ; t. IV, n° 1 (1er janvier 1912), p. 35 ; t. VI, n° 2 (15 janvier 1913), p. 78.

Digitized by Google

rieures à celles des briquettes de copeaux de fonte quand on veut obtenir les mêmes avantages qu'avec la fonte. En général, il faut encore mentionner qu'avec des copeaux de même origine, on obtient une constance remarquable dans la composition de briquettes. On peut encore augmenter cette uniformité en mélangeant les copeaux de différentes provenances, en faisant une analyse de la moyenne, et en fabriquant les briquettes avec cette grande quantité de matière sensiblement uniforme.

(Communication de M. *A. Schoff*, Verein deutscher Giessereifachleute, mai 1913.)

Fusion et coulée rationnelles dans la fonderie. — Bien souvent on ne se rend pas compte exactement des conditions à remplir pendant la coulée et comment il faut opérer la fusion. Les deux opérations sont si intimement liées qu'on ne doit pas les séparer, les propriétés qui doivent exister pendant la coulée devant guider la fusion.

On exige d'abord de la matière qu'elle remplisse bien le moule. Pour obtenir cette fluidité du métal, il faut l'amener à une température bien supérieure à son point de fusion et le couler à cette température. La fluidité est d'autant plus grande que le point de fusion est plus bas ; elle ne peut dépasser un certain maximum, duquel on s'approche d'autant plus qu'on empêche mieux la formation d'oxyde.

Une autre condition, c'est l'équilibre des tensions, auquel on parvient théoriquement d'autant mieux que le retrait est plus faible. On obtient pratiquement cet équilibre en augmentant la résistance qui dépend pour une certaine mesure de la température à laquelle on coule le métal. Par un refroidissement rapide, on empêche la formation de cristaux à grande surface et on obtient un enchevêtrement des petits cristaux. Les métaux facilement fusibles, le cuivre et le nickel ont la propriété d'absorber les gaz, tels que l'oxygène et l'hydrogène, et de les dissoudre en partie. Quand on ne parvient pas à dégager ces gaz avant le refroidissement, ils ont la tendance de s'échapper pendant cette opération, et il en résulte ces soufflures qu'on a cherché à éliminer d'une manière absolument fausse.

Le conférencier examine ensuite la question de savoir quels fours travaillent le plus rationnellement. On ne peut pas résoudre cette question de prime abord ; chacun des fours modernes a certains avantages. Cependant, on peut rejeter les fours à chauffage direct, c'est-à-dire ceux où la flamme agit directement sur la matière. La question du chauffage est une pure question de calcul qui dépend des circonstances. En général, on considère le four à huile comme le plus rationnel aujourd'hui ; techniquement et pratiquement parlant, il est supérieur au four à coke, encore qu'on ne puisse savoir s'il arrivera à surpasser ce dernier au point de vue économique. Avec le four électrique, on peut fondre du cuivre équivalent au meilleur cuivre électrolytique au point de vue mécanique et électrique. On peut aussi le souder, le marteler, l'étirer comme ce dernier.

On ne peut dire avec précision si on doit, de préférence, fondre avec un four lent ou rapide. Tout dépend de ce que l'on fond. M. Hunger ne considère pas toujours comme le plus rationnel un four présentant les valeurs les plus basses en ce qui concerne la consommation de combustible et la durée de fusion, mais celui qui, à côté de ces facteurs, tient compte des conditions purement techniques. Ces dernières étant fondamentalement différentes d'après la fonte désirée, la question de savoir quel est le four le plus avantageux devra être décidée dans chaque cas.

(Communication de M. *Hunger*, Verein deutscher Giessereifachleute, mai 1913.)

Machines à mouler électriques. — La pression exercée dans les machines à mouler, s'effectue au moyen d'air, ou d'eau sous pression. Le conférencier fait remarquer qu'un point très important est la mobilité des machines à mouler ; or, une machine travaillant à l'eau sous pression est nécessairement fixe, car une tuyauterie fixe est nécessaire entre la pompe ou l'accumulateur et la machine, pour amener l'eau à 50 atm. et plus. Si donc, on veut avoir des machines mobiles, il faut renoncer à ce type. L'air comprimé à une pression de 5 à 7 atm. n'a pas besoin de tuyauterie de retour et de plus la pression relativement faible permet l'emploi de tuyaux flexibles, qui peuvent être raccordés à n'importe quel endroit de la tuyauterie principale. Mais les machines électriques sont encore beaucoup plus commodes. Outre la mobilité de la machine, l'électricité a le grand avantage que la consommation de courant répond toujours à la consommation de puissance du moteur et que le rendement de ce dernier est très élevé, la plupart du temps plus de 90 %. L'avis de M. Lohse est que la grande supériorité de l'énergie électrique pour le moulage, c'est que toutes les fonderies aujourd'hui ont de l'électricité à leur disposition pour l'éclairage, etc., et que cette électricité n'a pas besoin d'être produite seulement pour les machines à mouler. Même dans les cas où les fonderies n'ont pas de générateurs d'électricité, il y a toujours dans les environs une usine d'électricité d'où l'on peut tirer l'énergie. La suppression des accumulateurs et des compresseurs non seulement fait gagner de la place, mais fait disparaître également une source de désagréments et d'avaries. De plus la conduite des électro-moteurs est simple, quand ils sont bien étanches à la poussière et installés pratiquement. Le seul reproche que l'on peut faire aux presses à mouler à manivelle ou à vis commandées électriquement, c'est qu'elles n'ont pas l'élasticité que présentent les machines à eau sous pression. Mais dans les machines de bonne construction, on peut toujours donner l'élasticité nécessaire au moyen de ressorts ou de leviers à contre-poids.

Le conférencier passe alors à une description très complète de la construction actuelle des machines à mouler électriques, en particulier des machines des maisons suivantes :

Vereinigte Schmirgel-und Maschinenfabriken, Hanovre-Heinholz ;
Badische Maschinenfabrik à Durlach ;
Et Giesserei-Maschinenfabrik, Kirchheim-Teck.

Il examine, au moyen de nombreuses projections lumineuses, le mode de travail, la production et la consommation de puissance de chaque machine. La première des maisons nommées ci-dessus construit deux groupes de ces machines, avec et sans plaque renversable, tous deux travaillent avec des presses à manivelles commandées électriquement et sont débrayables automatiquement. Cette usine a construit spécialement de tels appareils à mouler pour le moulage de radiateurs ; ils travaillent avec châssis fermé. Les deux types de la Badische Maschinenfabrik, Durlach, sont caractérisés par la pression, qui est exécutée par le bas contre une traverse à bascule avec plaque de pression élastique, et une pression par le haut au moyen d'une plaque de pression actionnée par une presse à vis. Les deux types sont construits comme machines à mouler doubles. La première a deux dispositifs de pression aux deux extrémités de la machine, tandis que la deuxième ne possède qu'une presse mobile. La spécialité de la fabrique de machines de fonderies, Kirchheim-Teck, est la construction de machines à mouler à main et d'appareils à mouler électriques ; la plupart emploient des presses à vis. Cette usine construit des machines à plaque à modèle renversable mobile, dont l'axe de rotation est perpendiculaire au plan principal de la machine, pour éviter que le sable qui se trouve sur la plaque ne tombe dans la machine ; elle construit aussi des machines à mouler doubles avec dispositif de contre-pression ayant la forme d'une plaque à traverser, ainsi que des machines à mouler simples avec dispositif à traverser pour modèles hauts. M. Lohse décrit les modèles de machines à plaque à modèle renversable, 1908, 1912 et 1913 en discutant les détails principaux, tels que déserrage automatique des moules, support élastique, de plaques à modèle, cadre de remplissage à bascule, etc... Enfin, M. Lohse rapporte, avec l'aide de diagrammes de consommation de courant, et d'une table qui donne les durées des opérations du moulage sur une machine à mouler à main avec plaque à modèle renversable, et sur une machine à mouler double, des essais qu'il a exécutés récemment dans les usines Kirchheim et Teck pour déterminer la consommation de courant avec des moteurs réversibles et des moteurs simples, et rechercher les facteurs susceptibles de raccourcir les durées de moulage. Les diagrammes indiquent une consommation de courant extrêmement faible, ce qui est bien la preuve, qu'en employant l'électricité, on a un mode de commande extrêmement bon marché pour les machines à mouler.

(Communication de M. *U. Lohse*, Verein deutscher Giessereifachleute, Berlin, 14-17 mai 1913.)

L'emploi de moules « durables » dans les fonderies de fer et de bronze. — De tout temps, les fondeurs se sont efforcés d'inventer des dispositifs de moulage convenables pour les pièces qu'ils ont à couler de temps en temps ou dont ils ont à couler de grandes quantités, de manière à réduire les délais de livraison et réaliser des économies sur les matières avec lesquelles les moules sont faits, et sur les salaires. Abstraction faite de moules durables pour des objets simples usuels, on a employé également de tels moules pour des objets en fonte de fer, par exemple des boulets de canon, des fers à repasser, etc. ; mais ce n'est que dans les 50 dernières années, c'est-à-dire depuis que les for-

Digitized by Google

ges et hauts-fourneaux se sont si vivement développés, que l'on a employé des moules durables en grande quantité dans les fonderies. En premier lieu, ce fut la fabrication de la fonte dure dans laquelle on employa des moules partiels en fonte. Plus tard, on eut aussi besoin de moules en fonte pour couler des plaques d'acier, de même que de petits moules pour couler les masses de fer cru à la machine. Le conférencier passe alors à la description des différentes sortes des moules durables, à leur emploi et aux matières dont on se sert. Suivant la matière des moules et leur emploi, on distingue différents groupes, savoir : les moules en sable ou en sable gras, parmi lesquels il faut compter également les moules en argile, et les moules en métal. Bien que l'on emploie dans différents cas, surtout pour les grosses pièces simples, des moules en sable et en sable gras comme moules durables, c'est au moule en métal que revient le domaine le plus étendu, savoir : la fabrication d'objets en séries en fonte de fer et en bronze. C'est le moule en métal qui atteint le mieux le but des moules durables, qui est d'économiser le travail de moulage et la matière dont sont faits les moules. De plus, le moule en métal a, sur les moules en sable, le grand avantage qu'il peut influencer les propriétés de la matière à couler. Cet avantage se présente surtout pour la fabrication de la fonte dure. Il faut donc considérer comme moule durable les moules en fonte, appelés également coquilles, employés pour la fonte dure, bien qu'ils ne présentent qu'une partie du moule. L'effet des coquilles sur la matière a fait longtemps hésiter relativement à leur emploi, car elles engendrent des surfaces dures, mais on connaît aujourd'hui les mesures de précautions à prendre pour éliminer cette influence défavorable. Dans la fabrication de la fonte dure, le moule en fonte a bien fait ses preuves. Il est donc étonnant que les essais d'employer les moules en fonte pour les objets en séries n'aient longtemps pas eu de succès. Aujourd'hui même, que les difficultés sont en grande partie surmontées, on ne rencontre ces moules que dans peu de fonderies, ce qui est la preuve que le préjugé contre cette innovation subsiste encore.

L'emploi des moules durables a lieu suivant deux procédés principaux, celui de l'ingénieur Rolle et celui de l'américain Custer. Il semble cependant que Custer n'ait pas atteint son but, tandis que les moules de Rolle ont fait des progrès satisfaisants. Le conférencier décrit alors ces procédés. Des essais détaillés ont montré que l'on peut éliminer facilement les difficultés qui s'opposèrent dans les premiers temps à l'introduction des moules en fer : ces difficultés sont l'effet de trempe des moules, la résistance qu'ils opposent au retrait des pièces, une perméabilité faible au gaz, une courte durée et de hauts prix de revient. On trouva qu'en donnant au mélange une composition correcte, qu'en réchauffant les moules, qu'en donnant à leurs cloisons l'épaisseur convenable et qu'en les laissant agir peu de temps sur les pièces, l'emploi des moules durables n'offrait aucune difficulté.

Pour éliminer l'effet de trempe des moules, on se sert de couches qui empêchent la formation d'une croûte de coulée blanche et dure. Les mélanges que l'on coule doivent toutefois ne pas être trop pauvres en silicium, car la meilleure couche ne pourrait alors empêcher la formation d'une croûte. On trouve pratique de réchauffer les moules avant la coulée, car autrement les premières pièces présentent des défauts à cause de l'équilibre rapide de la température. Pour obtenir des pièces tendres et conserver les moules le plus longtemps possible, il faut donner aux cloisons l'épaisseur convenable. Il faut disposer convenablement les jets de coulée, de manière que la distribution de la matière dans le moule soit aussi facile que possible. L'influence du moule sur la pièce pendant le refroidissement de cette dernière est également important. Mais le retrait présente peu de difficultés, car on a constaté que la dilatation du moule pendant le réchauffage précédant la coulée établit l'équilibre.

Les résultats obtenus par une fonderie travaillant constamment, avec un grand nombre de moules durables et de dispositifs de coulée du type Rolle, permettent de constater que les moules en fonte sont très avantageux au point de vue économique. Pendant une période d'observations de trois mois environ, pendant lesquelles on compara les moules durables au procédé de moulage connu sur la machine à mouler avec plaque à modèle renversable, on constata les avantages principaux suivants :

1° La production augmenta considérablement quand les ouvriers furent au courant du maniement des moules durables.

2° Les frais de revient diminuèrent considérablement par suite de l'économie de matière et de salaires.

3° On peut livrer plus vite et, par suite, observer des délais de livraison courts, parce qu'on n'est pas à la merci d'ouvriers professionnels, mais qu'on peut, au contraire, confier la conduite de la machine à mouler à un ouvrier quelconque, après une courte période d'apprentissage.

4° Le nombre des pièces à rebuter fut insignifiant et de plus on constata que les tuyaux façonnés, par exemple, coulés dans les moules durables, présentent une résistance bien plus considérable qu'autrement, par suite de l'influence du moule.

Dans les fonderies de bronze également, on emploie largement les moules en question. Les essais ont donné de bons résultats pour la fonte de métal blanc, de bronze, de laiton, d'aluminium. On a remarquer la grande précision obtenue, par exemple avec les alliages d'étain. Le conférencier rappelle surtout la fonte Veeder.

On a constaté que la fonte obtenue dans des moules durables possède d'excellentes qualités physiques. Les pièces présentent une résistance plus grande que celles qui sont coulées dans des moules à la main humides ou secs ; il ne faut pas non plus oublier l'aspect soigné des pièces et les surfaces lisses.

Le conférencier termine en rappelant que, dans beaucoup de cas, on fabrique, en fonte de cuivre, dans des moules en fonte, des objets d'un usage courant.

(Communication de M. *J. Mertens*, Verein deustcher Giessereifachleute, Berlin, mai 1913.)

PHYSIQUE

Sur la dessication frigorifique de l'air destiné à être liquéfié. — Le procédé de M. Claude consiste essentiellement à faire circuler les gaz détendus, non pas autour des tubes de ses échangeurs, mais dans ces tubes, tandis que l'air comprimé circule autour d'eux, suivant la trajectoire méthodiquement sinueuse que lui imposent de nombreuses chicanes. L'air comprimé suit ici une trajectoire composée d'éléments horizontaux, et l'on peut se permettre de le faire arriver vers le bas et de le faire monter dans l'échangeur, sans que le changement progressif de densité puisse influer sur lui.

Réalisée de cette façon, la dessiccation frigorifique ne se traduit, même en été, que par un relèvement à peine sensible de la pression de fonctionnement des appareils, 1 atm par exemple, pour un appareil à oxygène de 50 m^3 à l'heure.

Plusieurs applications de ce procédé ont été faites à l'heure actuelle. Notamment, c'est avec lui qu'a été équipée la série très importante d'appareils à azote pur, que l'on installe en ce moment pour la fabrication de la cyanamide en Autriche, au Canada, aux Etats-Unis et au Japon.

(Note de M. *G. Claude*, transmise par M. d'Arsonval, Académie des Sciences, 15 septembre 1913.)

Sur la combustion des mélanges gazeux et les températures d'inflammation. — Les expériences effectuées par les auteurs montrent que la température d'inflammation est une notion toute relative, dépendant des conditions d'inflammation; le retard à l'inflammation est une propriété générale et non particulière au grisou.

(Note de MM. *Taffanel* et *Le Floch*, transmise par M. Le Chatelier, Académie des Sciences, 15 septembre 1913.)

Méthode de mesure de la pression de radiation au moyen d'une mince feuille de métal. — La pression de la radiation émise par une lampe à filament de carbone à une distance de quelques centimètres, est suffisante pour causer une déviation mesurable au microscope, de l'extrémité d'une feuille d'or ou d'aluminium suspendue ; en connaissant le poids de la feuille on peut calculer la pression de radiation. Les résultats concordent, à 10 % près, avec la teneur en énergie par centimètre cube, mesurée par la vitesse initiale d'élévation de la température d'une plaque de cuivre exposée à a radiation. Les meilleurs résultats ont été obtenus en opérant dans une atmosphère d'hydrogène sous 1 à 2 centimètres de pression.

(Communication de M. *G. D. West*, Physica Society, Londres, 13 juin 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

Les accidents de grisou en France de 1904 à 1911.

Les rapports officiels sur les accidents de grisou et autres accidents survenus en France dans les mines de combustible de 1904 à 1911, ont été analysés par M. Defline, inspecteur des mines (1). Les principaux éléments en sont résumés dans le tableau I.

Les accidents de grisou, survenus de 1904 à 1911, sont au nombre de 43; ils ont fait 112 victimes, dont 58 tués ou blessés mortellement et 54 blessés ; parmi ces derniers, 6 ont été atteints d'incapacités permanentes partielles de travail. Pendant cette période, les mines de combustibles minéraux ont fourni une extraction annuelle moyenne de 36 731 210 t de houille et de lignite, et le nombre des ouvriers du fond a été en moyenne de 134 836.

Les accidents de grisou se répartissent comme l'indique le tableau II.

Les accidents résultant de l'inflammation du grisou par des lampes à feu nu ont été nombreux, mais généralement peu graves, parce qu'ils arrivent habituellement dans des gisements peu grisouteux, avec des petites quantités de grisou accumulées en atmosphère calme au toit de chantiers non aérés, de telle sorte qu'il ne se produit ordinairement que des flambées peu importantes, sans explosion, incapables d'enflammer les poussières. Le nombre des accidents de cette catégorie diminuera dans l'avenir, en raison de la mise en vigueur du règlement général sur l'exploitation des combustibles du 13 août 1911, qui impose l'aérage de tous les chantiers et qui interdit l'emploi des lampes à feu nu.

Les accidents résultant de l'inflammation du grisou par des lampes d'un type de sûreté, mais qui étaient ouvertes ou défectueuses, ont été moins nombreux, mais beaucoup plus graves que ceux de la catégorie précédente. Ces accidents se classent comme le montre le tableau III.

La plupart des accidents montrent la nécessité, même dans les mines qui paraissent exemptes de grisou, d'aérer largement tous les chantiers, d'y conduire soigneusement le courant d'air spécialement dans les points en cloche, et, en ce qui concerne les mines à grisou, de ne pas disposer les chantiers ou galeries en cloche et de les visiter avant la reprise du travail.

Les accidents de mines de combustibles pour autres causes se répartissent comme le fait voir le tableau IV, toujours pour les huit années 1904 à 1911 inclus.

« La catastrophe de Courrières, dit M. Defline, a mis en évidence, une fois de plus et sans contestation possible, le danger extrêmement grave des poussières. Elle a été en France le point de départ d'études remarquables et très complètes qui ont été entreprises et sont poursuivies à la station d'essais de Liévin, en vue de mieux connaître les dangers des poussières, du grisou, des explosifs, et de rechercher les moyens de combattre ces dangers. Elle a motivé, d'autre part, une revision de notre réglementation sur la sécurité dans les mines qui, après plusieurs règlements provisoires et de longues études, a été unifiée par le décret du 13 août 1911, portant règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles. En outre, l'emploi des appareils respiratoires a été rendu obligatoire par un arrêté ministériel du 15 avril 1907 dans les mines de toute nature présentant une certaine importance ou particulièrement dangereuses. »

En résumé, les accidents divers causés dans les mines de combustibles françaises de 1904 à 1911 inclus par les gaz combustibles ou asphyxiants ont été au nombre de 71. Ils ont fait, sans la catastrophe de Courrières, 204 victimes, dont 116 morts et 88 blessés, et, en y ajoutant la catastrophe de Courrières, 1 359 victimes, dont 1 215 morts et 144 blessés.

P. B.

Tableau I. — Résumé des accidents miniers de toutes sortes.

ANNÉES	Mines de houille exploitées : Nombre	Production en millions de tonnes	Ouvriers : au fond (mille ouvriers)	au jour (mille ouvriers)	Total (mille ouvriers)	Accidents de toute nature (grisou compris) : Nombre	Victimes : Tués	Blessés	Total	Accidents de grisou : Nombre de mines intéressées	Nombre d'accid. : Mortels	Non mortels	Total	Victimes : Tués	Blessés	Total
1904	339	34	123	49	172	23 934	184	23 842	24 026	7	2	5	7	3	5	8
1905	325	36	127	48	175	25 541	182	25 428	25 610	9	2	8	10	5	15	20
1906 (2)	326	34	130	49	179	29 337	12 80	29 270	30 550	6	2	5	7	2	9	11
1907	325	37	133	51	184	34 090	202	33 975	34 177	6	2	5	7	4	7	11
1908	320	37	141	53	194	39 837	186	39 728	39 914	2	1	1	2	1	3	4
1909	296	38	137	53	190	41 438	223	41 285	41 508	3	1	2	3	5	5	10
1910	298	38	142	54	196	43 470	213	43 381	43 594	5	2	3	5	9	5	14
1911	291	39	144	56	200	47 662	217	47 555	47 772	2	2	»	2	29	5	34

Tableau II. — Accidents de grisou.

Causes des accidents		Nombre des accidents	Nombre de : Tués	Blessés
Inflammations produites par	Lampe à feu nu	18	2	23
	Lampe de sûreté ouverte ou défectueuse	10	10	14
	Explosion ou allumage d'un coup de mine	4	»	6
	Feu	1	27	5
	Causes indéterminées	2	2	4
Asphyxie par dégagements instantanés		6	15	2
Asphyxies dans des accumulations de grisou		2	2	»
Totaux		43	58	54

Tableau III. — Accidents provenant de lampes ouvertes ou défectueuses.

Causes des accidents	Nombre des accidents	Nombre de : Tués	Blessés
Emploi de rallumeurs avec amorces fulminantes	1	3	»
Défaut de la couronne d'entrée d'air d'une lampe Wolf	3	7	5
Absence de la tige du rallumeur	1	»	1
Lampe ouverte, verre cassé ou mal serré	5	»	8
Totaux	10	10	14

Tableau IV. — Accidents pour causes diverses.

Causes des accidents		Nombre des accidents	Nombre de : Tués	Blessés
Explosions et flambées de poussières	Catastrophe de Courrières	1	1 099	56
	Explosions ou flambées allumées par les explosifs	6	9	15
Accidents causés par des feux	Accidents par asphyxie	3	14	»
	Accidents par brûlures	1	4	»
Flambées de gaz d'origine organique		2	»	2
Asphyxie par dégagement d'acide carbonique		7	24	9
Asphyxie dans des fumées d'explosifs		3	2	6
Asphyxie dans du mauvais air et dans des gaz divers		4	4	2
Asphyxie de sauveteurs munis d'appareils respiratoires		1	1	»
Ensemble des accidents de gaz autre que le grisou		28	1 157	90

(1) *Annales des Mines*, 8e livraison, 1913.
(2) La catastrophe de Courrières, qui a eu lieu en 1906, et qui est classée dans les explosions de poussières, a fait 1155 victimes, dont 1099 morts.

Le Gérant : E. Pinat.

Auxerre. — Imp. « La Bourgogne ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e Semestre). — Tome VII. — N° 9. 1er NOVEMBRE 1913

La Technique Moderne

ÉLECTRICITE INDUSTRIELLE

LES PHÉNOMÈNES DE PROPAGATION D'ONDE ET LES ACCIDENTS CARACTÉRISTIQUES QU'ILS PRODUISENT DANS LES LIGNES ÉLECTRIQUES

Sommaire. — *Les phénomènes de propagation d'ondes électriques dans les lignes et câbles apparaissent sous divers aspects. — L'étude préalable des phénomènes permanents et transitoires (C.-P. Steinmetz) rapprochée de celles des phénomènes directs (phénomènes de propagation d'onde à front raide et de réflexion : G. Giles, Pfiffner, Erikson, K.-W. Wagner, Rudenberg, Petersen), permettra d'analyser plus facilement quelques exemples typiques d'accidents, provoqués par les surtensions, dans les installations électriques.*

I. — Considérations préliminaires.

Constantes du circuit électrique. — Pour la compréhension des phénomènes de propagation d'onde, nous commencerons par rappeler au lecteur les définitions des principales constantes du circuit électrique.

Normalement, la puissance transportée dans le conducteur s'exprime par la formule

$$P = ei$$

autrement dit, elle correspond à la perte de puissance sous forme thermique dans le conducteur et dans le champ magnétique :

$$P = ri^2 + r'i^2$$

En outre, une certaine quantité d'énergie est emmagasinée dans le champ magnétique du circuit :

$$W_M = \frac{Li^2}{2} ;$$

il en est de même pour le champ électrostatique :

$$W_E = \frac{e^2 C}{2}$$

Enfin, il existe une perte de puissance dans le diélectrique

$$W_D = e^2 g$$

qui n'est pas toujours négligeable.

Ce qui précède nous permet de définir complètement l'état de régime d'un circuit électrique parcouru par un courant i sous une tension e et de donner une signification physique aux constantes L, C, r et g, que nous retrouverons plusieurs fois dans la suite de notre étude.

L'inductance L emmagasine l'énergie électromagnétique $\frac{Li^2}{2}$, la capacité C emmagasine l'énergie électrostatique $\frac{e^2C}{2}$, la résistance $r = r_0' + r'$ consomme la puissance ri^2 (1), enfin la conductance g consomme la puissance $e^2 g$.

Phénomènes permanents et transitoires (2). — Il ressort clairement des définitions précédentes qu'un circuit électrique qui n'aurait ni self-induction, ni capacité, n'aurait aucune énergie emmagasinée, et un changement dans le régime de ce circuit pourrait donc être apporté sans aucune perturbation, à peu près instantanément, autrement dit sans aucune condition intermédiaire de transition.

Pratiquement, les circuits électriques présentent assez de self-induction et de capacité pour que le passage d'un régime à un autre soit marqué par un phénomène transitoire, provoqué par l'échange d'énergie emmagasinée tour à tour sous forme magnétique et électrostatique, véritable balancement de l'énergie d'une forme à l'autre.

L'énergie emmagasinée pouvant passer alternativement du condensateur dans la self-induction, on peut écrire en négligeant l'amortissement :

$$\frac{L\, i_0^2}{2} = \frac{C\, e_0^2}{2}$$

d'où

$$\frac{e_0}{i_0} = \sqrt{\frac{L}{C}} = \rho_0 .$$

Ce facteur a été appelé par Steinmetz (1) *impédance naturelle du circuit* ; il donne le rapport qui peut exister entre e et i, lorsqu'il n'y a aucune source d'énergie en jeu, c'est-à-dire dans le cas des oscillations propres de ce circuit. C'est pourquoi, pour des oscillations de très haute fréquence ou pour des ondes perturbatrices se propageant à des vitesses voisines de celle de la lumière, le terme $\sqrt{\frac{L}{C}}$ présente en quelque sorte le caractère d'une résistance ohmique, aussi l'appelle-t-on encore quelques fois *résistance d'onde.*

Charge et décharge d'un condensateur. — Lorsqu'un circuit a de la résistance, de la self-induction et de la capacité, l'équation générale des courants variables est :

$$(1) \qquad L\frac{d^2i}{dt^2} + r\frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i = \frac{de}{dt} .$$

(1) r_0 est la résistance du conducteur, r' la résistance fictive correspondant à la perte de puissance dans le champ magnétique.

(2) C. P. Steinmetz : *Theory and Calculation of Transient Electric Phenomena and Oscillations*, 1908.

(1) C. P. Steinmetz : Mémoire à l'Exposition de Turin, 1911 ; *The Nature of Transient in Electrical Engineering.*

Digitized by Google

Intégrée, cette équation donne, pour le courant et le potentiel du condensateur :

$$(2) \qquad i = \frac{l_0}{S} \cdot \left[\varepsilon^{-\frac{r-s}{2L} \cdot t} - \varepsilon^{-\frac{r+s}{2L} \cdot t} \right]$$

et

$$(3) \qquad e_1 = \frac{l_0}{2S} \left[(r+s)\, \varepsilon^{-\frac{r-s}{2L} \cdot t} - (r-s)\, \varepsilon^{-\frac{r+s}{2L} \cdot t} \right]$$

avec

$$s = \sqrt{r^2 - \frac{4L}{C}} \qquad (1)$$

Trois cas peuvent se présenter :

1°) $r^2 > 4.\frac{L}{C}$ ou $r > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, les équations (2) et (3) peuvent être conservées sous leur forme existante. Les fonctions étant exponentielles ou logarithmiques, ce cas est appelé « logarithmique. »

Le terme $\varepsilon^{-\frac{r-s}{2L} \cdot t}$ est, en effet, toujours plus grand que $\varepsilon^{-\frac{r+s}{2L} \cdot t}$, le premier ayant un plus faible coefficient dans l'exposant. La différence de ces termes dans les équations (2) et (3) est donc toujours positive.

Le courant monte donc depuis zéro, au temps $t = 0$, atteint un maximum et revient à zéro pour $t = \infty$, mais il ne s'inverse jamais.

Il en résulte donc que la différence de potentiel aux bornes du condensateur varie graduellement sans jamais s'inverser ou excéder la force électromotrice appliquée pour la charge ou le potentiel initial pour la décharge.

En résumé, pour $r > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, il n'y a production d'aucun voltage anormal et le terme transitoire est de courte durée ; dans ces conditions également la charge et la décharge du condensateur sont inoffensives.

On voit donc que, dans un circuit contenant de la self-induction et de la capacité, l'insertion d'une résistance en série est telle que $r^2 > 4.\frac{L}{C}$, éliminerait tout danger d'effets électrostatiques ou électromagnétiques anormaux, autrement dit, l'augmentation de résistance réduit proportionnellement l'importance du terme oscillatoire.

2°) $r^2 = 4.\frac{L}{C}$ ou $r = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ est appelé le cas critique ou intermédiaire.

3°) $r^2 < 4.\frac{L}{C}$ ou $r < 2.\sqrt{\frac{L}{C}}$ est appelé *trigonométrique* ou *oscillatoire*. Le terme sous le signe radical est alors négatif et la racine carrée est donc imaginaire. Dans ces conditions $\frac{r-s}{2L}$ et $\frac{r+s}{2L}$ apparaissent sous forme de deux quantités complexes imaginaires. La charge et la décharge oscillante d'un condensateur étant un phénomène physique, réel, les équations (2) et (3) doivent pouvoir se mettre sous une forme réelle.

Rappelons qu'une fonction exponentielle avec exposants imaginaires est une fonction trigonométrique qui représente exactement un phénomène périodique ou oscillatoire.

(1) Pour le calcul complet, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage original de Steinmetz : *Theory and Calculation of Transient Electric Phenomena and Oscillations* ou à la traduction française de M. P. Bunet.

Si l'on pose donc $s = j.q$, nous aurons :

$$q = \sqrt{\frac{4L}{C} - r^2}.$$

Portant ces valeurs dans les équations (2) et (3), on trouverait maintenant :

$$(2') \qquad i = -\frac{2e_0}{q} \varepsilon^{-\frac{r}{2L} t} \cdot \sin \frac{q}{2L} \cdot t$$

et

$$(3') \qquad e_1 = e_0 \cdot \varepsilon^{-\frac{r}{2L} t} \cdot \left[\cos \frac{q}{2L} \cdot t + \frac{r}{q} \sin \frac{q}{2L} \cdot t \right].$$

Les termes sinus et cosinus indiquent bien qu'il s'agit ici d'un phénomène périodique constituant des ondes analogues à des courants alternatifs. Mais on voit aussi qu'elles en diffèrent par la présence du facteur exponentiel $\varepsilon^{-\frac{r}{2L} \cdot t}$ qui diminue régulièrement avec l'accroissement de t. C'est pourquoi les demi-ondes successives du courant et de la différence de potentiel aux bornes du condensateur diminuent progressivement d'amplitude, ce qui est la caractéristique des ondes oscillantes ou oscillatoires.

Fréquence propre d'un circuit. — Les phénomènes oscillatoires étant périodiques, le temps t peut être remplacé dans les équations précédentes par un angle Θ. Une période complète est exprimée par 2π ; nous pourrons donc égaler le terme $\frac{q}{2L} t$ des formules (2' et (3') à Θ ou poser :

$$\Theta = \frac{q}{2L} \cdot t = 2\pi . f . t$$

ou

$$2\pi f = \frac{q}{2L} .$$

On en tire la fréquence d'oscillation :

$$f = \frac{q}{2\pi . L}$$

et comme

$$q = \sqrt{\frac{4L}{C} - r^2},$$

la fréquence d'oscillation prend la forme finale :

$$(4) \qquad f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{r}{2L}\right)^2}.$$

Cette fréquence décroît quand r augmente; elle s'annule pour :

$$\left(\frac{r}{2L}\right)^2 = \frac{1}{LC}$$

c'est-à-dire, pour $r^2 = \frac{4L}{C}$, correspondant au cas intermédiaire ou critique.

Si la résistance du circuit est faible, le terme en $\left(\frac{r}{2L}\right)^2$, sous le radical, peut être négligé, la fréquence devient :

$$(5) \qquad f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}.$$

Comme on a négligé la résistance, on a retrouvé de la sorte l'expression bien connue de la fréquence propre d'un circuit.

II. — Ondes stationnaires.

Nous avons vu, plus haut, qu'il pouvait exister une relation entre e_0 et i_0 telle que :

$$\frac{e_0}{i_0} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

véritable balancement pendulaire d'une quantité d'énergie d'une forme à une autre, alors même qu'il n'existe aucune source d'éner-

Digitized by Google

gie en circuit : cette considération nous conduit logiquement à la notion des ondes stationnaires.

Ces ondes sont reconnues comme pouvant être cause d'accidents aux alternateurs et transformateurs, par le fait que certains points des enroulements peuvent être à des moments déterminés plus en danger que d'autres (1). Chaque bobine de transformateur, par exemple, peut avoir sa fréquence naturelle propre, et le seul passage d'ondes de très hautes fréquences dans ces circuits peut être capable de mettre l'une ou l'autre en résonance et d'y développer des surtensions pouvant les faire claquer.

La valeur absolue de ces surtensions n'est généralement pas très élevée, mais comme l'onde est à courte période, des points voisins de l'enroulement, séparés par une épaisseur de coton, se trouvent parfois à des potentiels assez différents pour en provoquer le claquage. Cela explique comment on a pu trouver dans certaines occasions des *bobines saines* de transformateur ou d'alternateur, situées à une assez grande distance des bornes d'entrée, complètement grillées entre spires, alors que les premières étaient intactes (2).

III. — Phénomènes statiques internes.

Le champ électrique d'un circuit, dans lequel circule de l'énergie, a trois axes principaux à angle droit : l'axe électromagnétique, concentrique avec le conducteur, l'axe électrostatique, radial par rapport au conducteur, l'axe d'écoulement dynamique ou de chute de puissance, parallèle au conducteur.

L'intensité de la composante électrostatique du champ électrique, étant fonction du conducteur, de ses dimensions géométriques, il peut en résulter que la tension électrostatique superficielle, ou potentiel disruptif, soit beaucoup plus élevée en certains points d'un circuit qu'en d'autres. Autrement dit, la répartition des surfaces équipotentielles autour des conducteurs peut être plus ou moins variable, le rapprochement de ces surfaces s'accentuant par exemple davantage lorsque le circuit présente des arêtes vives (pouvoir des pointes) ; cette dernière disposition favorise la possibilité des arcs disruptifs et augmente la perte dans le diélectrique : ge^2 (effluves).

C'est pourquoi, lorsqu'on adopte des tensions normales d'exploitation très élevées, des arcs dangereux s'amorcent plus facilement en certains points de l'installation qu'en d'autres : la première spire des transformateurs, les sorties d'interrupteurs, les points où il existe des variations brusques de section, les jonctions de lignes aériennes et souterraines sont surtout le siège de ce phénomène.

IV. — Phénomènes de résonance.

Un certain nombre d'accidents et de perturbations dans les réseaux électriques sont dus aux surtensions qui prennent naissance au moment des résonances. Pour considérer le phénomène en lui-même, nous n'envisagerons d'abord que le cas des self-inductions et des capacités concentrées et disposées convenablement.

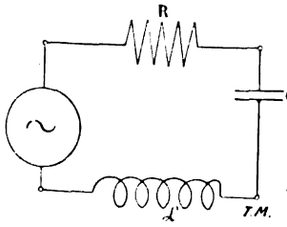


Fig. 1. — Self et capacité en série.

Self-induction et capacité en série. — D'après la figure 1, les constantes du circuit étant R, exprimé en ohms, L en henrys et C en farads, on peut écrire :

$$(6) \qquad i = \frac{e}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

pour la valeur du courant circulant dans ce circuit.

Dans cette relation $\omega = 2\pi f$ (f = nombre de périodes par seconde).

Si l'on maintient R, L, C et e constants, on peut néanmoins faire varier la valeur de i en modifiant celle de ω, autrement dit en changeant celle de f. En agissant de la sorte, i atteindra sa valeur maximum I quand :

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

c'est-à-dire lorsqu'on aura :

$$(5) \qquad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

La relation (5) devient donc dans ce cas :

$$I_{max} = \frac{e}{\sqrt{R^2 + 0}} = \frac{e}{R} \qquad \text{(loi d'Ohm)}.$$

Comme on le voit, au moment de la résonance, l'énergie emmagasinée dans la self-induction L passe complètement, sous une autre forme, dans la capacité C ; cette transformation se fait, d'ailleurs, d'une manière analogue à ce qui se passe dans le pendule où il y a échange successif entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

Les fortes élevations de tension observées aux bornes de la self-induction et de la capacité apparaissent dans les formules suivantes :

$$(7) \qquad E_{s\,max} = \omega L\, I_{max} = \frac{\omega L}{R} \cdot e \qquad \text{(F. E. M. de réactance)},$$

c'est-à-dire $\frac{\omega L}{R}$ fois plus grande que la tension d'alimentation e ;

$$(8) \qquad E_c = \frac{1}{\omega C} \cdot I_{max} = \frac{1}{R\,\omega C}\, e \qquad \text{(F. E. M. de capacité)}.$$

De (7) et (8), on tire $E_s = E_c$.

Un exemple numérique, tiré de l'ouvrage de Zipp (1) fait voir très clairement quel peut être l'ordre de grandeur de la tension aux bornes de la self-induction ou de la capacité au moment d'une résonance qui serait réalisée de cette manière.

Exemple. Soit :

$R = 50$ ohms, $L = 20\ h$, $C = 0{,}1\ mf$ $e = 100$ volts.

En substituant ces valeurs dans les équations précédentes et en prenant différentes valeurs pour ω, nous aurons :

1) $\omega = 314$; $f = 50$	2) $\omega = 500$	3) $\omega = 600$	4) $\omega = 710 = \frac{1}{\sqrt{CL}}$
$i_1 = 0.004$ A	$i_2 = 0{,}01$ A	$i_3 = 0{,}02$ A	$i_4 = 2$ A
$E_{s_1} = 25$ V	$E_{s_2} = 100$ V	$E_{s_3} = 210$ V	$E_{s_4} = 23000$ V
$E_{c_1} = 127{,}4$ V	$E_{c_2} = 200$ V	$E_{c_3} = 333$ V	$E_{c_4} = 23000$ V

Comme on le voit, au moment où l'on atteindrait la résonance, la tension aux bornes de la self-induction et de la capacité aurait une valeur considérablement plus élevée que la tension d'alimentation, et l'isolation de l'installation se trouverait compromise.

Self-induction et capacité en parallèle. — Les phénomènes de résonance présentent ici un caractère plus complexe que dans le cas

(1) Creighton : *Mémoire de l'Exposition de Turin*, 1911.

(2) Nous disons les *bobines saines* pour ne pas confondre ce claquage des bobines intermédiaires avec celui qui se produit plus fréquemment, lorsque l'isolation au coton des enroulements des machines ou des transformateurs, à refroidissement naturel dans l'air, a été attaquée par des phénomènes d'ozonisation ou de nitrification.

(1) H. Zipp : *Schutz der Hochspannungsanlagen*, 1909.

Digitized by Google

précédent, car la fréquence à laquelle se produit la résonance de courant peut être très différente de celle à laquelle se produit la résonance de tension.

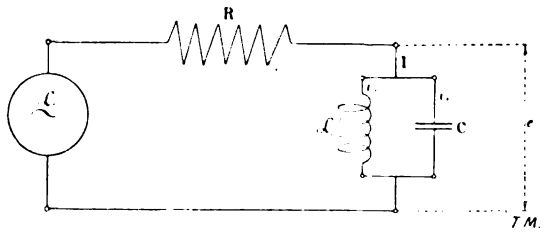


Fig. 2. — Self et capacité en parallèle.

En effet, si nous nous reportons à la figure 2, on voit que, sous l'effet de la tension e, il circule dans le condensateur un courant :

$$i_1 = e.\omega \,.\, C$$

et dans la self-induction L_2, en négligeant la résistance ohmique, un courant :

$$i_2 = \frac{e}{\omega L_2} .$$

Le courant total I est la résultante de i_1, décalé en avance de 90° sur e et de i_2, en retard de la même quantité, d'où

$$I = i_2 - i_1 \qquad \text{ou } i_1 - i_2.$$

Selon que i_2 est plus grand ou plus petit que i_1, le courant résultant sera lui-même décalé en avant ou en arrière sur la tension, de telle sorte que le parallélisme de L_2 et de C pourra présenter tantôt le caractère d'une self, tantôt celui d'une capacité, d'après les valeurs qu'on leur aura données.

Si $i_1 = i_2$, le courant résultant I = 0 et l'on dit qu'il y a *résonance de courant*. En ce cas :

$$e\,\omega\, C = \frac{e}{\omega L_2}$$

d'où, encore une fois :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$$

et

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}}.$$

Bien que cela puisse paraître paradoxal, on arrive dans ce cas à pouvoir observer, dans deux circuits dérivés L_2 et C, un courant quelconque $i_1 = i_2$, alors que, dans le circuit d'alimentation, il ne circule aucun courant.

Il nous reste à voir sous quelles conditions il serait possible d'avoir, dans un circuit de ce genre, des résonances de tension.

Si

$$\omega < \frac{1}{\sqrt{C L_2}}$$

valeur pour laquelle il y a résonance de courant, le parallélisme de L_2 et de C a des propriétés exclusivement inductives, puisque la résultante des courants i_1 et i_2 est constamment décalée en arrière sur la tension aux bornes e ; l'ensemble de la self-induction L_2 et de la capacité C pourrait donc être remplacée en ce cas par une résistance inductive, dont le coefficient de self-induction serait :

$$L' = \frac{L_2}{1 - \omega^2 L_2 C} .$$

Il est bien évident que, dans ce cas, une résonance de tension est impossible à réaliser.

Si :

$$\omega > \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$$

le courant résultant de i_1 et de i_2, I est décalé en avant sur la tension aux bornes, et le parallélisme de L_2 et de C aurait maintenant les propriétés d'une capacité, dont la valeur équivalente serait :

$$C' = \frac{\omega^2 L_2 C - 1}{\omega L_2} .$$

Finalement, en augmentant la valeur de ω, le circuit entier entrerait en résonance lorsque la fréquence atteindrait la valeur :

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C'}}$$

ou, en remplaçant C' par sa valeur donnée ci-dessus :

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 C}} .$$

En résumé, dans le cas du parallélisme d'une self-induction et d'une capacité, les phénomènes de résonance dépendront de deux fréquences critiques :

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}} \cdot \text{ (Résonance de courant)}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 C}} . \text{ (Résonance de tension)}$$

Rôle de la self-induction et de la capacité uniformément réparties (Effet Ferranti). — Si l'on applique les méthodes d'investigation précédentes à l'étude des résonances dans les réseaux et installations électriques, il est pour ainsi dire impossible d'arriver à des résultats, même approximatifs, parce que, d'une part, on néglige un certain nombre de facteurs importants qui devraient entrer en ligne de compte et, d'autre part, parce qu'au lieu des self-inductions et des capacités concentrées en des points du circuit, on a plutôt à considérer des self-inductions et des capacités uniformément réparties.

Pour la compréhension ultérieure des divers phénomènes que nous décrirons plus loin, nous croyons donc utile de rappeler au lecteur la définition très claire et très nette de la résonance qui en a été donnée par Steinmetz (1). Elle a l'avantage de donner une idée très exacte de la manière avec laquelle elle prend naissance dans les installations électriques.

Si une onde est envoyée dans un conducteur, tel qu'une ligne de transmission aérienne, par exemple, elle se propage le long de cette ligne avec une vitesse qui sera voisine, comme on le sait, de celle de la lumière.

Si la ligne est ouverte à l'autre extrémité, l'onde, en arrivant à cette extrémité, en vertu du principe de la conservation d'énergie, est complètement réfléchie et revient avec la même vitesse à son point de départ. Supposons qu'on envoie à cet instant une deuxième onde ou impulsion dans la ligne, son amplitude s'ajoutera à celle de la première et cheminera de la sorte comme la première fois. On peut donc envisager facilement le cas où des ondes se succédant alternativement à des intervalles de temps égaux cheminent d'une extrémité de la ligne à l'autre et voient leurs amplitudes s'ajouter successivement ; il peut donc en résulter que des courants intenses ou des forces électromotrices élevées puissent être engendrées par des ondes de faible amplitude ou par de petites impulsions dont les effets s'ajoutent.

Autrement dit, la condition de résonance est que l'onde ait le temps de parcourir la longueur de la ligne et de revenir au point de départ au moment de l'émission d'une deuxième onde ou impulsion.

En réalité, dans l'application des lignes aériennes et pour les courants alternatifs, il s'agit de demi-ondes pour lesquelles le temps est celui nécessaire à la lumière pour parcourir deux fois la longueur de la ligne.

Pour la période complète, ce sera la temps nécessaire à la lumière, la pour parcourir quatre fois la longueur de la ligne.

Donc si l est la longueur de la ligne, S la vitesse de la lumière, la fréquence des oscillations ou période naturelle de la ligne sera :

$$f_0 = \frac{S}{4\,l} .$$

(9)

(1) C.-P. Steinmetz : *Theory and Calculation of Transient electric phenomena and Oscillation*, 1908.

Digitized by Google

Si l est exprimé en kilomètres et si l'on pose S = 300 000 kilomètres seconde.

$$f_0 = \frac{75000}{l}. \qquad (9')$$

On voit donc que, pour obtenir la fréquence de résonance aux extrémités des lignes aériennes avec les fréquences usuelles, cela nécessiterait des longueurs de 3000 km de ligne avec 25 périodes et 1 250 km avec 60 périodes.

Toutefois, si l'on applique le même raisonnement aux ondes se propageant dans les câbles et dans les enroulements des machines électriques, pour lesquels les constantes de la self et de la capacité kilométriques conduisent à des vitesses d'onde s'écartant davantage de la vitesse de la lumière ou permettent de les assimiler à des lignes artificielles de plus grande longueur, on arrive pratiquement à trouver pour la condition de résonance, des valeurs qui se rapprochent des fréquences usuelles.

Réalisation pratique des résonances dans les installations électriques. — Résonance par les harmoniques. — Lorsque les machines et particulièrement les alternateurs ont des ondes qui ne sont pas rigoureusement sinusoïdales, les harmoniques, même de faible amplitude dans la marche à vide, peuvent entrer en résonance quand l'alternateur est branché sur un réseau de grande capacité. Ce phénomène peut donner lieu à des surtensions auxquelles aucune isolation ne pourrait résister.

Rappelons, par exemple, l'importance que peuvent prendre les harmoniques dont le rang est de l'ordre $3k$ dans les installations triphasées. Comme on le sait, les courants parasites auxquels ils donnent naissance sont en phase ; il en résulte donc que, si un transformateur est couplé en triangle, et parfaitement équilibré, les courants harmoniques se ferment sur eux-mêmes ; au contraire, si les enroulements sont couplés en étoile, les mêmes courants convergent vers le point neutre. On voit immédiatement que la mise directe du neutre à la terre peut conduire en ce cas à des perturbations caractéristiques dans les installations (1). Contrairement à ce qu'on a écrit, les transformateurs groupés en triangle peuvent donner également naissance à des phénomènes de résonance par des harmoniques dont le rang est un multiple de 3. En effet, il ne faut pas oublier que, dans les phénomènes d'ouverture et de fermeture, lorsque la manœuvre des interrupteurs n'est pas simultanée dans les trois phases, on marche en réalité avec *triangle ouvert* et les courants harmoniques parasites, au lieu de se fermer sur eux-mêmes, se ferment dans l'installation.

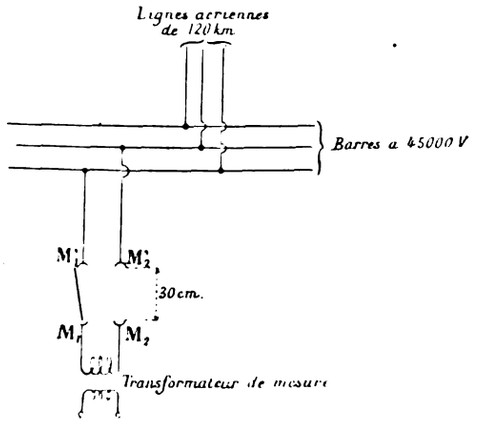


Fig. 3. — Exemple pratique de résonance dans un réseau aérien.

Résonances dans les phénomènes de fermeture. — Les résonances prenant naissance de cette manière apparaissent sous forme transitoire.

Nous devons à M. Schenker, ingénieur en chef de la Société Beznau-Löntsch (Suisse), un des exemples les plus frappants qu'il ait été possible d'observer dans un réseau aérien à haute tension.

Sur les barres collectrices d'une centrale à 45 000 volts, auxquelles aboutissent des lignes aériennes de grande longueur (120 km environ), est branché un transformateur de mesure pour voltmètre.

Les mâchoires des coupe-circuits protégeant cet appareil sont distantes de 30 cm. Quand le secondaire du transformateur est ouvert, au moment de la fermeture du premier coupe-circuit S'_1, il saute aux mâchoires M_2 M'_2 une étincelle de 30 cm (fig. 3).

Les constantes de l'enroulement du transformateur ouvert à l'une de ses extrémités sont telles que cet appareil se comporte exactement comme si la ligne elle-même était prolongée d'une longueur suffisante pour réaliser la condition de résonance.

Par cet exemple, on saisit immédiatement l'importance qu'il y a à réaliser une fermeture exacte et simultanée des trois phases des interrupteurs à haute tension, lorsqu'ils commandent des transformateurs alimentés par des lignes aériennes et souterraines de grande longueur.

Résonances engendrées par suite de mauvaises dispositions adoptées dans l'installation ou par faux couplages. — Une disposition donnant fréquemment lieu à des phénomènes de résonance est celle de la figure 4. Dans celle-ci, C représente un câble concentrique ; le conducteur extérieur présentant une forte capacité par rapport à la terre, si l'on ferme l'interrupteur b, l'interrupteur a restant ouvert, il existe un circuit de résonance L_1, L_2, C_1, C_2 (1).

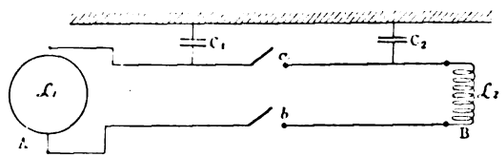


Fig. 4. — Cas de résonance réalisé dans un réseau souterrain.

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \cdot (L_1 + L_2)}} \qquad (1) \quad (1)$$

Un autre cas fréquent est celui de la figure 5, dans laquelle A, B, C représentent les trois phases d'un câble triphasé.

Au moment de la fusion des coupe-circuits 2 et 4 protégeant les deux transformateurs branchés aux extrémités de la ligne, il pourra se produire éventuellement des effets de résonance dans les deux circuits M a A C_1 C_3 C e M et M a A C_1 C_2 e f C M (2).

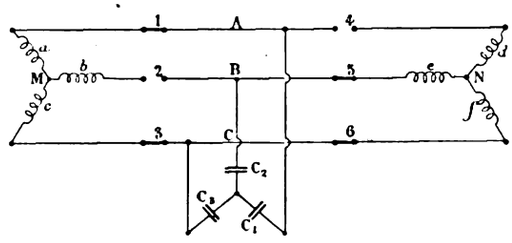


Fig. 5. — Cas de résonance dans un réseau souterrain.

5. — Phénomènes de fermeture et de réflexion (3).

Lorsqu'on met une ligne électrique sous tension par la manœuvre d'un interrupteur, il y a à considérer plusieurs phénomènes dis-

(1) Voir *La protection des réseaux contre les surtensions.* G. Capart. *La Technique Moderne,* t. III, n° 10 (octobre 1911), p. 533 ; n° 11 (novembre 1911), p. 610 ; n° 12 (décembre 1911), p. 668 ; t. IV, n° 2 (15 janvier 1912), p. 52 ; n° 4 (15 février 1912), p. 137 ; n° 6 (15 mars 1912), p. 212 ; n° 7 (1er avril 1912), p. 251 ; n° 9 (1er mai 1912), p. 329 : n° 10 (15 mai 1912), p. 375.

(1) D'après Zipp, op. cit.

(2) Humann : *Elektrotechsniche Zeitschrift,* p. 883, 1904. Voir également Zipp : *Hochspannungstechnik,* p. 64 et 65, 1911.

(3) Voir les études de W. Linke : *Archiv fur Elektrotechnik,* p. 16, 1912 — A. Schwaiger : Uber Einschaltvorgänge in kapazitätsfreien Stromkreisen. *Electrotechnik und Maschinenbau* (Wien), 1909, p. 633 ; —

Digitized by Google

tincts : le premier, que nous désignerons sous l'appellation de *phénomène initial*, est celui pendant lequel l'onde de tension se propage d'une extrémité du conducteur à l'autre avec une vitesse voisine de celle de la lumière ; le deuxième, que nous appellerons *transitoire*, est celui pendant lequel les courants électriques qui ont pris naissance dans le circuit, arrivent à prendre, après un certain temps de régime troublé, leur régime stationnaire.

Ce sont les deux phases principales bien distinctes des phénomènes de fermeture, la première qui s'écoule dans un laps de temps infiniment court, la deuxième se produisant dans un temps bien plus long, mais toutes les deux pouvant être accompagnées par des perturbations caractéristiques et distinctes dans le réseau.

Phénomène initial.— Le phénomène initial ne dépend en quelque sorte que des constantes de la ligne dans le voisinage immédiat de l'interrupteur.

Dans le cas de la figure 6, soit e la tension se propageant sur l'axe des x, i le courant à un endroit et à un moment quelconque, t le temps, en négligeant la résistance et la conductance, constantes qui n'interviennent que dans le phénomène transitoire, on peut écrire les relations bien connues :

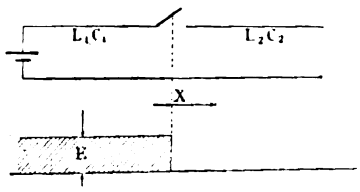


Fig. 6. — Diagramme de la tension avant la fermeture d'un interrupteur.

$$e = \varphi\,(x - \nu_1 t) + \rho\,(x + \nu_1 t) \tag{10}$$

et

$$i = \sqrt{\frac{C}{L}}\left[\varphi\,(x - \nu_1 t) - \rho\,(x + \nu_1 t)\right] . \tag{11}$$

avec

$$\nu_1 = \frac{1}{\sqrt{L\,C}} . \tag{12}$$

Les équations de continuité qui permettent d'établir ces relations sont, en négligeant la résistance et la conductance :

$$\frac{de}{dx} = -\,L\frac{di}{dt}$$

$$\frac{di}{dx} = -\,C\frac{de}{dt}$$

En éliminant e et i et en tenant compte de (12), on trouve :

$$\frac{d^2e}{dt^2} = \nu_1^2 \cdot \frac{d^2e}{dx^2}$$

$$\frac{d^2i}{dt^2} = \nu_1^2 \cdot \frac{d^2i}{dx^2} .$$

Ces équations différentielles aux dérivées partielles pour la tension et le courant peuvent se résoudre par une fonction absolument quelconque de la forme $(x - \nu_1 t)$ ou $(x + \nu_1 t)$, c'est-à-dire par les équations (10 et (11).

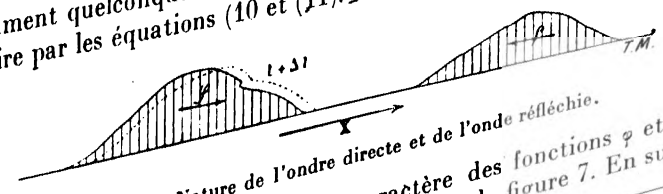


Fig. 7. — Nature de l'ondre directe et de l'onde réfléchie.

On peut se faire une idée du caractère des fonctions φ et ρ, pour un instant déterminé, en se reportant à la figure 7. En supposant que nous nous déplacions le long de l'axe des abscisses avec la vitesse $\nu_1\,dx = \nu_1\,dt$, le phénomène restera identique à lui-même ; autrement dit, il n'y aura aucune déformation si les constantes de la ligne ne sont pas changées.

On voit donc que le phénomène initial de fermeture se représente en réalité par deux ondes, de potentiel, qui se propagent avec une vitesse voisine de celle de la lumière et dans des directions opposées.

La détermination exacte de φ et de ρ permet de se rendre compte de quelle manière l'onde de tension s'est propagée sur la ligne un instant t après la fermeture de l'interrupteur.

On peut voir sur la figure 8, qu'au moment de cette fermeture il y a en réalité apparition de deux ondes, la première qui pénètre dans le conducteur non chargé, et une deuxième qui se réfléchit en arrière, c'est-à-dire qui se déplace dans le sens de la ligne d'alimentation en la déchargeant. La somme de ces deux ondes est égale à la tension d'alimentation du réseau E.

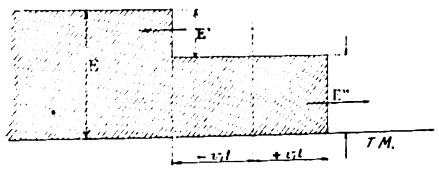


Fig. 8. — Onde directe et onde réfléchie.

Les valeurs de E′ et de E″ sont données par les formules (1) :

$$E'' = \frac{E}{1 + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \tag{13}$$

$$E' = \frac{E}{1 + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \cdot \sqrt{\frac{C_1}{L_1}}} . \tag{14}$$

Les figures 9, 10 et 11 donnent trois exemples qu'on a à envisager couramment dans la pratique. La première représente une onde de potentiel qui se produit à la fermeture d'un interrupteur entre deux lignes ayant les mêmes caractéristiques. L'onde directe ou de pénétration, a à peu de chose près, la même amplitude que l'onde réfléchie, leur valeur est à peu près égale à la moitié de la tension d'exploitation. La figure 10 représente le cas où une ligne aérienne est alimentée par un câble : la réflexion est alors presque nulle, l'onde de pénétration ayant sensiblement la même valeur que la tension d'exploitation.

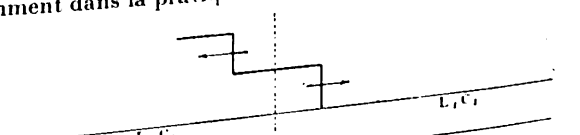


Fig. 9. — Onde directe et onde réfléchie au point de jonction de deux lignes aériennes.

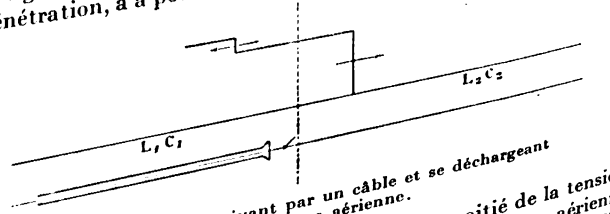


Fig. 10. — Onde arrivant par un câble et se déchargeant dans une ligne aérienne.

La figure 11 représente le cas inverse du précédent ; c'est le cas d'une fermeture de ligne aérienne sur un câble. Ici, la réflexion est très grande, l'amplitude de l'onde pénétrante étant très faible.

(1) R. Rudenberg : Die Einschaltvorgang bei Elektrischen Leitungen, *Electrotechnik und Maschinenbau*, p. 159, 1912.

K. W. Wagner : *Elektromagnetische Ausgleichevorgänge in Freileitungen und Kabeln*, 1908 ; — C. P. Steinmetz : *Theory and Calculation of transient electric phenomena and Oscillation*, 1909 ; — R. Rudenberg : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, p. 157 ; — E. Pfiffner : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, nos 47, 48 et 49, 1912 et 1913 ; — G. *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, G. Giles : *Bulletin de l'Association des Ingénieurs*

Digitized by Google

Les résistances d'onde sont approximativement $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = 100$ pour les câbles et $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = 500\ \Omega$ pour les lignes aériennes. La

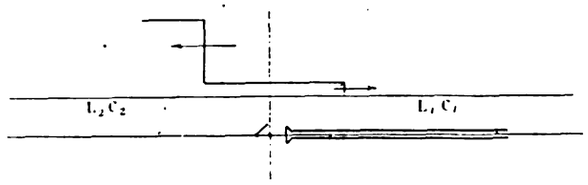


Fig. 11. — Onde arrivant par une ligne aérienne et se déchargeant dans un câble.

détermination pratique de la caractéristique ou résistance d'onde, peut se faire au moyen de la formule de Breisig (1) (fig. 12 et 13).

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = 120\, l_n \left(\frac{D}{d}\right) \text{ ohms.} \qquad (15)$$

Les phénomènes initiaux de pénétration d'onde et de réflexion, au moment de la fermeture d'un interrupteur, peuvent causer des dégâts considérables aux enroulements des machines ou aux appareils. Au moment où elles se propagent sur la ligne, ces ondes présentent des fronts très raides, en telle sorte qu'elles peuvent produire des claquages de bobines identiques à ceux produits par de la haute fréquence, puisqu'elles conduisent à avoir deux

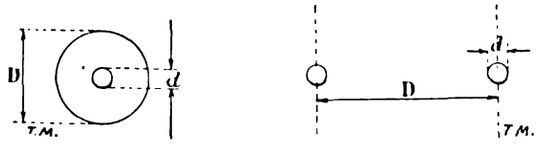


Fig. 12 et 13. — Détermination de la résistance d'onde dans les lignes.

points voisins du circuit — situés par exemple sur deux spires voisines d'une bobine — *pour lesquels il existe la pleine différence de potentiel ou même davantage.*

La figure 14 représente les différentes phases du phénomène de réflexion sur une machine alimentant un câble. Au moment de la fermeture, il pénètre dans le câble une onde de très faible amplitude ; l'onde réfléchie, au contraire, est presque égale à la tension normale. Ce n'est donc pas le câble qui est en danger ; l'onde réfléchie arrivant aux bornes de la machine, les enroulements, qui ont une grande caractéristique, agissent comme une ligne ouverte à une extrémité et il peut donc y avoir dédoublement de l'onde. Il en résulte donc qu'on peut trouver une différence de potentiel égale à environ deux fois la tension normale, entre deux points voisins d'une même bobine. Ce phénomène s'observe très fréquemment au moment de la mise en service des moteurs à haute tension.

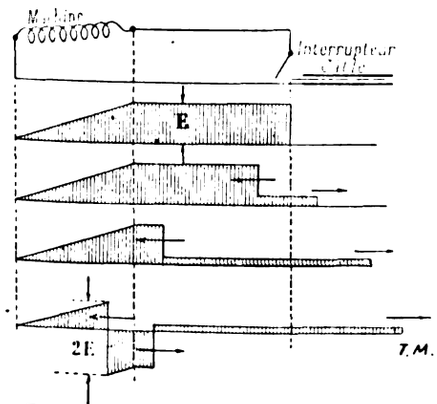


Fig. 14. — Réflexion d'onde sur une machine.

Phénomène transitoire ou de départ. — Indépendamment du phénomène initial que nous venons d'étudier, la fermeture d'un circuit est marquée généralement par un phénomène oscillatoire : c'est la charge du condensateur constitué par la ligne ou le circuit sur lequel on applique la tension du réseau.

L'amplitude des ondes oscillantes de fermeture, qui atteint rarement le double de la tension normale, ne peut croître au-delà de toute limite, que si la fréquence du phénomène est capable de donner naissance à une résonance. Il peut en résulter seulement alors des claquages de bobines d'alternateurs et de transformateurs et surtout des amorçages d'arcs à des distances considérables.

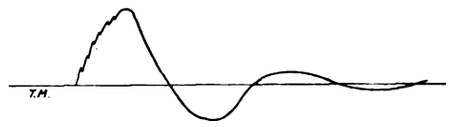


Fig. 15. — Influence des harmoniques supérieurs au moment de la fermeture.

L'examen des relevés oscillographiques à la fermeture des interrupteurs montre, qu'à l'origine du phénomène transitoire, l'influence des harmoniques élevés se fait parfois sentir. Faccioli (1) est d'avis que, dans des installations à très haute tension, il peut en résulter des claquages entre spires, ces ondes étant à très haute fréquence et à courte période.

Phénomènes d'ouverture et surtensions au moment des variations de charge. — Une ligne ayant de la capacité étant interrompue brusquement ou étant soumise à une variation brusque de régime, l'énergie accumulée dans le champ magnétique de la ligne est alors restituée sous forme électrostatique, ce qui peut donner lieu à des surtensions très fortes.

Nous avons décrit ce phénomène dans une étude précédente (1); il nous a été possible depuis de noter le cas pratique suivant. Dans une installation à 8 000 volts, que nous connaissons, alimentée par une ligne aérienne de 500 m, l'ouverture brusque des automatiques amorce fréquemment des arcs entre phases à des distances de 30 cm, la puissance en jeu dans ce réseau étant de l'ordre de 20 000 KVA et de 5 000 KVA dans la ligne.

Arcs à la terre. — La mise à la terre soudaine d'un point d'un circuit peut créer, en d'autres points de ce circuit, des surtensions caractéristiques. Si le contact à la terre est franc, il peut souvent n'en résulter qu'une augmentation de potentiel constante des autres phases, ou des autres conducteurs, par rapport au potentiel de la masse, pendant la durée de la mise à terre (fig. 16).

Mais, généralement, et surtout lorsqu'il s'agit d'un réseau de câbles, la mise à la terre — par l'intermédiaire d'un arc — déclenche des résonances dans des parties du réseau qui peuvent se trouver à des distances considérables de l'endroit où s'est produit la mise à terre.

L'arc à la terre agit, comme l'a dit Steinmetz (2), comme un véritable générateur de courants oscillatoires, mettant en résonance les parties des réseaux où existent des ondes stationnaires susceptibles de résonner.

Fig. 16. — Arc à la terre (Arcing ground) ayant provoqué l'éclatement d'un isolateur d'une ligne de 15 000 volts.

Pour que le lecteur puisse se faire une idée de l'ordre de grandeur des surtensions qu'il est possible d'atteindre de la sorte, nous citerons les observations que nous avons

(1) Breizig : *Theoretische Telegraphie*, p. 311, 1910.

(1) G. Faccioli : High Tension Switching phenomena : *Mémoire à l'Exposition de Turin*, 1911. Voir également les travaux de K. W. Wagner : Die Oberschwingungen elektrischer Schwingungskreise, *Arch. fur Elektrotechnik*, p. 47, 1912.

(2) C. P. Steinmetz : *Procedings of the American Institute of Electrical Engineers*, 1905. Dans un réseau de câbles à 11000 volts, puissance 37 000 KVA, des perforations après un phénomène de ce genre ont accusé l'existence de surtensions de l'ordre de 80 000 volts.

Digitized by Google

pu relever nous-mêmes dans le réseau aérien d'Altdorf (Suisse).

De la centrale d'Amsteg (Gothard), part un transport d'énergie, triphasé, aérien, à 6 fils, avec la tension de 42 000 volts, vers la centrale de Rathausen (Lucerne); la distance entre les deux centrales est d'environ 70 km. Lorsqu'il se produit un arc à la terre à une distance de 40 ou 50 km de la centrale d'Amsteg, il s'amorce fréquemment des arcs *à des distances de* 50 *cm* entre les conducteurs, à leur entrée dans la centrale, et l'une des ferrures du tableau.

Si l'arc à la terre a lieu à 15 ou 20 km seulement de la centrale, les effets ci-dessus disparaissent à Amsteg, mais ils apparaissent d'une manière identique à la centrale de Rathausen, à l'autre extrémité de la ligne.

Comme on le sait, ces arcs à la terre peuvent s'amorcer par dessus les isolateurs dans les lignes aériennes de différentes manières. Des phénomènes analogues sont produits par les ruptures d'isolateurs, des fils, des câbles, et ils comptent à juste titre parmi les plus dangereux.

VI. — Définition et classification des surtensions.

Les considérations précédentes nous permettent de définir les surtensions qui se produisent dans un circuit parcouru par une onde perturbatrice.

Les surtensions sont de deux espèces : les premières, de grande amplitude dans le sens radial du conducteur, entraînant par conséquent une grande différence de potentiel entre lignes et terre ou entre conducteurs; les deuxièmes, agissant dans le sens axial du conducteur et caractérisées par le fait qu'on trouve deux points voisins d'un même circuit ayant une différence de potentiel assez forte (1).

Nous appellerons donc surtension, comme l'a écrit Pfiffner (2), toute modification dans la valeur du potentiel en un point quelconque de l'installation et tendant à dépasser la valeur admise pendant le régime normal ou stationnaire, dans le sens radial ou axial du conducteur.

Il y a donc à tenir compte non seulement de l'amplitude de l'onde perturbatrice, mais encore de leur forme, c'est-à-dire de leur répartition dans les circuits qu'elle parcourt.

VII. — Ordre de grandeur des surtensions.

L'amplitude des surtensions observées dans les réseaux est très variable ; elle dépend d'un assez grand nombre de facteurs et il est difficile de fixer à ce sujet des lois absolues.

Dans certains cas, les surtensions atteignent des valeurs tellement élevées que certains auteurs émettent des doutes sur leur réalisation ou refusent même obstinément de reconnaître leur existence (3). D'ailleurs, on doit reconnaître qu'on s'est fait presque partout des idées absolument fausses sur les valeurs qu'ont les surtensions dans les différents cas qui peuvent se présenter. La meilleure preuve en est que, dans la construction de tout le matériel électrique, on adopte aujourd'hui des coefficients de sécurité bien plus élevés qu'autrefois (4).

On rencontre dans les installations électriques des surtensions pouvant atteindre exceptionnellement jusqu'à 150 000 et 200 000 volts (1). Nous avons cité précédemment quelques exemples, pour lesquels nous avons pu contrôler nous-mêmes l'existence de surtensions de cet ordre de grandeur. Nous allons les rappeler en quelques lignes : dans un réseau à 8 000 volts, amorçage de cornes réglées pour fonctionner au triple de la tension normale, par un phénomène atmosphérique (2) ; surtension de 40 000 volts dans un réseau à courant continu à 1 500 volts, dans une région accidentée (3); arcs sautant à 30 centimètres de distance par un phénomène de résonance, dans un réseau aérien à 45 000 volts; arcs sautant à une distance de 50 cm au moment de l'ouverture d'une ligne sur laquelle il y avait un défaut d'isolement ; arcs sautant à $1^m,300$ par un phénomène de réflexion d'onde, cas dont nous parlerons bientôt.

A côté de ces cas extrêmes, de surtensions, il convient de rappeler au lecteur qu'il est possible de claquer les enroulements d'un transformateur construit pour être branché à un réseau de 40 000 ou 50 000 volts, par exemple, avec une surtension très faible, 300 ou 400 volts, si, par suite d'une répartition irrégulière du potentiel dans la bobine, le maximum et le minimum de l'onde se trouvent sur deux spires voisines de l'enroulement.

En résumé, on rencontre dans les réseaux, des surtensions pour lesquelles la valeur absolue dépasse plusieurs fois la tension normale. Mais à côté d'elles il y a à considérer des ondes de propagation à front raide ou à haute fréquence de faible amplitude produisant également des effets destructifs. Enfin, entre ces deux cas limites, on rencontre les surtensions pour lesquelles l'amplitude a été considérablement diminuée par les facteurs d'amortissement, mais capables encore de provoquer des accidents graves dans les installations.

VIII. — Marche des ondes sur les lignes.

En négligeant la résistance ohmique et un facteur exponentiel d'amortissement $\varepsilon^{-\alpha t}$, les ondes de propagation de tension et de courant sur une ligne peuvent se représenter par les équations bien connues (voir ci-dessus) :

$$e = \varphi(x - v_1 t) + \rho(x + v_1 t) \tag{10}$$

$$i = \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \left\{ \varphi(x - v_1 t) - \rho(x + v_1 t) \right\} \tag{11}$$

avec $v_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$. En faisant l'hypothèse que les ondes observées à une distance assez courte de l'endroit où elles sont émises, par exemple à quelques mètres d'un interrupteur, cette simplification peut être introduite dans les calculs.

Les constantes de la ligne étant r, L, C, g, nous avons vu que la perte par énergie thermique par unité de longueur est :

$$V = e^2 . g + i^2 r,$$

et le travail emmagasiné dans les champs magnétiques et électriques est :

$$W = \frac{e^2 C}{2} + \frac{L i^2}{2}.$$

D'après le principe de la conservation d'énergie, la propagation de l'onde de charge s'effectuera en telle sorte que la transformation en chaleur et le travail fourni aux champs magnétique et électrostatique soit un minimum.

Cette condition est réalisée quand :

$$e^2 g = r i^2,$$

$$\frac{e^2 C}{2} = \frac{L i^2}{2}.$$

On en tire donc

$$\frac{e}{i} = \sqrt{\frac{r}{g}} = C^{te} \tag{17}$$

$$\frac{e}{i} = \sqrt{\frac{L}{C}} = C^{te}. \tag{18}$$

(1) G. Giles : Les accidents dans les réseaux électriques. Conférence à l'Association des ingénieurs sortis de Montefiore, 1912.

(2) E. Pfiffner : *Elektrotechnik und Maschinenbau* (Wien), 1912, n° 47, p. 48 et 49.

(3) Voir dans *Elektrotechnische Zeitschrift* de 1910, p. 443 et suivantes, les études de Schrottche.

(4) Le lecteur s'en rendra compte en comparant les anciennes réglementations des ingénieurs électrotechniciens allemands et celles qui vont être mises en vigueur à partir du 1er janvier 1914; *Elektrotechnische Zeitschrift*, 23 janvier 1913 : *Vorläufige Richtlinien für die Konstrucktion und Prüfungen von Wechselstrom Hochspannungsapparaten von einschliesslich*, 15≥0 V. aufwärts.

(1) Voir C.P. Steinmeitz, *op. cit.*

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n°11 (1er décembre 1912), p. 385.

(3) Conférence à l'Université de Grenoble (1913.)

Digitized by Google

D'où la condition pour qu'une onde de propagation ne se déforme pas est :

$$\frac{r}{g} = \frac{L}{C}$$

pour le tronçon de la ligne sur lequel elle se déplace. Nous pou-

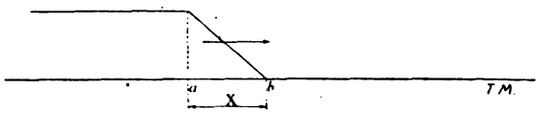


FIG. 17. — Onde à front raide.

vons admettre cette condition pour les conducteurs rectilignes, uniformes et de faible longueur.

Pratiquement, une onde de tension ayant une amplitude E peut se propager sur une ligne avec un front s'étalant sur une longueur de 10 m (fig. 17). La pénétration de cette onde dans un enroulement pourra être dangereuse, car, si l'inclinaison du front d'onde est forte, il existera deux points a' et b' de la bobine coïncidant avec les points a et b de l'onde, séparés par une faible épaisseur de coton et entre lesquels on retrouvera toute la différence de potentiel E.

La condition essentielle pour éviter un claquage de la bobine sera de déformer, ou mieux, d'étaler le front de l'onde sur une grande longueur de ligne, avant sa pénétration dans l'enroulement

(*A suivre.*) G. CAPART.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE A PARTIR DE L'AZOTURE D'ALUMINIUM

SOMMAIRE. — *La fixation de l'azote par les azotures métalliques. — Procédé Serpek : principe, conditions de la réaction Serpek ; catalyse de cette réaction. — Obtention simultanée d'alumine et d'ammoniaque. — Fours industriels pour la mise en œuvre du procédé. — Propriétés de l'azoture d'aluminium ; sa transformation en cyanure ; son emploi comme engrais.*

LA FIXATION DE L'AZOTE PAR LES AZOTURES MÉTALLIQUES.

Le problème de la fixation industrielle de l'azote (1) est incontestablement à l'heure actuelle le problème chimique le plus important ; on peut dire qu'il domine aujourd'hui toute la chimie minérale.

Faire entrer l'azote en combinaison paraît un problème bien difficile ; on nous a toujours enseigné que l'azote était un corps inerte, c'est-à-dire inapte aux combinaisons et jusqu'à ces derniers temps, on ne connaissait que deux réactions positives de l'azote : son union avec l'oxygène sous l'influence des étincelles électriques, mise en évidence par Cavendish avec production primaire, comme Berthelot l'a montré depuis longtemps, de bioxyde d'azote ou oxyde azotique, et en second lieu, la fixation de l'azote par un mélange de carbone avec une base alcaline ou une base alcalinoterreuse, réaction découverte par Margueritte et de Sourdeval et que ces savants avaient cherché vainement à industrialiser. Mais, fort heureusement, l'inaptitude de l'azote à entrer en réaction, est un vieux cliché qu'il faut désormais remiser dans les archives de la Science. L'azote peut, au contraire, intervenir dans beaucoup de réactions ; par exemple, il peut se combiner avec un assez grand nombre d'éléments métalliques en donnant naissance à des azotures très stables, formés avec de grands dégagements de chaleur. Comme je l'ai montré d'ailleurs (2), les combinaisons binaires métalliques sont avantagées au point de vue de la stabilité par le fait de la trivalence de l'azote. En m'appuyant sur ma théorie approchée des équilibres (3), j'ai fait voir qu'il était nécessaire, pour qu'un hydrure, un oxyde et un azoture formés par un même métal, aient des stabilités comparables vis-à-vis de la chaleur, que les chaleurs dégagées dans la formation de ces diverses combinaisons avec un même poids de métal, soient entre elles comme 3, $\frac{3}{2}$ et 1. Ainsi, un hydrure ne pourrait avoir la même stabilité que l'azoture correspondant qu'autant que l'hydrogène dégagerait trois fois plus de chaleur que l'azote avec le même métal ; si l'azote pouvait même fonctionner comme pent avalent, il faudrait que l'hydrogène en dégageât cinq fois plus pour arriver à une combinaison de même résistance à l'élévation de température.

L'expérience démontre que les chaleurs de formation des azotures sont considérables. J'ai trouvé pour l'azoture de magnésium $Mg^3\,Az^2$ un nombre égal à 119 cal 7 (1). M. Güntz a donné 111 cal 2 pour celui de calcium (2). Enfin, en m'appuyant sur certaines données expérimentales, j'ai pu, par des considérations physicochimiques, attribuer comme valeurs probables 80 cal et 110 cal aux chaleurs de formation des azotures de silicium et d'aluminium. La dernière de ces valeurs, déterminée par l'application de formules physicochimiques utilisant des données expérimentales de natures différentes, paraît devoir se rapprocher beaucoup de la valeur réelle, à moins d'une coïncidence fortuite, car des points de départ différents ont conduit sensiblement à la même valeur.

CHALEURS DE FORMATION DE QUELQUES AZOTURES RAPPORTÉES A UNE QUANTITÉ D'AZOTE Az^2.

Magnésium	119 cal. 7
Calcium	111 cal. 2
Silicium	90 cal. 0
Aluminium	110 cal. 0

Un autre point sur lequel il importe d'insister, c'est que l'azote est vraiment inerte, en ce sens qu'il sort difficilement dans ses réactions de sa zone de frottement, de sa zone de repos chimique ; pour provoquer les réactions dans lesquelles intervient l'azote, il est nécessaire, dans la plupart des cas, de porter le système à température élevée : on en tire immédiatement cette conclusion que les réactions de l'azote seront facilitées par des catalyseurs et qu'il y aura intérêt, dans la plupart des cas, à substituer à la réaction elle-même, par l'intermédiaire de ces corps en présence, deux ou un plus grand nombre de réactions, dont la première sera la résultante (3).

Avant d'exposer le procédé étudié ici, je voudrais donner en quelque sorte, une idée quantitative de l'importance du problème en apportant quelques chiffres.

Dès maintenant, et nous sommes tout au début de l'examen de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 5 (mai 1911), p. 296 ; t. IV (1er juin 1912), p. 441 ; t. V, n° 3 (1er août 1912), p. 97, n° 5 (1er septembre 1912), p. 172 ; t. VI, n° 1 (1er janvier 1913), p. 43 ; n° 2 (15 janvier 1913), p. 74.

(2) C. MATIGNON. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLIV, p. 1164, 1912.

(3) C. MATIGNON. *Annales de Chimie et Physique*, 8e série, t. XIV, p. 31 1908.

(1) C. MATIGNON. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLIV, p. 1351, 1912.

(2) GUNTZ. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXXVI, p. 1071, 1903.

(3) C. MATIGNON. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLII, p. 1210, 1906. Consulter surtout la notice sur mes travaux scientifiques. Paris, 1907.

Digitized by Google

la question, plus de 500 millions de francs sont déjà engagés, soit dans des usines en pleine marche, soit dans des installations à la veille de fonctionner, soit encore dans des usines d'essai et de mise au point, ou bien même dans des recherches de laboratoire ; en outre, plus d'un millier de brevets ont été pris dans ces dernières années, brevets dans lesquels leurs auteurs ont la prétention de faire entrer facilement et économiquement l'azote en combinaison. Il n'y a donc plus de doute que l'inertie de l'azote ne soit aujourd'hui une légende. Un grand nombre de laboratoires se sont consacrés presque exclusivement à cette question de l'azote: je citerai parmi les laboratoires scientifiques, ceux de Guye, à Genève, de Haber, d'abord à Carlsruhe, maintenant transporté à l'Académie Wilhelm à Dahlem, près de Berlin ; parmi les laboratoires industriels, ceux de la Badische, de la Compagnie Norvégienne de l'azote. Je me permettrai d'ajouter que j'ai poursuivi moi-même des recherches sur certaines réactions fixatrices de l'azote, pendant plusieurs années ; j'aurai l'occasion d'en communiquer plus tard les résultats.

Réaction Serpek.

Principe du procédé. — Le procédé de synthèse de l'ammoniaque à partir de ses éléments est le triomphe de la physicochimie, car elle a permis à Haber de fixer *a priori* toutes les conditions du problème ; celui que je vais étudier est au contraire le triomphe de l'imprévu.

C'est l'aluminium, ce métal si intéressant, qui lui sert de base.

Le docteur Serpek a démontré que si l'on chauffe à 1 800° un mélange d'alumine et de charbon dans un courant d'azote, ce dernier s'unit à l'aluminium pour former un azoture stable ; tandis que le carbone et l'oxygène s'en vont à l'état d'oxyde de carbone :

$$Al^2O^3 + 3C + Az^2 = Al^2\,Az^2 + 3CO.$$

Voilà, pour un chimiste qui connaît les propriétés de l'aluminium, la grande chaleur de formation de son oxyde, ses propriétés réductrices si intensives qui en sont la conséquence, une réaction bien imprévue.

Nous connaissons déjà une réaction ternaire analogue, l'ancien procédé de préparation du chlorure d'aluminium. Si l'on chauffe dans un courant de chlore un mélange intime de charbon et d'alumine, les deux affinités réunies du chlore pour l'aluminium et du charbon pour l'oxygène l'emportent sur l'affinité de l'oxygène pour l'aluminium, et la réaction devient possible. Mais ici nous substituons à l'affinité du chlore pour l'aluminium que nous savons être très grande, celle de l'azote pour l'aluminium, dont nous ignorons la grandeur et qu'on aurait pu croire *a priori* assez faible. Or, depuis la connaissance de la réaction du Dr Serpek, j'ai montré que la chaleur de formation de $Al^2\,Az^3$ devait être assez voisine de 110 cal ou du moins de cet ordre de grandeur, il n'en persiste pas moins une endothermicité très forte pour la réaction génératrice :

$$Al^2\,O^3 + 3C + Az^2 = 3\,CO + Al^2\,Az^2 - 187\text{ cal }6.$$

mais fort heureusement, d'une part, tous les corps intervenant en réaction sont très stables, ils peuvent supporter des températures élevées sans se décomposer, et d'autre part, le nombre des molécules gazeuses est plus élevé dans le deuxième membre de l'équation que dans le premier, il en résulte d'après une loi que j'ai appelée la *loi de volatilité* (1) que le passage de l'état initial à l'état final peut être possible tout en supportant une forte endothermicité.

Conditions de la réaction. — Le Dr Serpeck a établi que la réaction qui marche déjà à 1 500°, mais extrêmement lentement, devient rapide à 1 800°, au point que quelques minutes suffisent pour la transformation en azoture.

La réaction, effectuée par un chauffage électrique, le seul pratiquement possible à cette température, consommera 187 cal 6, mais l'oxyde de carbone produit simultanément peut, en brûlant, régénérer 204 cal 6, donc une quantité plus grande ; mais bien entendu ces deux énergies ne sont pas équivalentes, elles sont de qualités différentes ; l'énergie électrique à pouvoir calorifique égal vaut beaucoup plus théoriquement et pratiquement que l'énergie calorifique dégradée fournie par la combustion de l'oxyde de carbone. On aperçoit néanmoins tout de suite, dans la récupération de ces calories, une diminution de dépense considérable.

J'ai dit que j'avais évalué approximativement à 110 cal la chaleur de formation de l'azoture d'aluminium 2 Al Az ; il est facile, par des expériences très simples, de montrer la grande exothermicité de l'azoturation de l'aluminium. Prenons, comme l'a fait le docteur Alber, un mélange de poudre d'aluminium avec 3 à 4 % de noir de fumée et chauffons-le assez fortement dans un creuset fermé ; quand la température est suffisamment élevée, enlevons le couvercle : l'aluminium entre en réaction avec l'air, l'oxygène est à peine absorbé par une mince couche à la surface, tandis que l'azote pénètre dans l'intérieur rendu poreux, à grâce la présence du charbon, et une réaction très vive d'azoturation se produit, se traduisant par une zone incandescente de la paroi du creuset, qui progresse de haut en bas.

Après refroidissement, on trouve le creuset rempli par une masse agglomérée d'azoture d'aluminium. La chaleur d'azoturation sera rendue encore plus manifeste en réalisant la combustion de l'aluminium, comme j'ai pu l'obtenir, par un chauffage préalable de l'aluminium, puis introduction dans un flacon plein d'azote.

On peut également opérer sur de grandes masses d'aluminium mêlé de charbon que l'on place dans un creuset dont on chauffe le fond ; quand la température est suffisamment élevée, on envoie un courant d'azote à l'aide d'un tube de charbon traversant la masse et plongeant jusqu'au fond ; la réaction s'amorce au fond du creuset, puis l'azoturation se propage progressivement de bas en haut, manifestée par l'incandescence du creuset. On peut ainsi obtenir facilement une température de 2 000° et au-delà. Après refroidissement, on trouve le creuset rempli par de magnifiques cristaux d'azoture d'aluminium. On réalise ainsi commodément une belle préparation synthétique de l'azoture d'aluminium.

Pour montrer avec quelle facilité on peut produire la belle réaction du docteur Serpek, on chauffe le mélange d'alumine et de charbon dans un four électrique, constitué essentiellement par un tube en charbon maintenu à ses deux extrémités dans deux fortes masses de même matière servant d'arrivée et de départ du courant ; si l'on remplit le tube avec un mélange d'alumine et de charbon, et qu'on le chauffe vers 1 800° en envoyant un fort courant électrique pendant que l'azote le parcourt, ce dernier chasse trois fois son volume de gaz oxyde de carbone, lequel forme, après allumage, une longue flamme à l'extrémité du tube. En arrêtant momentanément le courant d'azote, la flamme s'éteint aussitôt ; en le rétablissant, la flamme reparaît, d'autant plus étendue que le courant d'azote est plus rapide.

Catalyse de la réaction. — La réaction peut être catalysée par l'hydrogène et le fer. J'avais reconnu, dans différentes études d'azoturation, non encore publiées, que la fixation de l'azote se faisait beaucoup mieux avec l'ammoniaque qu'avec l'élément lui-même, quoique à la température de la réaction, le gaz ammoniac fût complètement décomposé en ses éléments. J'en avais conclu que l'hydrogène devait jouer le rôle de catalyseur et que ce rôle s'étendrait peut-être à la réaction génératrice de l'azoture d'aluminium. Le docteur Serpek a entrepris des recherches qui ont montré qu'effectivement l'hydrogène activait la réaction, que le fer et d'autres métaux jouaient un rôle identique, et qu'enfin, en superposant les deux actions accélératrices, on obtenait un résultat supérieur à la somme des deux effets. On peut ainsi abaisser notablement la température de réac-

(1) C. Matignon. *Comptes Rendus*, t. CLVI, p. 1536, 1913.

Digitized by Google

tion et la rendre pratique à 1 500° et même au-dessous. On voit de suite l'importance industrielle du fonctionnement avec catalyseurs.

Je donnerai ici quelques résultats qui précisent ce point important.

Un mélange d'alumine et de charbon chauffé à 1 500° pendant une heure dans un courant d'azote additionné de quelques centièmes d'hydrogène a donné un produit titrant 12,85 °/₀ d'azote ; le même mélange, additionné de traces de fer et chauffé dans les mêmes conditions sans hydrogène, avait fixé 7,7 °/₀ d'azote; enfin, en superposant l'action activante du fer et de l'hydrogène, on a, à la même température, et dans le même temps, fixé 27,07 °/₀ d'azote.

Remarquons de suite que le minerai d'aluminium, la bauxite, est toujours plus ou moins ferrugineux, par conséquent, chauffé en présence de charbon, il fournira lui-même le fer nécessaire à la catalyse.

Obtention d'alumine. — L'Ammoniaque produit secondaire.

Le grand intérêt présenté par le procédé Serpek découle du fait suivant : il permet, à partir de la bauxite, de préparer l'alumine pure, en obtenant, comme produit secondaire, de l'ammoniaque. C'est ce qu'a compris dès le début M. Badin, directeur général de la Société des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, qui a voulu faite profiter de ce perfectionnement la métallurgie française de l'aluminium, en introduisant en France, pour le mettre au point, le procédé Serpek. M. Badin s'est souvenu dans la circonstance que sa Société était coutumière d'initiative, c'est elle, en effet, qui a appliqué, et qui applique encore aujourd'hui, le procédé Balard pour l'extraction des différents sels des eaux-mères des marais salants ; c'est elle-même aussi qui avait rendu véritablement industriel le procédé de Deville pour la préparation de l'aluminium, procédé qui a fonctionné aux usines de Salindres jusqu'à l'apparition de la métallurgie électrique.

La préparation de l'alumine pure en passant par l'azoture d'aluminium, avec synthèse simultanée d'ammoniaque, est appelée à abaisser sensiblement le prix du métal. En outre, le traitement de l'azoture par rapport à celui de la bauxite est considérablement simplifié.

En effet, dans le procédé Bayer actuel, on attaque la bauxite par une lessive d'aluminate de soude concentrée aux environs de 40° Baumé, avec un rapport moléculaire de $NaOH : Al(OH)^3$ variant de 5 à 6, dans un autoclave à une température de 150° correspondant à une pression de 6 à 8 kilogs. Au contraire, en opérant avec l'azoture, on peut attaquer ce dernier à l'ébullition sous faible pression avec une lessive concentrée à 20-21° Baumé.

Après précipitation de l'alumine de la liqueur sous l'influence de petites quantités d'alumine précipitée, on obtient précisément une liqueur marquant 20 à 21° Baumé, c'est-à-dire la liqueur d'attaque de l'azoture; il n'est donc pas nécessaire de faire ici, comme avec la bauxite, une concentration du liquide à la sortie des décomposeurs, pour ramener la solution de 20 à 40° Baumé.

Quant aux impuretés de la bauxite, elles sont réduites au moment de l'azoturation (l'oxyde de fer donne du fer métallique) et forment, après attaque par la lessive alcaline, un résidu lourd, facilement séparable de la liqueur par une simple décantation.

D'après le docteur Serpek, la transformation de la bauxite en alumine coûte 125 fr 25 par tonne d'alumine pure, celle du nitrure en alumine ne dépasse pas 63 fr 80.

La production mondiale de l'aluminium, qui est passée de 25 000 t en 1911 à 65 000 t en 1912, est appelée à se développer rapidement. On peut affirmer aujourd'hui que ce métal deviendra, dans un avenir peu éloigné, un métal d'une consommation comparable à celle des autres métaux communs, comme le zinc par exemple, de l'ordre de 200 000 t si l'on tient compte dans cette comparaison de la différence des densités des deux métaux. Je base mon affirmation sur les deux raisons suivantes : tout d'abord, la résistance chimique du métal augmente rapidement quand ses impuretés diminuent ; là, comme dans bon nombre de réactions chimiques, ce sont les impuretés qui facilitent leur mise en marche ; avec l'aluminium, cette particularité est tout à fait accusée et tout nouveau progrès réalisé dans la diminution des impuretés, aura pour but d'améliorer les qualités chimiques du métal. En second lieu, les fabricants de l'aluminium étaient jusqu'ici sans lien commun avec les lamineurs et les tréfileurs du métal, il en résultait un manque d'entente et d'initiative, pour développer et multiplier les applications de l'aluminium. Aujourd'hui, grâce à l'accord qui s'est établi entre les producteurs français d'aluminium et dont le procédé Serpek fut la cause, la dualité précédente est appelée à disparaître, en même temps que la concentration des efforts et leur unité de direction faciliteront singulièrement le développement du métal. On peut donc affirmer que les espérances fondées par Sainte-Claire Deville sur l'aluminium sont à la veille de devenir des réalités, et que ce nouveau métal peut être considéré comme *ayant atteint sa majorité.*

D'après la production de 1912, 65 000 t, on peut calculer une obtention simultanée de 132 000 t de sulfate d'ammoniaque et le jour où cette production aurait triplé, et je le répète, cette époque n'est peut-être pas très éloignée, on atteindrait 400 000 t de sulfate.

Mais le procédé Serpek peut fonctionner, non seulement comme producteur d'alumine avec l'ammoniaque comme produit secondaire, mais également comme producteur d'ammoniaque, la même alumine restant toujours dans la fabrication. La décomposition de l'azoture, dans ce dernier cas, est encore simplifiée, car il n'est plus nécessaire d'obtenir de l'alumine pure; au contraire, il faut conserver à celle-ci des impuretés catalysantes et par conséquent, l'opération devient plus économique.

Le point délicat dans le procédé Serpek, c'était évidemment la création d'un four pratique pour la conduite de la réaction. C'est à ce problème que s'est attelée la Société française des nitrures, sous l'intelligente direction de son administrateur délégué, M. Badin, à l'usine de Saint-Jean-de-Maurienne, appartenant à la Société des produits chimiques d'Alais et de la Camargue.

Fours d'essai pour l'application de la réaction.

On emploie depuis longtemps, dans l'industrie des ciments, de grands fours tournants, qui permettent de récupérer facilement la chaleur des produits formés. On s'inspira de cette idée pour adopter un four tournant à la fabrication de l'azoture. Mais la réalisation offrit tout d'abord d'assez grandes difficultés, faciles à comprendre en considérant la différence entre la température de formation du ciment et celle de l'azoture 1 800°.

Une deuxième difficulté consistait en ce que les matières les plus réfractaires ne résisteraient guère à une température supérieure à 1 600°.

Bien entendu, la fabrication de l'azoture n'était possible que dans un milieu privé de gaz carbonique ; un chauffage électrique s'imposait.

Il fallait donc rechercher, pour le revêtement des parties électriques du four tournant, une substance, qui non seulement devait rester solide à une température d'au moins 1 900°, mais encore ce qui augmentait la difficulté, telle que le revêtement du four soit en même temps mauvais conducteur pour l'électricité à ces températures. L'azoture possédant ces deux qualités fondamentales, il n'y avait donc pas autre chose à faire que de revêtir d'azoture le laboratoire tournant.

La section électrique exigeait environ 70 t d'azoture pur, mais pour produire cette masse d'azoture, un four était nécessaire et pour construire le four, de l'azoture était indispensable. Voici comment fut résolue cette question délicate :

On établit un premier four fixe, sorte de haut fourneau, construit en briques réfractaires de la meilleure qualité et bien assem-

Digitized by Google

blées entre elles. En bas, une grosse électrode horizontale pénétrait jusqu'au centre du four, tandis que l'autre électrode verticale entrait dans le four à la partie supérieure suivant son axe. Cette grosse électrode se prolongeait verticalement par la résistance de chauffage jusqu'à l'électrode inférieure. La résistance, occupant ainsi l'axe du four, était constituée par une série d'anneaux de charbon superposés. Des tubes de charbon, traversant la paroi du four, amenaient l'azote dans le voisinage des anneaux de charbon, pour réagir sur le mélange d'alumine et de charbon qui remplit le four. L'azote employé dans ces essais était simplement du gaz de gazogène, sans purification spéciale.

Le four fonctionne ainsi : on envoie le courant par l'intermédiaire de deux grosses électrodes extérieures, la réaction commence après quelques minutes de chauffage, les anneaux atteignent une température qui peut s'élever jusqu'à 2 500°. Au fur et à mesure que l'azoture se forme, la matière se contracte et un vide considérable se produit autour de la résistance, vide qui peut être comblé de temps à autre par l'introduction du mélange réactionnel qui s'azoture aussitôt. On produit ainsi de l'azoture cristallisé renfermant 30 à 33 °/₀ d'azote.

Malgré les bons résultats obtenus, avec ce premier four, on s'attacha à la construction du four tournant, qui, en fournissant une marche continue et en récupérant la chaleur perdue, devait permettre d'obtenir un rendement supérieur.

Le four tournant est constitué essentiellement par deux cylindres tournants analogues à ceux employés dans l'industrie des ciments et légèrement inclinés, de manière à faciliter l'écoulement des matières. Ces deux cylindres, placés l'un au-dessus de l'autre, légèrement inclinés et en sens inverse, viennent déboucher par l'une de leurs extrémités dans une chambre fixe. Dans la partie centrale du cylindre inférieur se trouve intercalé un four électrique à résistance très facilement remplaçable.

On verse la bauxite à l'ouverture supérieure du premier cylindre ; elle descend peu à peu le long de ce tube par l'effet de la pente et du mouvement de rotation. Elle arrive dans la chambre fixe au moment où elle se mélange avec du charbon provenant d'une trémie, puis, le mélange passe dans le deuxième cylindre, arrive dans la section électrique et s'y rencontre avec du gaz de gazogène, marchant en sens inverse, et introduit par conséquent à l'extrémité inférieure du deuxième cylindre. Des dispositifs appropriés permettent de produire la combustion du gaz oxyde de carbone par une amenée d'air à la base du cylindre supérieur ; les calories produites sont absorbées par la bauxite qui progresse dans ce premier cylindre en sens inverse des produits de la combustion. On conçoit, qu'avec un tel dispositif, on réalise les avantages suivants :

1° On obtient un chauffage méthodique des matières en récupérant le plus possible de chaleur ;

2° On utilise, pour ce chauffage, la combustion des gaz combustibles produits dans le gazogène et dans le four électrique, ce qui réduit au minimum la quantité de chaleur à fournir par l'énergie électrique.

3° On mélange de façon intime les matières solides avant leur entrée dans le four électrique ;

4° On assure dans le four électrique, par la rotation, un contact parfait de ces matières solides avec l'atmosphère azotée ;

5° On a la possibilité de calciner la bauxite avant de la mélanger au charbon, ce qui évite toute perte de charbon pendant la calcination.

La section électrique du cylindre inférieur est chauffée par des résistances diamétrales, perpendiculaires à l'axe du cylindre, en contact par leurs extrémités avec des têtes d'électrodes rayées dans la paroi et émergeant à l'extérieur. Les résistances sont toujours constituées par des anneaux en charbon emboîtés les uns dans les autres. Sur les têtes des électrodes, à l'extérieur, on peut, à l'aide de systèmes de serrage, exercer, sur les rondelles de la résistance, des pressions variées et, par là, faire varier la valeur de cette résistance. La section électrique comporte 8 résistances à rondelles diamétrales, mais orientées alternativement dans une direction et dans la direction perpendiculaire. Un tel four est alimenté par un courant de 10 000 ampères sous un voltage de 230 volts. Chacun des longs cylindres de circulation de la matière comporte une longueur de 25 mètres.

On a perfectionné, en le simplifiant, le four tournant précédent. Au lieu de deux cylindres superposés, le four actuel n'en emporte plus qu'un seul, et la section électrique a été grandement améliorée. Aux deux extrémités de cette section cylindrique sont encastrés dans la paroi, deux énormes anneaux en charbon perpendiculaires à l'axe du four ; ces anneaux, à travers le revêtement des parois, sont en relation avec des parties conductrices émergeant à l'intérieur et permettant l'arrivée du courant ; à l'intérieur, ces anneaux font saillie, emprisonnent entre eux momentanément la matière réactionnelle conductrice, de sorte que le courant circule d'un anneau à l'autre, grâce à cette matière elle-même, qui forme ainsi la résistance du chauffage ; on travaille alors avec un excès de charbon dans le mélange aluminé, de manière à augmenter la conductibilité. Le mélange, comme on le voit, stationne dans la partie électrique le temps nécessaire à la réaction ; on règle ce temps d'après la vitesse de circulation des matières à l'entrée du four, la vitesse de rotation du four, et les dimensions de tout le système tournant.

J'ai pu voir fonctionner, à l'usine de Saint-Jean-de-Maurienne, un four tournant du petit modèle, constitué essentiellement par la section électrique du grand four. Rien n'est curieux comme la vue de son intérieur ; les matières, à ces hautes températures, ont une teinte légèrement bleutée, ce qui avait fait donner par Sainte-Claire Deville le nom de températures *bleues* aux températures avoisinant le point de fusion du platine.

Propriété de l'azoture d'aluminium.

L'azoture d'aluminium est une matière réfractaire remarquable, susceptible de rendre des services comme revêtement des fours qui ne fonctionnent pas ou fonctionnent seulement légèrement en allure oxydante : il ne se décompose que vers 2200 — 2300°.

Le procédé Serpek paraît donc appelé à tenir une place importante dans cette nouvelle industrie de la fixation de l'azote.

Examinons un peu en détail les propriétés principales de cet azoture d'aluminium.

La teinte des cristaux d'azoture est variable ; dans quelques opérations, on a obtenu un produit cristallin absolument blanc, mais le plus souvent l'azoture d'aluminium est bleu, d'un bleu indigo pouvant aller jusqu'au noir ; d'autres fois les cristaux ont une apparence noire micacée.

Un examen superficiel de ces cristaux permet de suite de les ramener à trois types différents ; les uns sont tabulaires hexagonaux, les autres sont prismatiques et ressemblent tout à fait au quartz, enfin un troisième type, différent des précédents, est formé par des cristaux développés dans le sens d'un axe et qui s'entrecroisent souvent comme un grillage.

L'analyse d'un grand nombre d'échantillons d'azotures en aiguilles prismatiques transparentes m'a montré que ces cristaux contenaient toujours un peu de carbure de silicium et dans des proportions variables d'un échantillon à l'autre ; ce sont donc des cristaux mixtes formés par l'azoture d'aluminium avec quelques centièmes de carbure de silicium. Dans des échantillons choisis, les aiguilles d'azoture atteignaient jusqu'à 4, 5 et 6 centimètres de longueur.

Quand on envoie un courant d'azote dans une masse un peu importante de poudre d'aluminium, mêlée avec quelques centièmes de noir de fumée, et qu'on provoque la réaction en chauffant fortement la masse en un des points, on obtient un produit absolument identique à celui qu'on prépare à partir de l'alumine et du charbon ; dans une même préparation, on obtient des cristaux bleus prismatiques ou tabulaires et des cristaux noirs à aspect micacé.

L'azoture cristallisé a une densité de 3,18.

Digitized by Google

Ce corps résiste d'une façon remarquable à l'action de l'air. Ce n'est que par une action persistante de l'oxygène à 1 400 ou 1 500° qu'il est possible de revenir à l'alumine et cependant, après une chauffe prolongée pendant une demi-heure à ces hautes températures, je n'ai jamais obtenu qu'une transformation partielle, et cependant la réaction d'oxydation est fortement exothermique. On retrouve ici une résistance qui rappelle celle du carbure de calcium, résistance d'autant plus inattendue que la chaleur d'oxydation du calcium est énorme et que la combinaison du carbone et du calcium ne met en jeu qu'une chaleur de réaction insignifiante. Il est vraiment curieux de constater de tels frottements dans ces réactions.

Transformation de l'azoture en cyanure.

Dès le début de l'étude de la réaction de Serpek, j'avais eu l'idée de chercher à transformer l'azoture d'aluminium en cyanure, par analogie avec la réaction signalée par Wöhler avec l'azoture de bore. Le carbonate de soude devrait agir sur l'azoture très facilement en formant du cyanure d'après l'équation suivante

$$2\,Al\,Az + 2\,CO^3\,Na^2 + C = 2\,C\,Az\,Na + CO^2 + Al^2\,O^3\,Na^2\,O.$$

La discussion théorique préalable de cette équation indiquait que la réaction fortement exothermique devait être facile à réaliser, mais l'expérience m'a montré que si l'on obtenait réellement du cyanure, la transformation était toujours très faible, même en variant les conditions de l'expérience (emploi du carbonate de potassium, du mélange des deux carbonates, etc.). M. Fichter, de Bâle, n'a pas obtenu, depuis, de meilleurs résultats, et dans ces derniers temps, un de ses élèves, M. Spengel, n'a jamais pu dépasser, dans la transformation, plus du tiers de l'azote nitrure en azote cyanure.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt que présente cette réaction qui, si elle se faisait avec de bons rendements, permettrait de transformer l'azote nitrure en azote cyanure, c'est-à-dire en un produit marchand de plus grande valeur. Je ne considère pas toutefois le problème comme insoluble; la réaction est trop dans le domaine des possibilités faciles, pour qu'on ne trouve pas un jour le moyen de la réaliser; c'est sans doute en cherchant un catalyseur convenable qu'on trouvera la solution d'un problème qui vaut la peine d'être approfondi.

L'azoture d'aluminium engrais.

Une question que l'on s'est posée dès le début, c'était de savoir si l'azoture d'aluminium pourrait être employé directement comme engrais, concurremment avec la cyanamide. Remarquons que cet azoture dose entre 30 et 33 % d'azote, tandis que le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude, la cyanamide ne dépassent pas 21 % d'azote: il représente donc une forme d'azote plus condensée que les engrais azotés usités jusqu'ici et par suite d'un transport plus économique. La stabilité de l'azoture d'aluminium cristallisé paraît s'opposer *a priori* à sa facile décomposition dans le sol, mais d'autre part, les plantes ont à leur disposition des moyens d'action si puissants pour s'assimiler les éléments qui leur sont utiles, qu'il est bien difficile de prévoir les résultats avant tout essai. Des expériences faites par le professeur Stützer, de Königsberg, par le professeur Fischer, de Bâle, etc., ont mis en évidence une action efficace de l'azoture, mais cette action ne serait pas en rapport avec la quantité d'azote contenu dans le composé. La question ne me semble pas résolue, elle appelle des essais plus nombreux et plus variés. L'effort de la Société des nitrures ne s'est pas porté jusqu'ici de ce côté, puisque le but initial de cette société est de préparer de l'alumine et d'obtenir l'ammoniaque comme produit secondaire.

En résumé, on voit que bien des questions se posent autour de ce nouveau produit qui semble appelé, comme je l'ai déjà dit, à prendre une place importante dans la grande industrie chimique.

C. Matignon,
Professeur de Chimie Minérale au Collège de France.

ECONOMIE INDUSTRIELLE

A PROPOS DU SYSTÈME TAYLOR

Sommaire. — *Le système Taylor est un des stades les plus récents de l'évolution industrielle. — Il y a plus de deux siècles que l'Académie Royale des Sciences en a conçu le principe scientifique; ses premiers essais. — Le chronométrage industriel dès le XVII^e siècle. — Poncelet établit le principe économique relatif à la production maximum à égalité de fatigue journalière. — Léonard de Vinci a mesuré la force de l'homme. — Les machines qui utilisent économiquement le travail de l'homme. — Les dynamomètres qui le mesurent. — Le procédé employé par certains physiologistes, pour mesurer le travail par l'évaluation des gaz échangés à la respiration, donne des résultats encore inexacts. — Par empirisme et par tâtonnements, l'ouvrier a trouvé le procédé le plus commode et le moins pénible pour produire un travail donné. — L'incompétence ministérielle et les utopistes. — La pédagogie technique est toute entière à créer*

Quand on suit l'évolution des outils depuis leur origine, on constate que, dès le début de l'industrie préhistorique, l'homme a toujours cherché à économiser sa peine.

Lorsque, pour un travail déterminé, l'ouvrier a été en possession de l'outil primitif, il s'est ingénié, en l'utilisant, à le modifier constamment par des améliorations successives afin de faire mieux avec moins de fatigue. J'ai pu exposer cette loi absolue de l'industrie dans une récente étude sur l'origine et l'évolution des outils (1).

L'invention des machines comme: le levier pour soulever les fardeaux, le rouleau pour les déplacer, etc., est la conséquence de cette loi économique, qui n'a pas échappé aux auteurs des temps anciens, tel que Vitruve, et aux auteurs du moyen-âge, tel que Villard de Honnecourt.

En cherchant à diminuer la fatigue causée par un travail quelconque, l'homme s'est naturellement orienté vers la solution du problème connexe qui est la réduction du nombre d'ouvriers nécessaires pour l'exécution d'un travail donné.

Par exemple, Léonard de Vinci, en nous indiquant un procédé de découpage des monnaies à l'aide de l'emporte-pièce, a bien soin de faire remarquer que l'exécution du travail est plus parfaite et qu'en même temps il y a *économie de main-d'œuvre*, car ce procédé « épargne l'homme qui coupe et pèse, ainsi que l'homme qui fait les monnaies rondes ».

Bélidor (1) insiste sur l'importance d'une très légère modification apportée par Pollart au mouton à pilotis, permettant de réduire à 16 le nombre d'ouvriers qui était primitivement de 20.

De nombreux volumes seraient nécessaires pour décrire toutes ces modifications qui, en somme, constituent l'évolution de la technique industrielle, évolution dont l'un des stades les plus récents est ce que l'on a appelé le *système Taylor*.

(1) Ch. Fremont : *Origine et évolution des Outils.* — Mémoire publié par la Société d'Encouragement par l'Industrie Nationale, 1913.

(1) Voir Bélidor : *Architecture hydraulique*, t. III, p. 110.

Digitized by Google

Il appartient à de plus autorisés de donner le détail complet de la méthode telle qu'elle est appliquée aux Etats-Unis(1).

De plus compétents nous diront aussi si la méthode américaine doit être importée de toutes pièces ou si elle doit être modifiée pour s'adapter à nos besoins, en tenant compte de la différence de races, de mœurs et de besoins industriels.

Le but de cet article est plus modeste : je me propose, en effet, d'examiner seulement la méthode au point de vue de l'évolution industrielle et des interprétations, plus ou moins erronées à mon avis, auxquelles elle a pu donner lieu.

Il me semble, en effet, à la lecture de divers articles de journaux et de revues, que beaucoup de personnes s'imaginent qu'il s'agit d'une méthode absolument nouvelle, transformant complètement nos façons de procéder et se basant sur des principes en opposition avec nos principes actuels.

Je voudrais simplement m. ntrer que Taylor et ses collaborateurs qui n'ont pas, d'ailleurs, la moindre prétention à une invention dans le sens absolu du mot, ont créé et adapté aux besoins actuels une méthode économique qui fait bien partie de l'évolution, ce qui lui donne sa force et sa valeur. Il s'ensuit que la méthode s'imposera fatalement parce qu'elle fait partie intégrante d'une loi naturelle et que le mérite de Taylor et de ses collaborateurs est d'autant plus grand qu'ils ont su, — volontairement ou instinctivement — la mettre au point et lui donner la vie en l'appliquant avec succès.

Mais nous savons par contre que, dans l'évolution, bien des individus ne sont pas aptes à s'adapter au nouveau milieu et qu'ils sont appelés inévitablement à disparaître. La *concurrence économique* suit la même loi que la *concurrence vitale.*

Qu'est donc exactement le *système Taylor* ?

A cette question, M. H. Le Chatelier répond d'une façon absolument nette et précise (2) :

« C'est l'organisation scientifique du travail, c'est-à-dire l'ap-
« plication des méthodes scientifiques les plus rigoureuses au
« problème de la production industrielle. Cette méthode scien-
« tifique consiste à rechercher systématiquement, à énumé-
« rer complètement, puis à mesurer exactement les diffé-
« rentes conditions déterminant les facteurs du résultat
« cherché .... »

Le nombre des facteurs et « sous-facteurs » à mettre en ligne est donc considérable. La science du monde réel, la science industrielle doit, pour atteindre des buts pratiques, faire converger dans chaque cas particulier un très grand nombre des études partielles de la science pure.

Cette *convergence* constitue *le but essentiel* de l'œuvre poursuivie par Taylor.

Je dois donc montrer, tout d'abord, que cette convergence de la science pure est bien en accord avec l'évolution industrielle. Pour cela, il me suffira de rappeler qu'à la fin du XVII^e siècle, l'Académie Royale des Sciences, à peine fondée, conçut le projet d'examiner et de décrire successivement toutes les opérations des arts mécaniques, persuadée que ce travail pouvait également contribuer à leur progrès et à celui des sciences (3).

« Ne doit-on pas attendre de nouveaux degrés de perfection
« dans les arts, lorsque des savants exercés sur les différentes
« parties de la physique se donneront la peine d'étudier et de
« développer les opérations souvent ingénieuses que l'artiste exé-
« cute dans son atelier, lorsqu'ils verront par eux-mêmes les be-
« soins de l'art, les bornes où il s'arrête, les difficultés qui
« l'empêchent d'aller plus loin, les secours qu'on peut faire pas-
« ser d'un art dans un autre, et que l'ouvrier est rarement à
« portée de connaître. Le géomètre, le mécanicien, le chimiste,
« donneront des vues à l'artiste intelligent pour surmonter les
« obstacles qu'il n'a point osé franchir. Ils le mettront sur la
« voie pour inventer des nouveautés utiles ; en même temps, ils
« apprendront de lui quelles sont les parties de la théorie
« auxquelles il faudrait s'appliquer davantage pour éclai er la
« pratique, et pour assujettir à des règles sûres, un nombre d'opé-
« rations délicates qui dépendent de la justesse du coup d'œil,
« ou d'un tour de main, et dont la réussite n'est que trop sou-
« vent incertaine ».

Les documents accumulés, pendant plus d'un demi-siècle, par les soins de l'Académie furent, en 1759, distribués aux membres plus spécialement désignés par leurs études particulières et, dès 1761, commença la publication magistrale de la Description des Arts et Métiers, de « Messieurs de l'Académie ».

Il nous suffira d'en rappeler les principaux mémoires :

La métallurgie, par de Réaumur, Courtivron et Bouchu; *Les mines*, par Morand ; *Les étoffes*, par Paulet et Roland de la Platière ; *Le tour*, par Hulot ; *La menuiserie*, par Roubo ; *La serrurerie*, par Duhamel du Monceau; *La broderie*, par de Saint-Aubin; *Les orgues*, par Dom Bédos de Celles, etc.

Ces œuvres sont encore recherchées et consultées avec intérêt.

L'Académie des Sciences, dès la fin du XVII^e siècle, a donc pensé que la *science pure* devait éclairer la *science industrielle* et chercher à résoudre les problèmes que cette dernière soulève dans son évolution.

J'ai cité comme exemple l'Académie des Sciences tant pour son importance que pour sa situation officielle, mais ses travaux montrent seulement une tendance d'esprit générale que l'on retrouve du reste dans les ouvrages de Vauban, Bélidor, Grignon etc., et dans *l'Encyclopédie.*

Non seulement cette convergence de la science pure vers la technique industrielle concorde bien avec l'évolution industrielle, mais bien avant les travaux de Taylor, elle avait abouti au *chronomètrage* et à l'étude du travail effectué par l'homme pour la détermination du *facteur humain.*

Chronométrage.

Il est assez curieux de constater que le premier chronométrage décrit ait été effectué vers la fin du XVII^e siècle, dans l'intérêt même des ouvriers et pour permettre d'établir avec justice un salaire approprié alors que celui qui leur était alloué paraissait insuffisant.

Un règlement fait à Strasbourg le 2 juin 1688 avait attribué des tarifs insuffisants pour certaines parties de travaux de terrassement militaire (1). Le maréchal de Vauban mit la question à l'étude et se basant sur « l'expérience faite et plusieurs fois réitérée » relative au transport des terres à la brouette, arriva à la conclusion suivante :

Un homme, dans son travail journalier, peut transporter dans une brouette, 14 mètres cubes 79 de terre à 29 mètres 226 de distance ; il porte cette masse de terre en cinq cents voyages ; il parcourt donc chargé 14 kilomètres 613, et une distance égale en ramenant la brouette vide (2). Grâce à son chronomètrage. Vauban put établir des prix sur une base satisfaisante pour rétribuer le travail fourni.

(1) M. de Fréminville, qui a étudié en Amérique le système Taylor, l'exposera en détails dans une prochaine conférence de *La Technique Moderne.*

(2) Voir *La Technique Moderne,* t. VI, n° 12 (15 juin 1913), p. 449.

(3) *Description des Arts et Métiers de Messieurs de l'Académie Royale des Sciences.* — Avertissement, p. 1.

(1) Bélidor : *La science des Ingénieurs,* Paris, 1729, Livre III, p. 39.

(2) Coulomb : *Mémoire sur la force des hommes,* p. 280. Vauban s'étant servi des mesures de son temps, Coulomb les a réduites en mesures modernes. Les décimales résultent de ce calcul et ne sont donc pas le fait d'une précision que le sujet ne comporte pas.

Digitized by Google

Bélidor (1) nous a donné, parmi de nombreux renseignements, un type classique de chronométrage, à propos de l'enfoncement des pilotis. Taylor ne renierait pas ce chronomètrage car il est parfait (2).

voici quelques détails ſur la maniere d'eſtimer le tems & la dépenſe que pourra cauſer l'enfoncement d'un certain nombre de pilots, ſelon la qualité du terrein où il faudra les planter.

Détail pour eſtimer le tems & la dépenſe que pourra cauſer l'enfoncement des pilots.

201. On ſuppoſe qu'après avoir ſondé le fond où l'on veut travailler, on a trouvé qu'il changeoit de nature par 4 bancs différens, mais paralleles, ſur la profondeur de 16 pieds de fiche: que le premier banc a 3 pieds de hauteur réduite, où la ſonde s'eſt enfoncée de 15 pouces par volée de 30 percuſſions chacune, d'un mouton peſant 800 livres: que le ſecond banc s'eſt trouvé de 6 pieds d'épaiſſeur, où la ſonde s'eſt enfoncée de 6 à 9 pouces; & de 2 à 3 ſeulement, lorſque la même ſonde a rencontré des croûtes: qu'au troiſieme banc, d'environ 4 pieds 6 pouces d'épaiſſeur, la ſonde ne s'eſt enfoncée que de 4 pouces par volée: enfin que le quatrieme banc, où l'on ſe propoſe de faire entrer le pilot de 3 pieds, la ſonde n'y a pu pénétrer que d'un pouce & demi par volée.

Il faut une minute vingt ſecondes pour chaque volée de trente percuſſions, autant pour reprendre haleine; à quoi ajoutant vingt ſecondes pour le tems que l'on perd, font enſemble trois minutes pour chaque volée.

Pour déplacer la ſonnette & mettre un pilot en ſituation d'être enfoncé, il faut	18m	6f
Pour le dreſſer lorſqu'il eſt déverſé, & y mettre des toiſes	6	0
Pour le premier banc il faut deux volées & douze percuſſions: comme chaque volée produit un enfoncement de 15 pouces, il faudra donc pour traverſer ce premier banc, ...	6	32
Pour le ſecond banc il faut 14 volées & 12 percuſſions; réduiſant chaque volée à 5 pouces d'enfoncement, il faudra pour cette ſeconde opération, .	42	32

Pour le troiſieme banc il faut 13 volées & 15 percuſſions: que ſi l'on réduit chaque volée à l'enfoncement de 4 pouces, il faudra pour cette troiſieme opération, ...	40m	30f
Enfin pour le quatrieme banc il faut 24 volées, chacune enfonçant d'un pouce & demi le pilot, ce qui fait pour la quatrieme opération, ...	72	0
TOTAL DU TEMS. . . .	185	34

Il ſuit donc que, pour enfoncer un pilot de 16 pieds de fiche dans un terrein tel qu'on le ſuppoſe ici, il faut trois heures 5 minutes & 34 ſecondes.

Si l'on bat les pilots jour & nuit, pour diminuer la dépenſe des épuiſemens, ce qui fait 20 heures de travail effectif, que nous réduiſons à 18 heures 32 minutes & 24 ſecondes, à cauſe que la nuit les ouvriers ſe relâchent par l'accablement du ſommeil, on voit que chaque ſonnette ne pourra enfoncer que 6 pilots dans les 24 heures.

Une ſonnette tirée par la force de 16 hommes, payés chacun à raiſon de 20 ſols par jour & autant pour la nuit, conduits par deux compagnons charpentiers qui gagnent chacun 36 ſols par jour & autant la nuit, ne pouvant enfoncer que 6 pilots, l'un portant l'autre, le battage de chacun reviendra à 6 liv. 10 ſ. 8 d.

Joignant à cette ſomme ce qu'il en coûtera pour armer un pilot de ſon ſabot, l'affûter & le dreſſer, le tranſporter à l'endroit où il doit être battu, le réceper & le mettre au niveau des autres, enfin l'encaſtrer avec la piece dont il doit être couronné, on ſaura au juſte à combien reviendra la main d'œuvre. Alors, prévenu de ce qu'il en coûtera à l'entrepreneur, on ſera en état de lui paſſer un marché proportionné aux frais qu'il ſera obligé de faire. Si l'on entre dans de pareils détails à l'égard de chaque eſpece d'ouvrage, en lui accordant, ſelon la regle ordinaire, un dixieme en ſus pour les faux frais qui ſont à ſa charge, & le dédommager de ſes peines, l'on en connoîtra aſſez exactement le prix pour pouvoir ſe conduire en conſéquence.

(1) BÉLIDOR : *Architecture hydraulique,* Paris, 1750, t. III, p. 111.

(2) Nous donnons ici une reproduction photographique du texte original.

Vers la fin du XVIIIe siècle, Coulomb, qui poursuivit des expériences minutieuses sur la force des hommes, résume ainsi certaines de ses conclusions :

« La distribution du travail de l'homme varie suivant la nature « du travail, l'état, la saison, etc. ; mais un bon ouvrier emploie « toutes les parties de son action d'une manière utile. Il cite com- « me exemple le laboureur et constate qu'un mauvais laboureur, « quoique très vigoureux, laisse tomber à chaque coup de bèche « la partie supérieure de son corps plus qu'il n'est nécessaire « pour enfoncer la bèche, et n'étant pas adroit à retourner la » terre, il l'élève souvent plus qu'il ne faut, et il consomme ainsi

FIG. 1. — Pression des épis par le saut de l'ouvrier. (Chez les anciens Egyptiens.)

« en pure perte une partie de son action ; d'où résulte qu'à fatigue « égale, en donnant une façon moins bonne à la terre, il en « laboure une moindre étendue.

« Dans cet état (du laboureur) comme dans tous les autres, « lorsque l'observateur veut se procurer les éléments néces- « saires pour établir le calcul de l'action des hommes, il faut « suivre un bon ouvrier payé à la pièce ; mais en même temps, « pour ne pas influer sur son travail momentané, il ne faut pas « qu'il sache qu'il est observé (1). »

C'est là un conseil qu'il est bon de suivre pour chronométrer.

Je suis obligé de restreindre le nombre des exemples ; mais il me paraît toutefois indispensable de citer, encore, une note empruntée au général Poncelet, qui fut un illustre mécanicien, sur les *Considérations relatives à la fatigue journalière* (2) : « Les « moteurs animés peuvent être considérés en eux-mêmes, com- « me des réservoirs de travail ou d'action susceptibles d'être « épuisés plus ou moins rapidement, et qui ont besoin d'être « entretenus et renouvelés fréquemment. Or, le degré de fati- « gue éprouvé par de pareils moteurs, semble être directement « proportionnel à la diminution de la quantité d'action inté- « rieure qui est propre à chacun d'eux : c'est ce degré de fatigue « qu'on paie réellement dans les divers travaux qui ne réclament « ni une adresse, ni une intelligence particulières et il est, en « un mot, l'un des éléments essentiels du prix de la journée dans « chaque pays.

« *On voit donc que, pour l'industriel, le chef de fabrique, la « question n'est pas de faire produire chaque jour, aux hommes « et aux animaux, la plus grande quantité de travail mécanique « absolue, au risque de compromettre leur santé, mais bien d'utiliser « de la manière la plus avantageuse possible, toute la part d'action « intérieure que la nourriture et le repos rendent disponibles, ou, « comme on l'a déjà dit en d'autres termes, la véritable question est « de rendre le produit* PVT^{km} *un* maximum, *à égalité de fatigue « journalière.* »

Le général Poncelet définit ici, d'une façon remarquable, le

(1) COULOMB : *Mémoire sur la force des hommes,* p. 292, lu à l'Académie le 24 février 1798.

(2) Généra PONCELET : *Introduction à la mécanique industrielle,* Metz, 1835.

Digitized by Google

but souvent mal interprété du chronométrage : *chercher à obtenir le rendement maximum à égalité de fatigue journalière*, c'est-à-dire chercher à utiliser le plus rationnellement possible le travail de l'homme sans compromettre la santé de l'ouvrier. Le chronométrage doit donc être accompagné d'une connaissance approfondie du travail humain, dont l'étude très délicate conduit parfois — de nos jours encore — à des conclusions erronées comme nous le verrons plus loin.

Travail de l'homme.

L'ouvrier, pour l'utilisation de ses efforts, a suivi instinctivement la loi de la moindre fatigue tout comme pour l'utilisation de ses outils.

Dès le début et par empirisme, il s'est ingénié à trouver le mode d'action qui, pour un travail déterminé, lui donne le moins de peine, le moins de fatigue.

Afin d'obtenir un *effort instantané* plus grand que ne pourrait le produire un effort par *pression statique*, l'homme a utilisé le choc. Aussi voit-on, sur des peintures des anciens Egyptiens, que, pour presser des épis après la récolte, l'ouvrier saute pour retomber et produire ainsi, par *travail dynamique*, un effort momentané très supérieur à celui que produirait son poids par *pression statique*. La figure 1, reproduite d'après Flinders Petrie, montre bien l'utilisation de ce procédé.

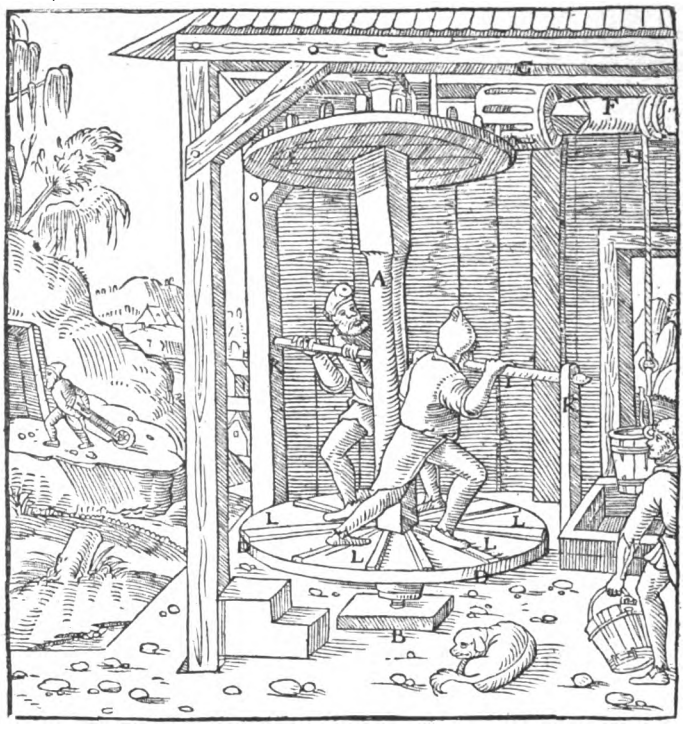


Fig. 2. — Production de l'énergie par le travail des jambes de l'ouvrier. (Agricola, XVI^e siècle.)

De même, un autre mode d'opération, qui donne le meilleur rendement, est celui qui consiste à produire l'énergie nécessaire par le travail des jambes. Ce mode de travail a été utilisé par l'homme qui grimpe aux échelons d'une roue (extérieurement ou intérieurement): c'est la roue des carriers ; soit en poussant avec les jambes et en s'appuyant avec les mains, comme le représente la figure 2.

Si l'empirisme a permis, autrefois, de trouver les modes de travailler les plus avantageux, ce ne fut qu'à la suite de nombreux tâtonnements qui, plus tard, ont fait place à une étude expérimentale du travail de l'homme dans l'espoir d'arriver plus rapidement et plus sûrement au résultat cherché.

Léonard de Vinci semble être le premier, qui ait mesuré l'effort produit par l'homme. Les figures 3 et 4, reproduites d'après ses manuscrits, montrent l'homme tirant des bras, poussant du dos et des pieds, pour équilibrer des poids attachés à l'extrémité de cordes passant sur des poulies de renvoi. Les chiffres qu'il donne paraissent se rapporter à ses propres efforts, car il a ajouté en note : « Pour moi ».

Dans le cours de Physique de Desaguliers, qui date du commencement du XVIII^e siècle, on voit des dynamomètres destinés à mesurer l'effort maximum de l'homme, opérant de diverses manières, cet effort étant chaque fois équilibré par une balance romaine, comme le montrent les figures 5 et 6.

Enfin, on a cherché à appliquer au travail humain les principes généraux de la mécanique, ce qui n'a pas été sans entraîner de nombreuses erreurs par suite de l'ignorance où l'on se trouvait vis-à-vis d'un facteur extrêmement important en bioénergétique : la *fatigue*.

Quelques auteurs — et en particulier Daniel Bernouilli est du nombre — ont pensé que pourvu qu'on n'outrepassât pas les forces naturelles, on pouvait varier à volonté l'effort, la vitesse et la durée de leur action, et qu'une même « quantité d'action » exercée dans un jour produisait toujours un même degré de fatigue. En d'autres termes, un homme, à quelque genre de travaux qu'on l'employât, ressentait toujours la même fatigue, quand son travail représentait la même « quantité d'action ». Daniel Bernouilli l'évaluait d'ailleurs à 20 livres × 3 pieds, ce qui représente, dans le système C. G. S. moderne, 9,55 kilogrammètres par seconde ; c'est la quantité d'action qu'un homme pouvait fournir en travaillant 8 heures par jour, soit pour la quantité d'action journalière : 275 000 kilogrammètres.

Des recherches plus exactes, effectuées par Coulomb, ont fait rejeter ces notions systématiques, et montré clairement que la fatigue des animaux — si la quantité d'action demeurait la même — variait considérablement suivant la nature du travail auquel ils étaient employés. Coulomb fait remarquer, par exemple, qu'un homme dont le travail consiste à élever le poids de son corps au haut d'un escalier, peut produire dans un jour une quantité d'action égale à 205 000 kilogrammètres, tandis que le même homme employé à élever des poids au moyen d'une corde passant sur une poulie, n'en produira qu'une quantité égale à 71 000 kilogrammètres seulement. Cette différence de rendement paraît excessive, mais si l'on y réfléchit, on se rend bien compte qu'il est relativement plus facile à un individu de monter plusieurs étages d'un escalier que de se hisser à la même hauteur à la force du poignet sur une corde lisse.

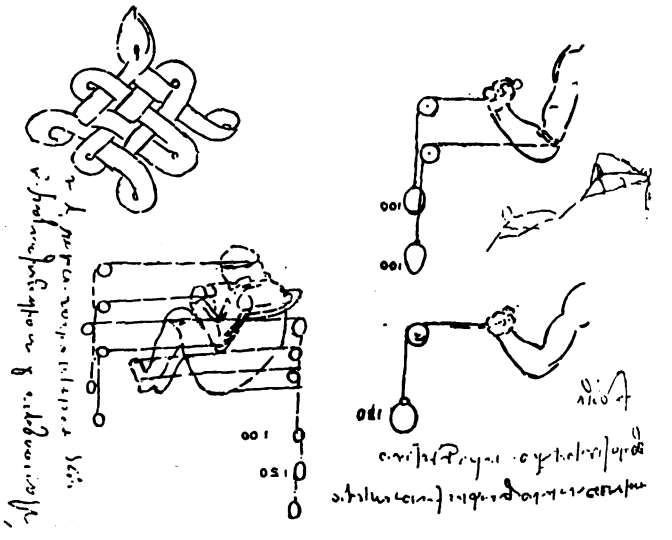


Fig. 3 et 4. — Mesure de la force de l'homme. (Manuscrits de Léonard de Vinci, XV^e siècle.)

Aussi, pour diminuer la fatigue de leurs ouvriers, certains industriels bien avisés, ont actionné leurs machines en faisant agir les hommes par leur poids. Désaguliers nous montre, en effet (fig. 7), une pompe à incendie anglaise de Richard Newsham, mécanicien à Cloth-Fair, qui se manœuvre par le poids

Digitized by Google

d'hommes se portant alternativement d'une jambe sur l'autre, leurs pieds étant placés sur deux leviers opposés.

Rappelons que le capitaine de génie Coignet eut un grand succès aux travaux de terrassement du fort de Vincennes, lorsqu'il obtint un rendement très élevé en se servant du poids des hommes pour élever des brouettes chargées de terre. On conçoit bien, en effet, que le problème de la recherche de la moindre fatigue soit intimement lié au problème de la recherche du meilleur rendement; mais cette fatigue, pour des travaux différents, semble au premier abord, n'avoir aucun rapport avec la quantité d'énergie dépensée.

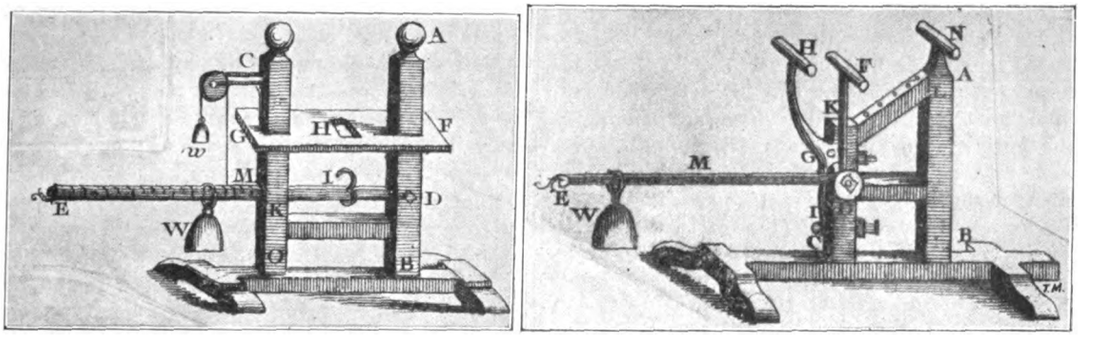


Fig. 5 et 6. — Dynamomètres pour mesurer, à l'aide d'une balance romaine, divers efforts de l'ouvrier (XVIIIe siècle).

Si, par exemple, on cherche à évaluer les efforts des hommes sur des outils ou des machines et à étudier comment ces efforts se répartissent, on constate que des dépenses relativement faibles d'énergie, occasionnent, dans certains cas, une fatigue comparativement excessive. Ainsi, dans certains essais de perçage de bois, à la mèche, que j'ai effectués moi-même, l'effort maximum de poussée sur l'outil a été de 50 kg; la profondeur du trou percé en 8 secondes ayant été de 23mm, le travail est ainsi de 0,14 kgm par seconde. Cette quantité est insignifiante et représente le quarantième du travail dépensé sur la soie du vilebrequin, mais, néanmoins, ce travail occasionne pour l'ouvrier une très grande fatigue et influe sur la quantité d'énergie qu'il peut dépenser pour faire tourner l'outil (1).

C'est d'ailleurs pour éviter cette fatigue qu'un ouvrier fort ingénieux eut l'idée, il y a quelque cinq cents ans, d'adapter ce que l'on appelle vulgairement la « queue de cochon » à l'extrémité des mèches, vrilles, tarières, etc.

Il y a donc certaines opérations industrielles qui occasionnent, pour l'ouvrier qui les exécute, une fatigue plus grande que celle qu'implique la dépense d'énergie indiquée par le calcul, comme nous venons de le voir par ce qui précède.

Il y a aussi des cas où le calcul n'indique aucune dépense de travail et cependant il y a fatigue : c'est ce qui se produit lorsqu'un ouvrier porte une charge sur lui *sans se déplacer*.

Enfin, il y a même des cas où le calcul donne une valeur d'énergie négative et cependant, il y a fatigue. Ainsi, un ouvrier gravissant une pente ou un escalier, produit, comme chacun sait, une quantité de travail égale au produit de son poids par la hauteur à laquelle il s'est élevé. Si pour descendre, il se place sur un plateau équilibré par un autre plateau chargé, l'ouvrier restituera dans la descente la quantité d'énergie qu'il a produite par sa montée (sauf, bien entendu, celle qui est absorbée par les frottements). Mais si cet ouvrier descend sur ses jambes, non seulement il ne restituera pas cette quantité d'énergie, mais il se fatiguera à nouveau.

Il y a donc bien, dans l'exécution du travail industriel, certaines actions de l'ouvrier dont la fatigue occasionnée ne peut être mesurée par les procédés habituellement employés.

Il faut distinguer deux degrés dans cette fatigue : la fatigue *rationnelle* que l'on pourrait même appeler hygiénique (résultat d'un travail normal en rapport avec la force de l'homme), et la fatigue *excessive* qui dépasse la limite admise. Pour constater cette fatigue pathologique, les physiologistes se servent du sphygmomètre de Marey, dont le type le plus récent est l'oscillomètre de V. Pachon. Cet appareil permet de mesurer les oscillations de la pression artérielle. Cette fatigue excessive ne se rencontre généralement pas dans nos ateliers, tandis que la fatigue normale se manifeste à tous les instants. On a donc compris qu'il y avait un grand intérêt à évaluer cette dernière et, pour cela, les physiologistes ont eu recours à une méthode basée sur la mesure des gaz échangés à la respiration, les procédés habituels de mesures mécaniques se trouvant insuffisants.

M. Lefèvre, en se plaçant au point de la bioénergétique musculaire, à propos du calcul de l'équivalent moteur du travail résistant et du travail total, s'exprime ainsi (1) :

« Selon les règles de la Mécanique, la somme algébrique des « travaux accomplis dans le va-et-vient — montée et descente — « d'une charge est nulle.

« Ces deux travaux, « égaux et de signes « contraires, se détruisent. Physiologiquement, au contraire, « ils ont exigé l'un et « l'autre une certaine « dépense : au lieu de « se retrancher, leurs « dépenses bioénergétiques s'ajoutent « donc; elles s'ajoutent, « mais elles ne sont « pas égales pour cela, « car la dépense du travail résistant ne « présente qu'une fraction de la dépense du « travail moteur correspondant. Par définition, on appellera « *équivalent énergétique moteur d'un travail résistant le travail moteur qui dépenserait la même énergie que ce travail résistant.*

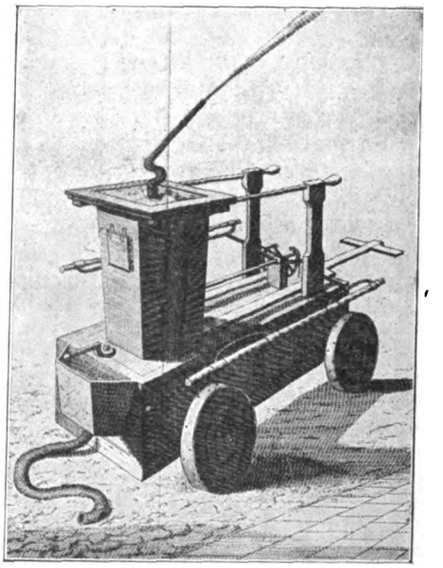


Fig. 7. — Pompe à incendie anglaise manœuvrée par le poids des hommes (XVIIIe siècle).

« Le rendement du travail négatif étant à peu près le double de « celui du travail positif, son équivalent moteur sera représenté « par la moitié de sa valeur absolue.

« Par exemple, le travail de descente d'une montagne étant de « — 200 000 kgm, son équivalent moteur se réduira à + 100 000 « kgm. Après avoir successivement ascensionné et redescendu « cette montagne, on aura donc dépensé la même énergie que « si l'on avait effectué 300 000 kgm de travail moteur ; et l'on « dira que le travail de 200 000 kgm de montée et — 200 000 kgm « de descente, nul au point de vue mécanique, est bioénergétiquement équivalent à 300 000 kgm.

(1) Ch. Fremont : *Origine et évolution des outils*, p. 89.

(1) *Revue Générale des Sciences*, 15 octobre 1912.

Digitized by Google

Je ne crois pas à l'exactitude de cette formule, d'abord parce que les résultats pratiques varient avec les différents cas; c'est ainsi qu'à certaines descentes d'une échelle, l'ouvrier fatigue au moins autant qu'à la montée correspondante et parfois même le temps nécessité à la descente est plus long que celui de la montée.

Ensuite parce qu'il est facile à chacun de se convaincre de cette inexactitude : il suffit en effet de monter un escalier le plus rapidement possible, puis, après une longue période de repos, de descendre le plus rapidement possible, et de comparer le temps et la fatigue ressentie dans les deux opérations. J'ai monté le plus rapidement possible un escalier de 5 étages de chacun 21 marches hautes de 16 cm. A ma montre, j'ai constaté qu'il me fallait à peu près 10 secondes pour arriver au 1er étage ; 21 secondes au 2e étage ; 32 secondes au 3e ; 45 secondes au 4e; et enfin 62 secondes pour atteindre le 5e étage.

Quand je suis arrivé au sommet, la fatigue était tellement grande, qu'il m'eût été impossible de continuer l'ascension. Le graphique de la figure 8 montre d'ailleurs, par le ralentissement progressif, que l'ascension à cette vitesse était bien la limite qu'il m'était possible d'atteindre, et que j'étais dans l'obligation de cesser à bref délai.

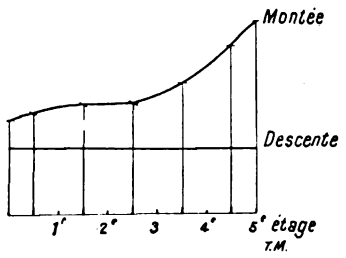


FIG. 8. — Graphique du travail produit pendant l'ascension et pendant la descente d'un escalier.
En *abscisses* : la hauteur pa courue.
En *ordonnées* : le temps employé.

A la descente, après un assez long repos, j'ai mis 33 secondes *sans ralentissement sensible*, et sans aucune fatigue appréciable et j'aurais pu continuer encore cette descente.

La différence dans la fatigue par la montée et celle par la descente est tellement grande qu'il est inutile de l'évaluer. Cette différence apparaît d'ailleurs nettement à l'inspection des graphiques représentés sur la figure 8.

Dans son livre « Chaleur et Bioénergétique, » M. J. Lefèvre nous dit encore (p. 800) :

« A la fin d'une laborieuse journée de montagne, la descente « du pic du Midi à Luz-Saint-Sauveur est effectuée entre 4 et « 6 heures du soir.

« Cela répond à 2 080 kgm par minute et cette puissance a été « maintenue 2 heures. »'

Cela ferait 34 *kgm* 66 *par seconde pendant* 2 *heures, après une journée de grande fatigue.*

La formule donne manifestement des résultats inexacts, et l'évaluation du travail résistant par la mesure des gaz échangés à la respiration (qui est la base de cette formule) est certainement fausse.

Il est beaucoup plus pratique et surtout beaucoup plus exact de tracer le graphique du travail mécanique comme le montre la figure 8; le ralentissement, dans l'allure ou dans la production, indique bien la fatigue, et *si l'opérateur simule*, il ne peut le faire régulièrement, et les à coups du graphique le montrent clairement.

Les difficultés rencontrées dans l'étude d'un travail aussi simple qu'une ascension ou une descente, font préjuger de celles auxquelles on doit se heurter lorsqu'il s'agit du travail d'un ouvrier à l'atelier.

Je me suis proposé, après l'Exposition de 1889, d'étudier la technologie industrielle, plus particulièrement celle du mécanicien et des professions similaires.

J'ai indiqué, en 1891, la quantité de travail dépensé en donnant des coups de marteau (1).

En 1894, j'ai commencé des expériences dans le laboratoire de mon regretté maître et ami le Dr Marey : j'ai pu notamment, avant que les cinématographes fussent dans le commerce, photographier sur de longues bandes et reproduire à l'impression toutes les poses successives du forgeron et de son frappeur (1).

J'ai continué l'étude du marteau à propos des spécialités : le rivetage en 1906 et le clouage en 1912.

J'ai donné récemment la quantité de travail dépensée par l'ouvrier actionnant un archet pour percer.

J'ai résumé, d'après plus de 900 diagrammes enregistrés, le travail de l'ouvrier agissant sur un tourne-à-gauche, puis sur un vilebrequin pour percer divers bois avec la plupart des mèches actuellement en usage; j'ai évalué aussi le travail effectué sur un tournevis au fût pour visser et pour dévisser (2).

Je donnerai prochainement, à propos de monographies techniques sur le choc, la scie, la soufflerie, la lime etc., les résultats de nombreux essais actuellement terminés ou en voie d'achèvement.

Dans toutes ces expériences sur le travail manuel, je n'ai rien remarqué qui puisse modifier sensiblement les procédés actuels de l'ouvrier, parce que, par de longs tâtonnements, il a trouvé instinctivement ce qui lui était le plus commode, le moins pénible. Je crois cependant qu'il est utile de publier ces résultats, non seulement pour compléter nos connaissances techniques, mais aussi pour renseigner les ingénieurs appelés à calculer des machines nouvelles, dans le but de suppléer au travail manuel insuffisant et surtout pour servir à la création de la *pédagogie technique*, dont le besoin est de plus en plus urgent.

C'est sans doute dans l'espoir de servir la même cause que quelques auteurs contemporains ont publié leurs observations sur des sujets analogues.

C'est ainsi que M. Jules Amar, par exemple, a présenté à l'Académie des Sciences, le 18 novembre 1912, une note intitulée : « Les lois du travail professionnel : expériences sur l'art du limeur. » Les détails des expériences ont été donnés dans plusieurs publications (3).

Appliquant les méthodes d'expérimentation de Marey, M. J. Amar a construit une lime dynamométrique pour mesurer les efforts effectués sur l'outil par le limeur.

Parmi ces efforts, deux sont particulièrement utiles à connaître: ce sont ceux des *pressions* effectuées par chacune des mains, à chaque point du parcours, en appuyant sur la lime, pendant l'aller (au retour la lime ne travaille pas). Il importe d'avoir cette mesure avec une exactitude suffisante, sinon avec précision, parce que, en la comparant à la mesure des efforts de *poussée*, on obtient la *valeur de la lime* au point de vue du rendement.

Or, pour obtenir la mesure de chacun des deux efforts de pression, pour faire pénétrer les dents de la lime dans le métal, M. J. Amar mesure l'effort de la main gauche avec sa lime; comme celle-ci n'est pas établie pour donner la mesure de l'effort correspondant de la main droite, il faut la déduire de la mesure de la pression totale exercée par les deux mains.

Pour obtenir cette pression totale, avec la lime de M. Amar, la pièce à limer n'est pas serrée dans l'étau : elle repose sur un ressort à boudin, et tout le mécanisme dynamométrique (enfermé dans une boîte en bois que l'on serre dans l'étau), est protégé par un couvercle contre les projections de limaille. Or, c'est là, à notre avis, une installation défectueuse, qui ne peut donner que des résultats inexacts.

En effet; la pièce limée devant glisser latéralement contre le couvercle (destiné à empêcher la limaille de tomber dans le méca-

(1) *L'Enclume*, 23 avril 1891. — Travail produit par les forgerons.

(1) *Le Monde Moderne*, février 1895.

(2) *Origine et évolution des outils.* (Publication de la Société d'encouragement, 1913).

(3) *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 15 janvier 1913; *Revue de Métallurgie*, juillet 1913; *La Technique Moderne*, t. VII, N° 4 (15 août 1913), p. 113.

Digitized by Google

nisme), entraîne fatalement des parcelles de cette limaille et si faible que soit le jeu indispensable, il y a toujours, sous l'effort de poussée de la lime, un frottement parasitaire qui peut être *relativement* très élevé et que rien n'indique.

C'est probablement pour réduire l'erreur due à cette cause, que les essais ont été effectués avec une *lime demi-douce*, opérant sur du *laiton*.

Avec la lime douce, l'ouvrier ne peut appuyer que légèrement et l'effort de poussée est par conséquent assez faible.

Or, il est bien évident qu'une étude minutieuse sur le travail du limeur ne peut être faite qu'avec une lime qui *débite le plus possible de limaille*, une lime à *taille rude* (soit de une ou de deux au paquet).

Une lime sur laquelle l'ouvrier ne peut pas appuyer de tout l'effort dont il est capable, ne peut être utilisée que pour un cas spécial.

En outre, une telle expérience doit être effectuée en limant de *l'acier* d'une dureté déterminée, par exemple l'*acier doux* de 40 à 50 kg de résistance, qui est le plus employé dans l'industrie. Le cuivre et ses alliages nécessitent une lime d'une *taille spéciale* pour ne pas « bourrer » et exigent un effort de poussée variant pour la même lime et sous la même pression du simple au *double* suivant l'alliage.

Si les mesures du travail effectué dans ces conditions sont sans aucune valeur pratique, les mesures de la dépense d'énergie, évaluées d'après la consommation respiratoire d'oxygène, et l'équivalent thermique du litre d'oxygène, ne méritent pas plus de confiance, ainsi que nous l'avons montré précédemment en discutant les indications fournies par M. Lefèvre.

Quant à la *valeur* de la lime employée, M. J. Amar nous dit qu'elle était de bonne trempe et sans trace de déformations.

Pour montrer qu'elle était de bonne trempe, il eût fallu faire des essais de durée et de débit dont M. J. Amar ne nous parle pas. Il ne faut donc pas s'étonner des deux conclusions principales que M. J. Amar a pu tirer de ses expériences et que voici :

« 1° Le poids de limaille enlevée est généralement proportion-
« nel au travail mécanique de l'outil, produit de la longueur uti-
« lisée (0m,26) par la somme des composantes horizontales et des
« efforts musculaires.

« 2° Les conditions du rendement maximum sont : corps de
« l'ouvrier *bien droit* et sans raideur, distant de 0m,20 de l'étau,
« et ce dernier au niveau de l'ombilic ; position des pieds telle
« que leur angle d'ouverture soit de 68° et la distance des talons
« égale à 0m,25 (pour l'adulte), bras gauche en complète exten-
« sion et appuyant sur l'outil un peu plus que le bras droit :
« 7 kg 500 et 8 kg 500 avec un effort utile de 8 kg; retours à vide
« de la lime par un glissement léger et rythme de 70 pour les
« mouvements ».

Ces conclusions sont manifestement inexactes.

Les efforts sur la lime sont en pratique beaucoup plus élevés que ceux indiqués par M. J. Amar, ainsi sur des milliers d'essais de coups de lime enregistrés et mesurés, je donne comme étant bien typique un essai qui a donné les résultats suivants :

Par la main gauche.	Pression d'appui	2kg8 à 10kg1
	Effort de poussée	0kg8 à 4kg7
Par la main droite.	Pression d'appui	0kg2 à 9kg4
	Poussée	7kg à 19kg

L'effort produit est bien supérieur à celui que M. Amar indique; mes diagrammes montrent que cet effort est loin d'être constant et qu'il varie beaucoup, au contraire, comme le prouvent les chiffres donnés ci-dessus. Le rendement en poids de limaille varie dans de grandes proportions avec la *qualité de la lime*, toutes autres choses restant égales.

La position des pieds et celle du corps n'ont pas du tout l'importance signalée; elles n'ont rien d'absolu et dépendent de la conformation de l'ouvrier, de ses habitudes, etc.

Les talons ne doivent pas être sur la même ligne, le pied droit étant *très en arrière* du pied gauche et le corps doit être incliné, parce que la course de la lime, qui est grande (20 à 30 cm) par rapport à la course possible des bras, obligerait, dans le cas contraire, l'ouvrier à faire des efforts beaucoup plus grands, les bras étendus, ce qui présente le cas le plus défavorable, car un ouvrier ne peut donner son maximum d'effort quand il travaille à bout de bras.

Quant au facteur principal : la *qualité* propre de la lime (qualité de l'acier, taille, trempe, etc.) qui peut faire varier les résultats du rendement et de la durée au moins du simple au décuple, M. J. Amar a oublié de s'en préoccuper.

A la fin de son mémoire, M. J. Amar rappelle que M. Imbert a donné des diagrammes représentatifs du travail à la lime par un

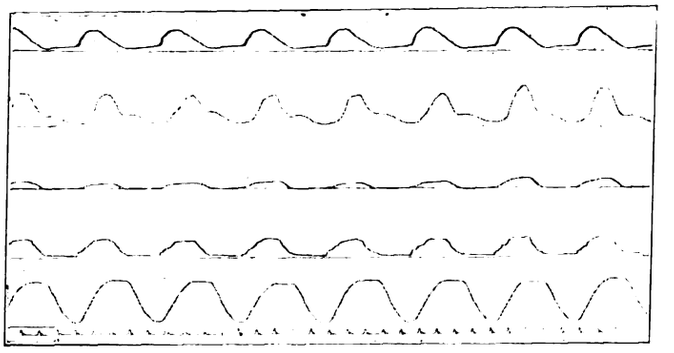


Fig. 9. — Diagrammes du travail d'un limeur travaillant régulièrement, mais ne limant pas droit.

ouvrier habile et par un apprenti (1). Ces diagrammes n'ont, d'ailleurs, pas une réelle valeur pratique, car ils ne sont pas tarés et — ce qui est aussi grave — ils ne donnent pas l'effort d'appui de chaque main, mais seulement l'effort de pression supportée par l'étau. Par suite, ils ne permettent pas de calculer le détail du travail d'un coup de lime, pour en déduire si l'ouvrier lime bien droit. M. Imbert a jugé de la valeur du coup de lime par le plus ou moins de régularité des tracés. C'est là une erreur d'appréciation : la figure 9 représente un diagramme très régulier et cependant les coups de lime sont défectueux, car, intentionnellement,

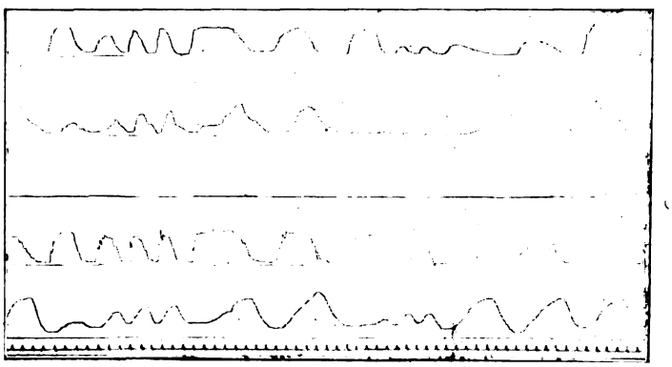


Fig. 10. — Diagrammes du travail d'un limeur travaillant irrégulièrement, mais limant droit.

l'ouvrier a limé aussi peu droit que possible. Le diagramme de la figure 10 est, au contraire, très irrégulier, et cependant le limage a été effectué très droit, mais avec de grandes irrégularités de vitesse et d'allure.

* * *

Des quelques critiques qui précèdent, on voit que le système Taylor, né de la pratique industrielle, peut susciter des erreurs

(1) *Revue générale des Sciences*, 30 juin 1911, p. 485.

Digitized by Google

officielles que l'on pourrait nous imposer sans doute comme lois du travail professionnel, puisque le Ministère du Travail a, paraît-il, l'intention d'installer au Conservatoire des Arts et Métiers un laboratoire consacré à l'étude du travail des ouvriers.

L'idée n'est d'ailleurs pas tout à fait récente, car je retrouve sur un journal politique, *Le Matin*, du 3 août 1911, un article intitulé : « Un savant veut résoudre les problèmes sociaux par la Science. »

Le savant dont il s'agit, M. A. Imbert, professeur à l'Université de Montpellier s'exprimait ainsi :

« Dans une grève de coupeuses de sarments de l'Hérault, j'ai « mis en évidence, par mes graphiques, la légitimité des réclama- « tions des ouvrières qui, pour le même prix, fournissaient un « rapport beaucoup plus considérable.

« Les ouvrières obtinrent satisfaction et les patrons augmentè- « rent proportionnellement leur salaire. »

« Cette méthode, nouvelle et élégante, de résoudre les conflits « entre le capital et le travail n'en est qu'à ses débuts. »

Pour avoir des détails sur ce précieux procédé scientifique, j'ai relu un mémoire paru dans la *Revue Générale des Sciences*, le 30 juin 1911, sous le titre :

« Les méthodes de laboratoire appliquées à l'étude directe et « pratique des questions ouvrières » par M. le Dr A. Imbert, professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier.

« Des centaines d'ouvrières sont occupées, dans le Midi de la « France, à débiter en boutures, au moyen d'un sécateur, les « longs sarments de vignes américaines.

« Les boutures sont qualifiées de *grosses* ou de *petites*, suivant « que leur diamètre est supérieur ou inférieur à 6 mm, et le salaire, « pour ce travail payé à la tâche, était, il y a quelques années, de « 0 fr 60 le mille pour les premières et de 0 fr. 50 pour les secondes. « Cette différence de prix était évidemment la reconnaissance « explicite de ce principe que le salaire doit être proportionnel « au travail. Mais les ouvrières affirmaient que les 0 fr. 10 qui « leur étaient payés en plus pour les grosses boutures constituaient « une somme insuffisante pour rémunérer proportionnellement « le travail correspondant. Les patrons eurent d'ailleurs la sagesse « d'accueillir la réclamation des ouvrières et d'accorder une aug « mentation de salaire, évitant ainsi un conflit.

« *Mais une grève aurait pu se produire, et il n'eût pas été inutile « dans ce cas, de pouvoir verser aux débats les données numériques « suivantes* :

« Des tracés fournis par les ouvrières en travail courant et « de la graduation expérimentale du sécateur enregistreur, il « résulte que, au taux de 0 fr. 50 et de 0 fr. 60, chaque centime « de salaire correspond à un effort total (somme d'un plus ou « moins grand nombre d'efforts partiels) égal à 110 kg pour les « petites boutures, et à 266 kg pour les grosses.

« Il n'y avait donc pas proportionnalité des efforts au travail, « et ces nombres fournissent, dès lors la preuve irrécusable parce « qu'elle est expérimentale et objective, de la légitimité des réclа- « mations que les ouvrières formulaient.

« Il est même facile, d'après les données numériques précédentes, « de calculer le salaire qui eût dû être payé pour les grosses bou- « tures en prenant pour base le salaire des petites et en appliquant « la règle de proportionnalité du salaire au travail. On trouve « ainsi que, aux taux de 0 fr 50 pour un effort total de 110 kg « (petites boutures), la préparation de mille grosses boutures « ressort à 1 fr 40 au lieu de 0 fr 60. »

Le raisonnement soulève quelques objections que les patrons n'auraient pas manqué de faire à M. le professeur de la Faculté de Montpellier, s'il avait « versé aux débats les données numé- riques », ainsi qu'il se le proposait.

Il aurait d'abord fallu « pour que ces nombres fournissent la preuve irrécusable de la légitimité des réclamations », en établir l'exactitude.

Tout ce qui est obtenu *expérimentalement* n'est pas forcément exact. L'aspect des diagrammes publiés laisse déjà des doutes sur la valeur des instruments et sur celle des résultats numé- riques trouvés.

Quant au principe, qui consiste à fixer le salaire proportionnel- lement à la somme des efforts produits par l'ouvrier, les patrons, mis en cause, n'auraient pas non plus manqué d'être frappés du résultat de la proportionnalité établie par M. Imbert. En effet, sachant que le prix de base des petites boutures n'était pas trop élevé, et sachant aussi bien que le prix de 1 fr 40 imposé par l'ar- bitre était très exagéré — ce qui est l'avis des ouvrières, puis- qu'elles ne demandaient que 10 centimes d'augmentation, et non pas 80 centimes — ils auraient certainement mis ce prin- cipe en suspicion et établi des comparaisons pour contrôler la valeur pratique dudit principe.

Or, si on admet que la même ouvrière, marchant pendant une heure fait environ 8 000 pas, l'effort qu'elle produit, mesuré par son poids, est de 60 kg. En totalisant ces efforts, on a une somme de $8\,000 \times 60 = 480\,000$ kg. Au prix de base, admis ci-dessus, de 1 centime par 110 kg, l'ouvrière gagnerait 4 400 cen- times soit 44 francs à l'heure.

Et combien gagnerait alors le chaudronnier, planant la tôle au marteau, dont chaque coup produit une pression instantanée de 30 000 à 40 000 kg, et dont le nombre de coups de marteau peut facilement atteindre 2 500 à l'heure, si son salaire était fixé d'après cette loi ?

Ajoutons qu'il est probable que plusieurs de ces patrons con- naissent la mécanique élémentaire : ils feraient sans doute remar- quer à M. le Professeur de la Faculté qu'il a ainsi montré qu'il ignorait l'évaluation de la mesure du travail de l'ouvrier, car il ne tient compte que d'un seul facteur, dont il a totalisé les valeurs, sans tenir compte des deux autres facteurs indispensables pour établir la mesure : *l'espace parcouru* et le *temps* employé à effec- tuer l'opération.

En effet, ce qu'il importe d'évaluer dans le travail de l'homme, ce n'est pas seulement l'*effort*, qui presque toujours peut être remplacé par un poids, mais l'*énergie* qui comporte, en plus de l'effort, les deux facteurs : *espace parcouru* et *temps* employé.

Montgolfier l'a dit, il y a un siècle : « la force vive est celle qui se paie » ; la force morte, l'effort seul ne se paie pas.

J'ai cru nécessaire et utile de faire cette critique impartiale pour faire connaître l'une des causes du peu de sympathie que manifestent, à juste raison, les praticiens pour toutes ces théories à prétentions scientifiques, et l'une des raisons qui retardent l'adoption des méthodes nouvelles.

Pour l'application du *système Taylor*, ce n'est pas la quantité d'ingénieurs qui fera défaut ; mais ce système exige une *compétence absolue* dans la profession, jusqu'aux moindres détails, et notre enseignement technique, qui a toujours été et qui est encore *en- cyclopédique*, exclut forcément cette compétence spéciale.

Dans l'enseignement technique, tout se tient, et l'ensemble, du haut en bas de l'échelle, exige d'être adapté à nos besoins.

Il n'y a pas que la pédagogie de l'enseignement supérieur à organiser : toute la pédagogie technique est à remanier. On sait que la pédagogie technique de l'apprentissage n'existe pas du tout le meilleur apprentissage actuel, dans l'atelier, au contact des praticiens et du travail pratique, s'effectue *par empirisme*, sans méthode : aussi nécessite-t-il plusieurs années. On ne paraît pas se douter qu'au lieu de consacrer trois ou quatre ans à faire un apprenti, on peut faire un meilleur apprentissage en quelques mois — six mois par exemple — par une pédagogie bien adaptée à la profession ; c'est pourtant là un fait dont j'ai pu acquérir la certitude à la suite d'expériences personnelles.

Au système Taylor qui, lui, vient à son heure dans l'évolution industrielle, il manque donc, pour l'adapter en France, un person- nel compétent, car l'enseignement technique est depuis longtemps en retard sur notre évolution industrielle.

Ch. FREMONT.

Digitized by Google

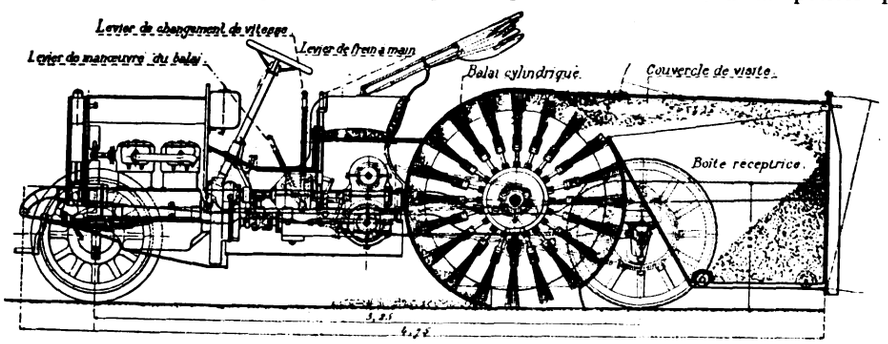
CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

Nouveau système de balayeuse automobile.

Les méthodes de nettoiement des rues ne semblent pas jusqu'ici avoir fait beaucoup de progrès. Les balayeuses à chevaux ont, il est vrai, été introduites pour enlever la poussière et la boue, mais elles n'envoient seulement cette boue que sur le côté de la rue où elle reste jusqu'à ce qu'une voiture spéciale passe.



Dispositif de la balayeuse automobile.

Des ouvriers de la voirie la remplissent généralement par temps sec produisant ainsi un nuage de poussière très dangereux. Très souvent, le vent, les pieds des chevaux, ont déjà réparti de nouveau ce tas de boue sur la route sous forme de poussière malfaisante. Ces machines épargnent seulement du travail aux hommes, mais la qualité de leur travail ne vaut guère mieux.

Un grand progrès semble avoir été fait à Londres, où MM. J. et Paul Hill de Sheffalt ont inventé, construit et essayé une machine automobile de nettoyage des routes par le vide.

La machine fut d'abord essayée avec succès dans une rue très boueuse, puis elle fut mise à l'épreuve au marché de Smithfield sur des matières sèches poussiéreuses. Ce qui fut particulièrement remarquable dans ce dernier cas, fut l'absence de poussière s'élevant du véhicule lui-même. Le nettoyage des rues mouillées fut très satisfaisant.

La machine possède un moteur de 20-30 ch. à 4 cylindres. Elle est munie d'un balai cylindrique tournant, enveloppé dans un carter, à la suite duquel se trouve un récepteur de boues et de poussières. La caractéristique de la machine est le balai cylindrique. Il est fait de vingt petites brosses distinctes en piassava formant un cylindre de 1 m 50 de long et de 1 m 30 de diamètre. Ces brosses peuvent être ajustées et déplacées de quelques centimètres.

Le cylindre tourne dans le carter en tôle, en sens inverse des roues, à raison de 120 tours par minute. Les produits balayés sont conduits et élevés par les brosses pendant environ 2/3 de tour, et puis lancés par une ouverture dans le récepteur placé derrière. Dans ce récepteur sont placés des boîtes que l'on peut facilement vider dans un collecteur.

La vitesse circonférencielle de la brosse étant de 8 m. par seconde, la force centrifuge est suffisante pour jeter les détritus dans les boites et les comprimer, ce qui permet de recevoir une plus grande quantité de matière. De plus, le courant d'air causé par la rotation est suffisant pour aspirer complètement la poussière.

Toute la largeur de la rue peut ainsi être balayée jusqu'à quelques centimètres du trottoir.

La brosse est relevée rapidement pour supprimer son action, par une manœuvre du conducteur placé sur le siège. Elle peut marcher aussi en avant ou en arrière.

Le réglage de la longueur de chaque section de balai se fait par une came manœuvrée par un écrou, la came agissant sur tous les balais à la fois. La pression sur la route peut aussi être réglée à volonté.

Chaque boîte a une capacité de 1 m³ 4. L'arrière est fermé par deux petites portes mobiles. Les boîtes sont munies de roulettes. Les portes peuvent être renversées pour former un plan incliné permettant de sortir facilement les boîtes.

Les cylindres du moteur sont groupés par paire ; l'allumage est fait par magnéto, haute tension. Le refroidissement s'opère par radiateur et ventilateur.

Le changement de vitesse comporte trois allures et une marche arrière, mais la vitesse de rotation des brosses est constante. Elles peuvent tourner, même si la voiture est arrêtée.

La vitesse du véhicule est de 3 km 2, 6 km 4 et 12 km 8 à l'heure. La superficie balayée est en moyenne de 2 000 m² à l'heure.

J. B.

AVIATION

Résultats de la Coupe Gordon-Bennet de 1913.

La Coupe annuelle fondée, en 1909, par M. Gordon Bennet pour l'Aviation, a été disputée, le 29 septembre dernier, au-dessus de l'aérodrome de Reims. Cette épreuve internationale consiste en une course de vitesse sur 200 kilomètres.

Les gagnants des années précédentes furent :

En 1909, Curtiss (Etats-Unis), sur biplan Curtiss (vitesse à l'heure, 75 km 800) ;

En 1910, White (Angleterre), sur monoplan Blériot (98 km 350) ;

En 1911, Weymann (Etats-Unis), sur monoplan Nieuport (125 km 600) ;

En 1912, J. Védrines (France), sur monoplan Deperdussin (171 km 450).

La Coupe doit être courue, chaque année, dans le pays du vainqueur de l'année précédente. Elle eut lieu pour la première fois en France en 1909. Elle y revint donc dès l'an dernier.

Cette année, les concurrents étaient les aviateurs :

Prévost, sur monoplan Deperdussin ; E. Védrines, sur monoplan Ponnier ; Gilbert, sur monoplan Deperdussin, pour la France ;

Crombez, sur monoplan Deperdussin, pour la Belgique.

Le classement s'établit ainsi :

1er Prévost (200 km en 59 m, 49 s, soit 200 km 500 à l'heure). (Record du monde de vitesse).

2e E. Védrines (en 1 h. 0 m 51 s ou 197 km 50 à l'heure) ;

3e Gilbert (en 1 h 2 m 55 s ou 192 km à l'heure) ;

4e Crombez (en 1 h 9 m 52 s ou 171 km 500 à l'heure).

L'appareil vainqueur, étudié par l'ingénieur Béchereau, possédait un moteur Gnome de 160 chevaux. Sa surface d'aile est de 10 m² et les ailes plates, étaient plus épaisses vers

Digitized by Google

l'avant. C'est donc la faible résistance à l'avancement qui permet de telles vitesses sans exagérer la puissance du moteur.

L'appareil de Védrines avait également un Gnome de 160 chevaux, Gilbert un moteur Le Rhône de 160 chevaux et Crombez, un Gnome de 170 chevaux.

La réunion ayant duré 3 jours, d'autres épreuves eurent lieu. Le concours de hauteur donna les résultats suivants :

Sans passager : Gilbert, sur Morane : 5 795 m ;

Avec un passager : Gilbert sur Morane : 4 348 m ;

Avec deux passagers : Gilbert sur Morane 3 638 m.

Le record sans passager reste à Perrezon, sur Blériot, avec 5 880m.

Le concours de lenteur, très intéressant, eut lieu le 27 septembre. Les appareils, pour y prendre part, devaient atteindre 90 m à l'heure sur la piste de 10 km, l'épreuve ayant lieu ensuite sur 2 km à la hauteur maximum de 50 m. Le résultat fut :

1er Derome sur biplan Bréguet (moteur Canton-Unné), avec la vitesse moyenne de 51 km 480 à l'heure ;

2e Caudron sur biplan Caudron (Gnome) avec 57, 360 km/h.

Dans un autre concours, les appareils, faisant au maximum 65 km à l'heure sur 4 km, prenaient part à une course de vitesse sur 30 km.

Le 1er fut : Brindejonc des Moulinais, sur Morane (Gnome) en 14m,57s (120 km à l'heure) et le 2e Moineau, sur Bréguet (Gnome) en 15m,59s (112,5 km à l'heure).

Enfin 7 monoplans et 14 biplans prirent part à un cross-country de 150 km sur un circuit de 30 km.

Le vainqueur fut: Rost, sur monoplan Deperdussin (135 km à l'heure); le 2e Prévost sur Deperdussin (118 km à l'heure).

Puis vinrent R. Caudron, sur biplan Caudron (95 km à l'heure) et G. Caudron, sur Caudron (82 km à l'heure).

Ce concours montre donc que des progrès considérables ont été faits. Ils seront bien plus sensibles lorsque les mêmes appareils pourront donner à la fois de grandes vitesses (déjà obtenues), et de très faibles.

J. B.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Locomotive « Pacific » n° 6001 de la Compagnie P.-L.-M

Cette locomotive (fig. 1), est une machine compound 4 cylindres (1) ; elle a été construite dans les ateliers de la Compagnie P.-L.-M. et est destinée à la remorque des trains rapides, des trains express de fort tonnage.

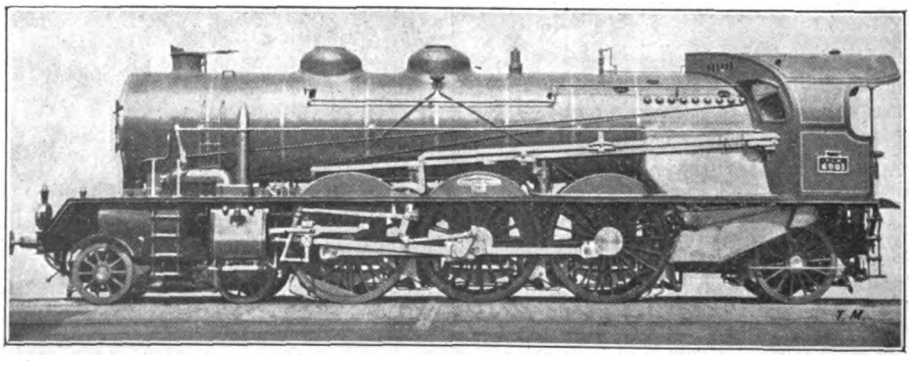


Fig. 1. — Vue de la locomotive « Pacific » n° 6001.

Tout d'abord établie à vapeur saturée, la machine 6001 fut transformée et pourvue de la surchauffe, à la suite d'expériences comparatives ayant démontré la supériorité des locomotives à simple expansion surchauffe sur les machines compound à vapeur saturée, et des locomotives compound surchauffe sur tous les autres types.

La chaudière, entièrement en tôle d'acier doux, est formée de trois viroles ; les rivures longitudinales sont à francs-bords, avec double couvre-joint ; le couvre-joint extérieur est relié aux tôles par une rangée de rivets ; le couvre-joint intérieur est fixé par une double rangée de rivets à chacun des bords de la tôle ; dans le sens transversal, les rivures sont à recouvrement avec deux rangées de rivets. La plaque tubulaire est reliée au corps cylindrique par des tirants en acier au nombre de 10.

Des feuilles de laiton cerclées recouvrent le corps cylindrique ; sur la boîte à feu, le recouvrement est fait de la même manière, mais les feuilles sont maintenues par des vis ; du feutre d'amiante garnit l'intervalle entre la chaudière et son enveloppe.

Le foyer est en cuivre ; il est relié à la boîte à feu, sur ses faces avant, arrière et latérales, par des entretoises en bronze manganèse ; sous la voûte en briques, les entretoises sont en cuivre rouge.

Le ciel du foyer est incliné de l'avant à l'arrière dans le sens longitudinal et est incurvé dans le sens transversal ; la hauteur d'eau est ainsi toujours suffisante, quelle que soit l'inclinaison de la machine, sans qu'il ait été nécessaire de surélever beaucoup le plan d'eau.

La partie supérieure de la boîte à feu est raccordée directement au corps cylindrique ; son enveloppe est constituée par trois éléments : le ciel et les deux flancs, fixés l'un à l'autre par une double rangée de rivets.

Les tirants du ciel du foyer sont creux et en acier ; sur les flancs et dans la région supérieure où ceux-ci sont plans, est établie une rangée de tirants transversaux percés sur 194 mm de longueur à chaque extrémité.

Pour alléger le plus possible l'essieu du bissel, les parois avant et arrière du foyer et de la boîte à feu ont été inclinés, de manière à reporter vers l'avant la masse de la chaudière.

La porte du foyer s'ouvre de bas en haut vers l'intérieur par une charnière horizontale ; elle est constituée par trois ventaux, dont les deux extrêmes sont commandés chacun par un levier ; le ventail central prend appui sur les deux vantaux qui l'encadrent et s'ouvre ainsi en même temps que l'un quelconque de ceux-ci ; des contrepoids permettent de tenir la porte ouverte, mais ils ont été établis de telle sorte qu'ils ne pourraient empêcher la porte de se fermer automatiquement sous le flux de vapeur au cas de rupture d'un tube.

Le surchauffeur est du système Schmidt.

La prise de vapeur est faite dans la chaudière par un régulateur à soupape équilibrée placé dans le dôme ; la vapeur est ensuite reçue dans le compartiment du collecteur qui alimente les 28 éléments du surchauffeur, puis elle revient dans un second compartiment qui l'envoie aux cylindres HP par deux tuyaux distincts.

L'échappement de la vapeur, au sortir du cylindre BP, se fait par une colonne placée au centre de la cheminée ; cette colonne se termine par une tête comportant un cône mobile actionné par un volant placé dans la cabine du mécanicien.

Les pistons sont en acier moulé ; leurs tiges sont en acier, les crosses en acier moulé avec semelles de fonte garnies d'alliage blanc ; les glissières sont en acier forgé dur, les bielles motrices et les barres d'accouplement sont en acier avec coussinets de bronze et garnitures d'alliage blanc.

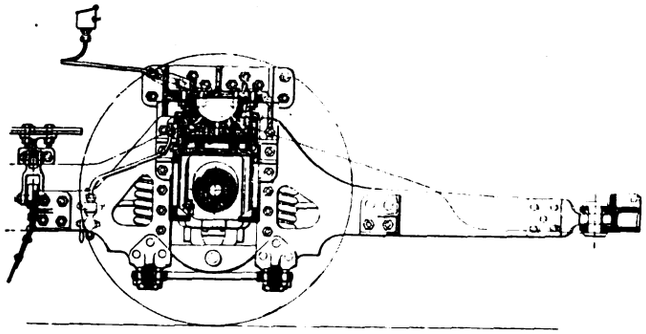
Les tiroirs sont cylindriques et l'admission est faite par les arêtes intérieures ; des soupapes sont établies sur le tuyau d'admission et sur le tuyau formant réservoir intermédiaire de vapeur, pour la rentrée de l'air.

Les mouvements de distribution des cylindres sont du système

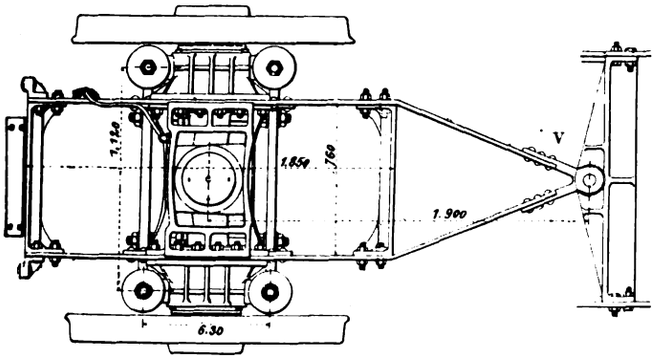
(1) Machine figurant à l'Exposition Universelle de Gand de 1913. (Section française).

Digitized by Google

Walschaert ; les arbres de relevage des deux mouvements sont actionnés par l'appareil de changement de marche placé dans la cabine du mécanicien.



Coupe longitudinale du bissel.



Vue en plan du bissel.

FIG. 2. — Détail du bissel.

Ce changement de marche est constitué par :

Un bâti portant une vis avec volant de manœuvre ;

Un écrou à tourillon entraînant la barre de relevage des cylindres HP et actionnée par la vis ;

Un cadre à tourillons entraînant la barre de relevage des cylindres BP et actionné par l'écrou de la barre des cylindres HP, quand ce dernier s'est déplacé d'une certaine course de part et d'autre de sa position moyenne ; la course du cadre est limitée par des verrous avec taquets ;

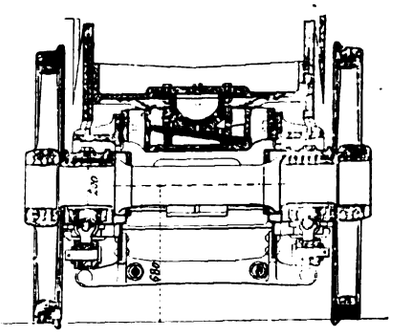
Deux barres de relevage des distributions ;

Un ralentisseur constitué par un cylindre renfermant un liquide dans lequel se meut un piston ajouré, relié à la barre de relevage des cylindres BP.

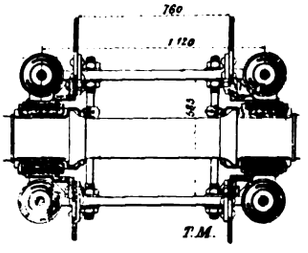
La distribution des cylindres BP n'a que deux positions stables, correspondant à la fin de course avant et arrière du cadre ; seule la distribution aux cylindres HP peut varier à volonté par le déplacement de l'écrou à tourillons.

Quand le cadre est à une des extrémités de sa course il suffit, pour le placer à l'autre, d'actionner l'écrou à tourillons au moyen du volant ; l'écrou rencontre les taquets qui dégagent les verrous du cadre ; ce dernier est entraîné jusqu'à ce qu'il occupe la position inverse, où il se fixe automatiquement, puis on peut, au moyen de la vis à volant, ramener l'écrou à tourillons un en point quelconque de sa course.

Le piston du ralentisseur, relié à la barre de relevage de la distribution BP, s'oppose à ce que le cadre soit, en marche, entraîné violemment par la distribution qu'il commande.

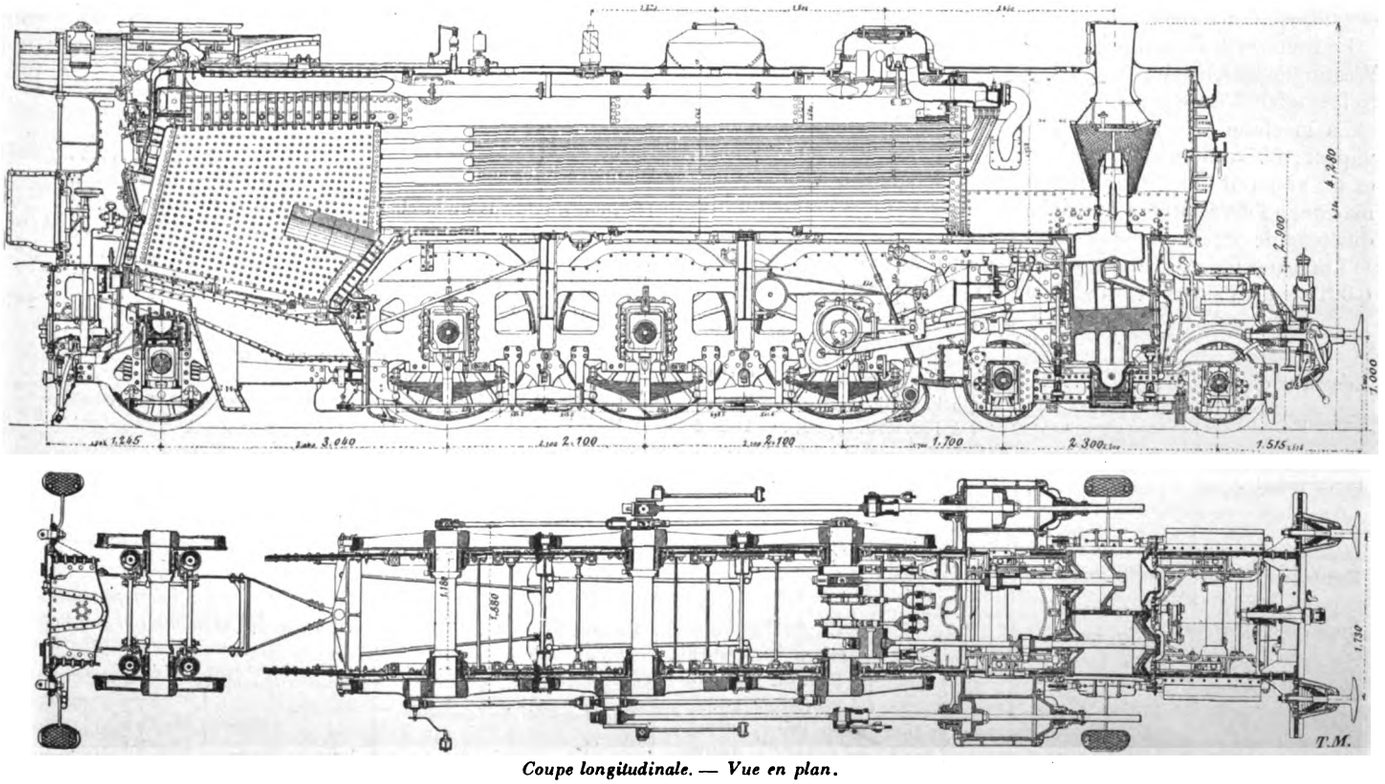


Coupe transversale du bissel.



Coupe horizontale par l'axe de l'essieu du bissel.

FIG. 3. — Appui du châssis sur le bissel.



Coupe longitudinale. — Vue en plan.

FIG. 4. — Détails de la locomotive « Pacific ».

Digitized by Google

Le châssis du bissel est formé de deux plaques de garde reliées, au-dessus de l'essieu, par une forte traverse en acier moulé, en avant et en arrière de l'essieu par deux traverses plus faibles que la précédente ; les tôles des plaques latérales se prolongent, en avant de la traverse antérieure, et se rapprochent de l'axe du châssis, pour venir se river sur une pièce en V qui porte l'œil dans lequel pénètre la cheville d'attelage, située à 1m,90 en avant de l'essieu (fig. 2, p. 311).

La traverse centrale du bissel supporte le châssis de la locomotive, au moyen d'une pièce d'appui sphérique engagée dans une crapaudine ; dans les mouvements du bissel, la crapaudine se déplace sur un siège à surfaces hélicoïdales croisées, inclinées à 15 %.

Cette disposition a pour résultat que tout mouvement angulaire du bissel entraîne un soulèvement de l'arrière de la locomotive, et que le poids de celle-ci ramène le bissel à sa position normale, dès que la cause qui avait entraîné son déplacement a disparu (fig. 3, p. 311).

Le châssis du bissel prend ses appuis sur deux ressorts latéraux en hélice cylindrique, soutenus par un balancier suspendu à l'essieu par une agrafe fixée à la partie inférieure de la boîte à huile ; l'amplitude du déplacement du bissel est de 66 mm de part et d'autre de son axe longitudinal.

Les boîtes à huile sont en acier moulé dur ; les coussinets sont en bronze avec garnitures d'alliage blanc ; sous les boîtes sont placés des tampons graisseurs à ressorts, qui constituent les seuls organes de graissage des fusées ; les guides des boîtes sont en forme d'arcade ; ils sont rivés sur les longerons et construits en acier moulé avec plaques de friction en fonte ; le rattrapage du jeu des boites dans les guides est effectué par des coins à tiges filetées munis d'écrous de rappel.

Les tiroirs et la pompe à air sont graissés par un appareil à condensation fixé sur la plaque arrière de la boîte à feu ; ce graisseur comporte, en deux parties distinctes, un réservoir d'huile et un distributeur ; chaque cylindre est, en outre, muni d'un graisseur à boule.

La locomotive 6 001 est pourvue d'une sablière à vapeur, système Gresham, amenant le sable à l'avant des roues du 3e essieu et à l'arrière des roues du 5e essieu.

Le frein est à air comprimé, automatique et modérable, système Westinghouse-Henry ; tous les essieux, sauf celui du bissel, sont freinés à 50 % de leur poids sur rail.

La machine est pourvue d'organes pour le chauffage par la vapeur; elle comporte un indicateur de vitesse, système Flaman, et un appareil indicateur enregistreur de signaux, électro-pneumatique ; l'enregistreur des signaux est fait sur la bande de l'indicateur de vitesse.

Les caractéristiques essentielles de la locomotive « Pacific » 6 001 sont les suivantes (fig. 4, p. 311) :

GRILLE.

Longueur développée		2m125
Largeur	à l'avant	2m086
	à l'arrière	1m922
Surface		4m²25
Inclinaison		12°

FOYER.

Hauteur intérieure (comptée jusqu'au dessous du cadre)	à l'avant	2m016
	à l'arrière	1m530
Longueur intérieure	en haut	2m258
	en bas	2m078
Largeur intérieure	à hauteur de l'axe de la chaudière	1m516
	en bas, à l'avant	2m036
	en bas, à l'arrière	1m922
Epaisseur du cuivre	des parois latérales et de la plaque, arr.	0m014
	de la plaque tubulaire, aux tubes	0m025
	de la plaque tubulaire, en bas	0m014

TUBES A FUMÉE (LISSES).

Nature du métal		acier
Nombre de tubes	de 0m055 de diamètre extérieur	143
	de 0m133 de diamètre extérieur	28
Epaisseur des tubes	de 0m055	0m002
	de 0m133	0m004
Longueur entre les plaques tubulaires		6m000

TUBES SURCHAUFFEURS.

Nature du métal	acier
Nombre d'éléments surchauffeurs	28
Diamètre extérieur	0m035
Epaisseur	0m0035

SURFACE DE CHAUFFE.

Foyer (compté au-dessus de la grille)	15m²87
Tubes (développement intérieur, y compris l'épaisseur des plaques tubulaires)	203m²44
Totale	219m²31
Rapport de la surface des tubes à celles du foyer	12,82
Rapport de la surface totale à celle de la grille	51,60

SURFACE DE SURCHAUFFE.

Surface de surchauffe	70m²63
Rapport de la surface de surchauffe à la surface de chauffe	0,322

CHAUDIÈRE.

Longueur extérieure de la boîte à feu	en haut	2m543
	en bas	2m309
Largeur extérieure de la boîte à feu en bas	à l'avant	2m341
	à l'arrière	2m181
Diamètre intérieur de la grande virole du corps cylindrique		1m680
Longueur du corps cylindrique		5m899
Epaisseur des tôles du corps cylindrique		0m019
Nature du métal des tôles du corps cylindrique		acier
Longueur intérieure de la boîte à fumée		2m630
Diamètre intérieur de la boîte à fumée		1m718
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière		2m900
Du dessus du rail au-dessous du cadre de foyer à l'avant		1m202
Volume d'eau au niveau réglementaire		8m³820
Volume de vapeur		2m³800
Capacité totale de la chaudière		11m³620
Timbre de la chaudière		16 kg.

CHEMINÉE.

Diamètre intérieur de la cheminée	en haut	0m436
	dans la partie rétreinte	0m356
Hauteur du dessus de la cheminée au-dessus du rail (abstraction faite du capuchon)		4m253
Hauteur de la partie rétreinte au-dessus du rail		3m573
Hauteur du dessus de la tuyère fixe d'échappement au-dessus du rail		2m900

SECTIONS DE PASSAGE D'AIR.

A travers la grille	2m²125
A travers les tubes	0m²5280
Section intérieure libre de la cheminée	0m²0995

CHASSIS.

Écartement intérieur des longerons		1m234
Épaisseur des longerons		0m028
Largeur extérieure du tablier	à l'avant	2m600
	à l'arrière	2m880
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons		13m990
Écartement des essieux	1er et 2e	2m300
	2e et 3e	1m700
	3e et 4e	2m100
	4e et 5e	2m100
	5e et 6e	3m030
	extrêmes	11m230

Digitized by Google

ROUES MONTÉES ET ESSIEUX.

Diamètre des roues (avec bandage de 70 m/m d'épaisseur)	1e essieu	1m000
	2e essieu	1m000
	3e essieu	2m000
	4e essieu	2m000
	5e essieu	2m000
	6e essieu	1m360
Jeu latéral des roues de chaque côté de la machine — bogie	rotule	0m060
	essieux	0m001
— 3e, 4e et 5e essieux		0m001
— bissel	rotule	0m066
	essieux	0m001
Écartement intérieur des bandages		1m360

MOUVEMENT.

		ADMISSION (Cylindres extérieurs)	DÉTENTE (Cylindres intérieurs)
Nombre de cylindres		2	2
Diamètre des cylindres		0m420	0m620
Course des pistons		0m650	0m650
Section des cylindres	C	0m²1385	0m²3019
Volume d'une cylindrée		0m³090	0m³196
Écartement d'axe en axe des cylindres		2m200	0m660
Longueur des bielles motrices	L	2m450	1m675
Rayon des manivelles	R	0m325	0m325
Rapport de la longueur des bielles aux manivelles	L/R	7,53	5,15
Avance des manivelles des cylindres de détente sur celles des cylindres d'admission		180°	

DISTRIBUTION.

Type de a distribution		Walschaert	Walschaert
Type des tiroirs		cylindr.	cylindr.
Diamètre des tiroirs		0m230	0m320
Course maximum des tiroirs		0m142	0m127
Recouvrement à l'admission		0m019	0m034
Recouvrement à l'échappement		—0m003	—0m004
Introduction moyenn maximum sur les 2 faces du piston		88 %	63 %
Angle d'oscillation de la coulisse		43° 30′	40° 8′

SECTIONS DE PASSAGE DE VAPEUR.

Longueur des lumières		0m390	0m620
Section des lumières d'admission	A	0m²0156	0m²0310
Section des lumières d'échappement	E	0m²0156	0m²0310
Tuyau d'admission	a	0m²0154	0m²0240
Tuyau d'échappement	e	0m²0240	0m²0342
Rapports	C/A	8,87	9,74
	C/E	8,87	9,74
	C/a	8,99	12,58
	C/e	5,76	8 82

ÉCHAPPEMENT VARIABLE.

Section pour l'ouverture maximum	0m²0237
Section pour l'ouverture minimum	0m²0150

POIDS.

Machine vide (avec bandages de 55 mm)		83 890 kg
Machine en situation moyenne de marche	1er essieu	10 580
	2e essieu	10 580
	3e essieu	18 500
	4e essieu	18 500
	5e essieu	18 500
	6e essieu	16 680
	Total	93 340
Poids suspendu		70 840
Poids non suspendu		22 500
Poids adhérent		55 500

LACET.

Maximum du moment produisant le lacet à la vitesse limite (120 kilomètres à l'heure)	12502 kgm
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de lacet, à 1 mètre du centre de gravité	0m000188
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de au milieu du bogie	0m000915

TANGAGE.

Maximum de l'effort produisant le tangage à la vitesse limite (120 kilomètres à l'heure)	1 712kg
Amplitude, indépendante de la vitesse, du mouvement de tangage	0m000329

Les roues motrices ont reçu des contrepoids les équilibrant complètement au point de vue des efforts qui tendraient à les soulever.

Les essais ont porté sur 6 trains mis en marche entre Laroche et Dijon, c'est-à-dire sur la section la plus dure de la ligne Paris-Marseille.

Le tonnage des trains d'essai était respectivement de 278, 384 et 487 tonnes, non compris la machine et le tender, à raison de deux trains de chaque tonnage.

Les résultats obtenus sont traduits dans le tableau ci-dessus; ils portent uniquement sur le parcours Laroche-Blaisy, qui seul est intéressant, attendu que la section Blaisy-Dijon est en pente continue.

Avec le train de 278 tonnes, le gain a été de 22 minutes 2/3 sur l'ancien horaire, sans modification de tonnage ; avec le train de 487 t, qui représentait un accroissement de poids de 75 %, par rapport au train « Côte-d'Azur rapide » sur lequel portait la comparaison, il a été possible de gagner 13 minutes 1/3.

Les caractéristiques du tender sont les suivantes :

Châssis — Longueur à l'extrémité des tampons		9m46
Hauteur au-dessus du rail, tablier avant		1m708
Écartement intérieur des longerons des bogies		1m75
Écartement des essieux	de chaque bogie	2m00
	entre bogies	2m10

TABLEAU I. — RÉSULTATS DES ESSAIS.

DATE DE L'ESSAI	TONNAGE DES TRAINS (non compris la machine et le tender)	TEMPS MIS POUR ALLER de LAROCHE à BLAISY-BAS (1)	PUISSANCE MOYENNE indiquée sur les pistons Pi	PUISSANCE MOYENNE absorbée au crochet du tender Pu	RAPPORT Pu/Pi	CHARBON DÉPENSÉ pour la remorque du train C	EAU DÉPENSÉE pour la remorque du train E	EAU VAPORISÉE par kilogr de charbon consommé E/C	DÉPENSES PAR CHEVAL-HEURE in iqué sur les pistons		DÉPENSES PAR CHEVAL-HEURE absorbé au crochet du tender	
									CHARBON	EAU	CHARBON	EAU
		min. sec.	chevaux	chevaux		kgr	m3	litres	kgr	litres	kgr	litres
12 Février 1913.	278 tonnes	77,14	1 857	992	0,534	2 780	20,321	7,31	1,10	8,09	2,07	15,15
13 Février 1913.		76,20	1 954	1 021	0,523	2 917	21,057	7,21	1,09	7,90	2,09	15,12
4 Février 1913.	384 tonnes	83,55	1 774	1 022	0,576	3 149	20,447	6,49	1,16	7,57	2,02	13,15
5 Février 1913.		84,43	1 741	1 050	0,603	3 019	20,977	6,93	1,13	7,86	1,88	13,05
6 Février 1913.	487 tonnes	85,39	1 885	1 274	0,674	3 199	24,250	7,65	1,09	8,39	1,63	12,45
7 Février 1913.		87,2	1 851	1 246	0,673	3 116	24,203	7,76	1,06	8,23	1,58	12,23

(1) Rectifié pour tenir compte d'arrêts ou de ralentissements imprévus.

Digitized by Google

Diamètre des roues		1^m10
Ecartement intérieur des bandages		1^m36
Jeu latéral des roues de chaque côté du tender	bogie avant : rotule	0^m06
	bogie avant : essieux	0^m001
	bogie arrière-essieux	0^m001
Longueur extérieure de la caisse à eau		6^m892
Largeur extérieure de la caisse à eau		2^m90
Hauteur extérieure de la caisse à eau		1^m649
Capacité		28^{m3}
Poids à vide		26 930 k
Eau		28 000 k
Charbon		5.000 k
Outillage		650 k

Les attelages sont à traction rigide et à choc élastique ; le couplage de la machine et du tender sont faits par un tendeur à vis fixé à la locomotive et au tender par des chevilles traversant les tôles d'attelage ; les tampons du tender agissent aux extrémités d'un ressort à lames pivotant sur un axe vertical et prennent appui, à l'arrière de la machine, sur des plaques de friction formant tampons secs.

Le châssis du tender, formé de deux brancards en acier [de $\frac{300 \times 90}{13}$, renforcés à leur partie supérieure par une cornière en acier de $\frac{110 \times 110}{12}$, et reliés par les cages à l'attelage d'avant et d'arrière et par des traverses intermédiaires, repose sur deux bogies par l'intermédiaire de deux crapaudines sphériques.

La crapaudine arrière fait corps avec le châssis du bogie; la crapaudine avant est suspendue au châssis par quatre biellettes articulées, permettant un déplacement transversal de 60 mm de part et d'autre de l'axe; l'avant du châssis du tender peut ainsi suivre les déplacements de l'arrière de la machine sans que le bogie avant doive épouser d'une manière absolue ces déplacements; il en résulte une grande souplesse et une inscription très facile dans les courbes.

Le châssis des bogies est constitué de deux longerons en tôle d'acier, réunis par une traverse centrale qui porte la crapaudine ; deux ressorts à lames, placés de chaque côté, constituent son support ; ces ressorts sont placés entre les deux plaques d'un balancier auquel ils sont suspendus par des tiges fixées à leurs extrémités.

Les balanciers prennent appui, par leurs extrémités, sur les boîtes à huile des essieux, au moyen de vis de rappel permettant de régler la hauteur de tamponnement du tender.

Ce mode de suspension assure l'égalité et l'invariabilité des charges supportées par les fusées de chaque bogie.

Le caisse à eau, en tôle et cornières, est verticalement prismatique et horizontalement en forme de fer à cheval ; à l'avant, un espace disponible forme la soute à combustible.

Le frein exerce sur les roues une pression égale au poids du tender à demi-charge.

A. SABOURIN.

Locomotive système Sulzer-Diesel.

La première locomotive à moteur Diesel a été construite par la maison Sulzer frères de Winthertur pour les chemins de fer de Prusse et Hesse, ainsi que *La Technique Moderne* l'a déjà indiqué (1).

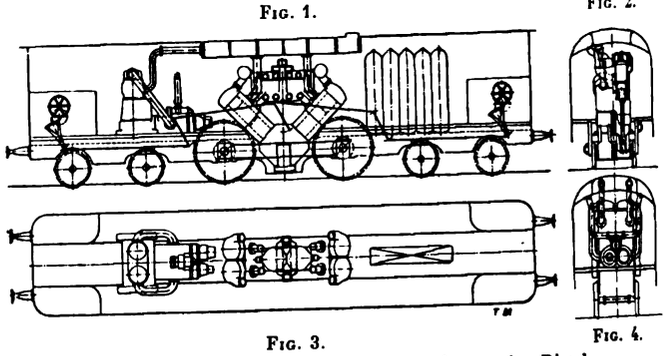


FIG. 1. FIG. 2. FIG. 3. FIG. 4.

FIG. 1 à 4. — Coupes et plan d'une locomotive Diesel.

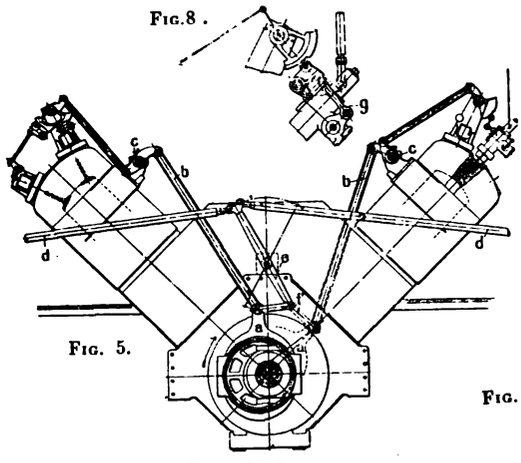


FIG. 8. FIG. 5.

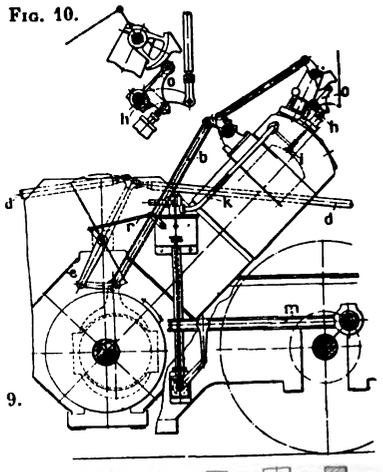


FIG. 10. FIG. 9.

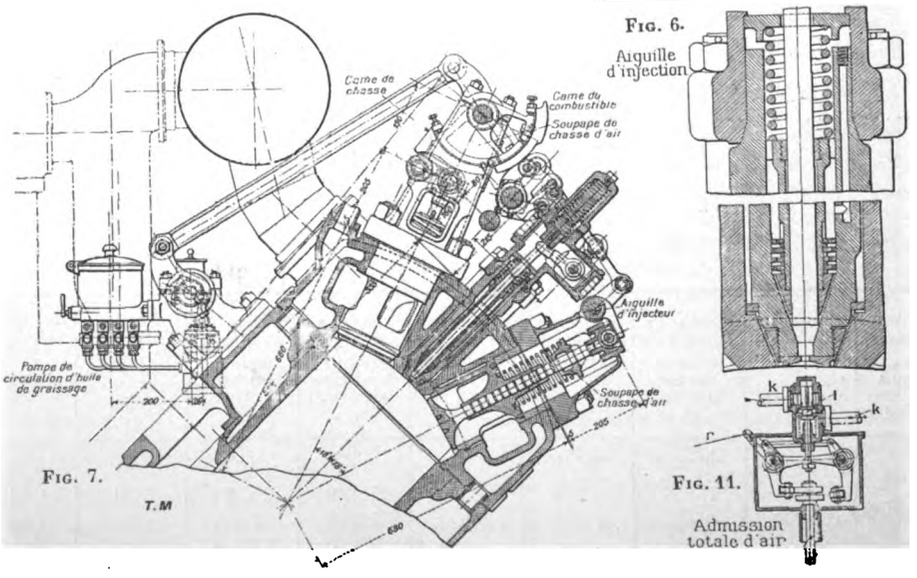


FIG. 7.

FIG. 6. FIG. 11.

FIG. 5 à 11. — Détails du moteur Diesel.

La locomotive renferme la machine à 4 cylindres en V deux par deux, dont le vilebrequin est relié aux essieux tracteurs, et un groupe moteur compresseur indépendant, dont la puissance est de un quart à un cinquième de la puissance de la machine principale (fig. 1 à 4).

La machine principale est représentée par les fig. 5 à 11.

Les 4 cylindres sont du type réversible, à deux temps, à simple effet. Les 2 paires de cylindres sont à 90° l'une de l'autre et deux cylindres opposés commandent la même manivelle. Les deux manivelles font un angle de 180° entre elles.

Les roues sont équilibrées. A la vitesse de 304 tours par minute du moteur, la locomotive fait 100 km à l'heure. La course des pistons est de 550 mm et l'alésage des cylindres est de 380 mm. Chaque

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 10 (15 novembre 1912), p. 371, *Engineering*, 5 septembre 1913.

Digitized by Google

culasse porte l'aiguille d'injection de combustible, la pression d'injection étant de 50 à 70 atmosphères, une soupape de démarrage du moteur, pour l'air comprimé à 50 atmosphères, et enfin deux soupapes de chasse d'air à basse pression (1 atm 4). L'échappement se produit à fin de course par des ouvertures situées dans la paroi du cylindre.

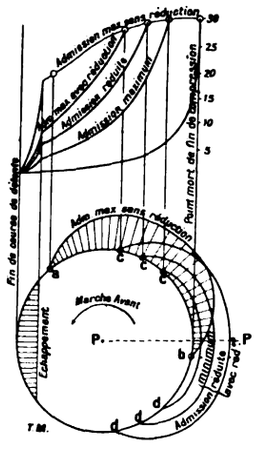


Fig. 12. — Diagramme de levées des soupapes de démarrage.

Les soupapes sont commandées par deux excentriques que l'on peut renverser pour le changement de marche. L'un deux agit sur toutes les soupapes des deux cylindres. Sur la fig. 5, les tiges et leviers *d*, *e*, *f* (en plein) sont dans la position de la marche avant.

Le levier *e* (en pointillé) montre la position inverse. Des cames oscillantes agissent directement sur les soupapes. A gauche de la fig. 5, se trouve la commande des deux soupapes de chasse et à droite celle de l'aiguille d'injection. Celle-ci est représentée en détail dans les fig. 6 et 7. Elle se règle au moyen d'une pièce *g* (fig. 8) qui s'appuie sur un taquet. Cette pièce peut être déplacée à l'aide d'une bielle, figurée en traits mixtes, ce qui détermine l'ouverture variable de l'aiguille d'injection. Il y a deux pompes à combustible que l'on peut régler à la main.

La soupape de départ (fig. 9 et 10) *i* est commandée par un levier coudé *o* monté excentriquement sur un arbre *h*, ce qui permet de régler l'admission d'air. Un bras du levier *o* est soumis à l'action d'une came oscillante commandée par l'excentrique principal. L'air arrive par un conduit *k* sur une petite soupape *l* (fig. 11), qui est séparée de son siège par un mécanisme à came et leviers, commandé par la bielle d'accouplement *m* (fig. 9). Dans la fig. 12, les courbes *cd*, qui montrent la levée de la soupape *i*, sont symétriques par rapport à la ligne PP ; ainsi quand l'admission d'air commence, la soupape *i* est ouverte en grand. Il est alors nécessaire, pour le renversement de marche, de changer le moment d'ouverture de la soupape *l*, en déplaçant, sur leurs excentriques, les leviers coudés (fig. 11) à l'aide de la tige *r*, ce qui met en action la came inférieure sur le levier de droite. La courbe *ab* représente l'admission d'air par la soupape *l* seule.

Fig. 13. — *Coupe verticale.*

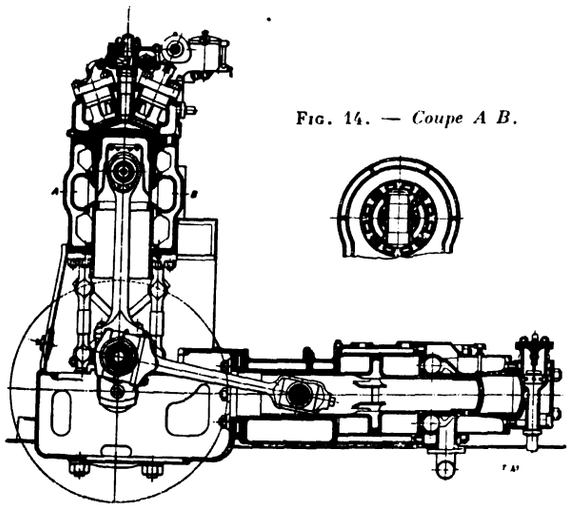


Fig. 14. — *Coupe A B.*

Fig. 13 et 14. — Coupes schématiques du groupe compresseur auxiliaire.

Le groupe compresseur auxiliaire (fig. 13 et 14) est également commandé par un moteur Diesel, deux cylindres verticaux, à deux temps, qui donne 250 chevaux effectifs (alésage : 305 ; course : 380) dont les manivelles sont à 180°. Sur le même arbre coudé, sont fixées les bielles des compresseurs horizontaux à deux étages.

L'air de chasse pour les deux cylindres est comprimé par la face gauche du piston du grand cylindre. A l'arrêt de la locomotive, on comprime l'air dans un réservoir. L'air passe dans des refroidisseurs. Cet air peut servir au démarrage, ou servir pour l'injection de combustible. Le réservoir d'air pour l'injection communique aussi avec le groupe compresseur. Il y a aussi des pompes pour le graissage sous pression de tous les paliers, et des pompes de circulation d'eau de refroidissement, ainsi que quatre pompes centrifuges à main, pour rechercher la tuyauterie avant le départ.

Les machines sont portées sur un fort châssis. Les bogies ont un jeu latéral et reçoivent de forts ressorts à lames. Les roues des bogies ont 1 m de diamètre et la locomotive peut franchir des courbes de 180 m de rayon. Le poids est transmis par les bogies aux essieux par des ressorts à lames. Les roues couplées ont en plus des ressorts à boudin. Toutes les roues ont un frein Westinghouse. Il y a aussi des freins à main.

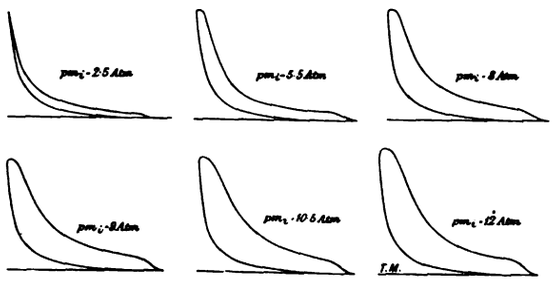


Fig. 15. — Quelques diagrammes pris aux essais de la locomotive Diesel.

La conduite peut se faire de l'une ou l'autre extrémité. Les opérations pour la mise en marche sont les suivantes : on fait partir le moteur auxiliaire par l'air comprimé du réservoir ; puis, comprimant de l'air, ce moteur l'envoie au moteur principal qui fait ainsi démarrer le train.

Quand la vitesse atteint 10 km à l'heure, on fait arriver l'huile combustible et le moteur travaille normalement.

Pour arrêter, on supprime l'arrivée d'huile et on freine. Le changement de marche se fait quand les aiguilles n'injectent plus d'huile. La figure 15 donne quelques diagrammes pris aux essais qui montrent que la machine travaille entre de grandes limites.

J. B

CHIMIE INDUSTRIELLE

La synthèse industrielle de l'ammoniaque à partir de ses éléments.

Le professeur Haber, actuellement directeur de la section de Chimie physique du « Kaiser-Wilhelm-Institut » à Berlin-Dahlem, est parvenu, dans ces derniers temps, à réaliser la synthèse de l'ammoniaque à partir de ses éléments d'une façon si satisfaisante que la « Badische Anilin und Soda Fabrik », après avoir étudié son procédé au point de vue technique, se propose de l'appliquer

Digitized by Google

en grand dans une usine spéciale qu'elle fait actuellement construire.

Voici quelques données concernant cette synthèse (1), données qui furent recueillies au cours d'une conférence faite récemment par le Professeur Haber à la Société Chimique de Berlin.

Par l'étude de l'équilibre présidant à la combinaison de l'azote et de l'hydrogène, on est arrivé à cette conclusion que la concentration maximum en gaz ammoniac ne peut être atteinte que lorsque les gaz constituants sont dans le rapport donné par l'égalité :

$$N^3 + 3\,H^2 = 2\,N\,H^3$$

A la pression ordinaire, l'ammoniac se forme vers 300°. Au contraire, quand on opère sous pression, il faut au moins atteindre 500° pour avoir des résultats admissibles. Quant à la température maximum, elle ne doit jamais dépasser 700°. D'ailleurs, grâce à l'action de certains catalyseurs, on atteint l'équilibre réactionnel pour une température inférieure à ce maximum.

Au surplus, il faut remarquer que la température à laquelle on doit opérer, dépend de la quantité de catalyseur employée et de la durée du contact entre ce dernier et le mélange gazeux. Suivant les données économiques et techniques du problème, il y aura lieu de déterminer, pour chaque cas particulier, la limite inférieure au-dessous de laquelle la température ne devra pas descendre.

Quoi qu'il en soit, il a été établi que, dans l'intervalle de température compris entre 500° et 700°, il y a avantage à mettre en œuvre la pression la plus considérable possible. Le Professeur Haber a fait la plupart de ses essais sous des pressions variant de 120 à près de 200 atmosphères.

Le gaz ammoniac formé est séparé sous forme liquide et les gaz constituants qui, naturellement, ne sont pas condensés dans le réfrigérant, sont reconduits sur le catalyseur.

Pour déterminer quel était le catalyseur le plus favorable, il a fallu, comme bien l'on pense, exécuter un nombre d'expériences considérable. Parmi les différents métaux étudiés, dans ce but, on constata que le cérium, le manganèse et le ruthénium étaient peu susceptibles d'emploi; le tungstène influençait déjà d'une façon bien plus considérable la marche de la réaction dans le sens désiré. On trouva surtout que l'uranium et l'osmium permettaient d'obtenir des rendements en gaz ammoniac qui, avec l'osmium, pouvaient atteindre 9 % de la théorie.

Quant aux appareils employés pour réaliser cette synthèse, ils ont subi de nombreuses modifications au cours des recherches. Un des derniers fours utilisés, celui qui semble devoir se rapprocher de ceux construits en grand par la « Badische Anilin und Soda Fabrik », se composait en principe d'une bombe en acier, à parois résistantes, dressée verticalement, et à l'intérieur de laquelle se trouvait un tube en fer étroit (9-13 mm de diamètre), entouré de feuilles d'amiante et chauffé électriquement au moyen d'une résistance extérieure en fil de nickel. Ce tube intérieur présentait, vers son extrémité ouverte, une partie filetée qui permettait de le visser dans la paroi supérieure de la bombe. A l'intérieur de ce tube en fer était disposé un tube en verre ou en quartz de diamètre à peine plus petit et qu'on assujettissait sur le tube en fer au moyen d'une couronne de cire. Ce tube en verre (ou en quartz), ouvert à ses deux extrémités, était légèrement rétréci vers le bas et à cet endroit était disposée la masse de contact, qui était maintenue par deux tampons d'amiante. On mesurait la température régnant dans l'appareil au moyen d'un élément thermoélectrique mobile plongeant dans le tube central.

Le mélange : azote et hydrogène parcourait de haut en bas le tube en verre (ou en quartz). Le gaz ammoniac formé était aspiré par un tube capillaire en acier qui quittait la base du tube central en acier et qui, se recourbant sur lui-même, remontait vers la paroi supérieure de la bombe qu'il traversait.

La bombe proprement dite était remplie d'une matière calorifuge. On y introduisait également un gaz sous pression, sans quoi le tube en fer intérieur n'aurait pas pu résister à la pression de l'intérieur vers l'extérieur à laquelle il était soumis.

M. B.

(1) Voir *La Technique Moderne*, dans le présent numéro, p. 297.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Torpilleur blindé semi-submersible.

D'après diverses informations, l'Amirauté russe aurait adopté récemment un type curieux de torpilleur. Le principe qui a guidé la conception de ce navire est de réduire sa vulnérabilité sans lui enlever ses qualités offensives. La protection est augmentée par deux procédés adoptés simultanément : blindage et réduction des œuvres mortes. Le blindage consiste en un pont cuirassé, très convexe, qui tient lieu à la fois de pont et de ceinture. Ce pont protège le bateau jusqu'à 17 cm au-dessous de la flottaison normale. De plus, par le remplissage d'une série de water-ballasts, le navire peut s'enfoncer de 50 cm, en diminuant d'autant la cible offerte aux coups et en perdant un peu de vitesse. Voici quelques données numériques du projet :

Longueur, largeur et creux : 74 m × 8 m 50 × 3 m 20 ;
Tirant d'eau AR, normal et submergé : 2 m 20 et 2 m 70 ;
Hauteur métacentrique, normale et submergée, 1 m 50 et 1 m 30 ;
Déplacement normal et submergé, 620 et 845 tonnes ;
Vitesse, au déplacement de 845 tonnes : 27 nœuds 5 ;
Armement : 2 canons de 120 TR, 4 mitrailleuses, 8 tubes lance-torpilles sous-marins de 450mm ;
Protection : partie supérieure du pont, 38 mm, parties latérales (talus), 63 mm ;
Munitions : 12 torpilles, 192 projectiles de 120, 8 100 coups par mitrailleuse ;
Puissance des turbines, 11 000 chevaux;
Capacité des soutes à combustible liquide, 31 tonnes.
(Cette capacité peut être portée à 256 tonnes en utilisant les compartiments d immersion).
Rayon d'action à 10 nds, avec 31 tonnes de combustible: 620 milles.
Rayon d'action à 10 nds, avec 256 tonnes de combustible: 5 000 milles.
Rayon d'action à 27 nds, avec 256 tonnes de combustible: 880 milles.

Poids :	Coque	185 tonnes.
	Blindage	150 —
	Machines	99 —
	Chaudières et eau	118 —
	Combustible	31 —
	Torpillerie	12,4 —
	Artillerie et munitions	24,8 —
		620,2 tonnes

La carapace blindée ne s'étend que sur 70 % de la longueur, c'est-à-dire qu'elle protège les compartiments qui contiennent les chaudières et les turbines, ainsi que les 2 postes des torpilles à l'avant et à l'arrière. Une passerelle légère réunit, au-dessus du pont, les 2 kiosques blindés situés au-dessus des postes des torpilles, et ces kiosques servent de base aux deux canons de 120. L'avant du torpilleur est défendu contre la mer par une petite teugue.

C. N.

Digitized by Google

DESSIN INDUSTRIEL

Nouvelle machine à tirer les bleus à marche continue.

Dans l'industrie moderne, la « standardisation » de la construction confère, au dessin d'atelier, un rôle tous les jours plus important, et c'est une nécessité industrielle de pouvoir produire le bleu rapidement et à bon marché.

La méthode primitive consistait à exposer au soleil, le calque et le papier dans un châssis plat sous verre ; mais ce procédé était tellement lent que toutes les usines ayant besoin d'une production régulière de bleus durent recourir à la lumière artificielle.

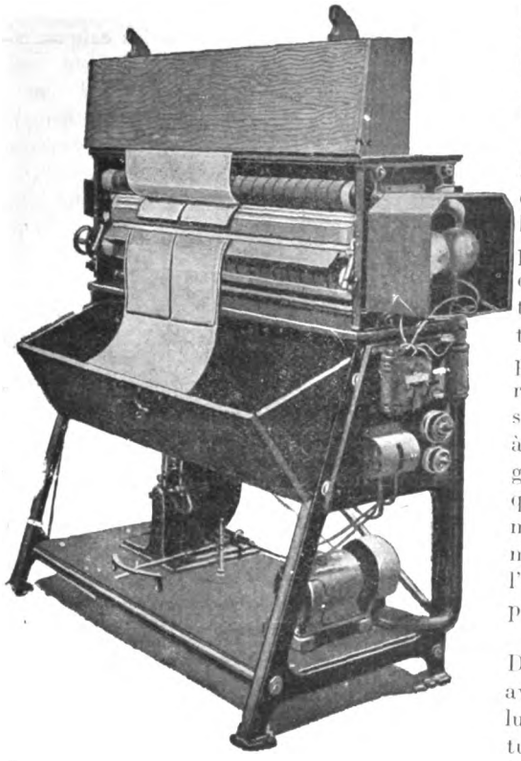


Fig. 1. — Vue de la nouvelle machine à tirer les bleus.

On employa les lampes à arc ordinaires puis les lampes à vapeur de mercure, qui ont l'avantage de présenter un spectre presque entièrement composé de radiations à courte longueur d'onde, qui en font la meilleure des lumières pour l'impression des papiers photographiques. D'autre part, avec une source lumineuse ponctuelle comme l'arc à charbons, il est très difficile de réaliser un éclairement uniforme sur toute la surface du calque, et par suite d'avoir un bleu de la même coloration sur toute son étendue. Au contraire, avec les lampes à vapeur de mercure où la partie lumineuse est constituée par un tube ayant une intensité lumineuse absolument constante sur toute son étendue, il est facile d'avoir un éclairement égal sur tout le calque ; il suffit par exemple de l'étendre sur un cylindre de verre dans l'axe duquel on place la lampe à vapeur de mercure. On trouva d'ailleurs commode de renoncer au châssis qui n'est utilisable pratiquement qu'avec des calques ayant tous la dimension du châssis.

Un appareil construit par la Westinghouse Cooper-Hewit C° Ltd est conçu comme nous l'avons dit plus haut : un tube est placé au milieu d'un cylindre de verre d'environ 30 cm de diamètre et 130 cm de longueur ; le calque et le papier sont posés sur le verre, et recouverts par une toile qui est ensuite serrée énergiquement, de manière à obtenir un contact parfait entre le calque et le papier sensible, ce qui est indispensable si on veut avoir des traits nets et d'épaisseur régulière.

Cet appareil, quoique plus rapide qu'un appareil à châssis et qui est suffisant pour une petite usine, ne permet pas cependant de produire assez de bleus pour une administration ou une usine importante. On doit lui substituer alors l'appareil représenté sur la figure 1, qui est un appareil à marche continue et dont la description fait spécialement l'objet de cette étude.

Dans beaucoup d'appareils à marche continue, le cylindre est fixe et le papier et le calque sont entraînés par une courroie continue ; ceci présente de nombreux inconvénients, les calques neufs ne glissent pas toujours et cela peut causer un déplacement du calque par rapport au papier produisant des lignes brouillées sur le bleu ; entre autre la friction entre le verre et le calque enlève rapidement l'encre de la surface ; de sorte que les lignes ne restent pas opaques, d'où résultent des tirages mauvais et des dessins abîmés.

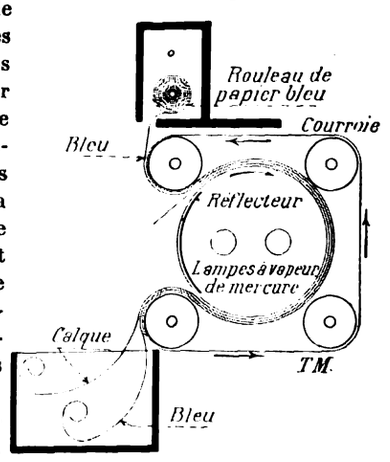


Fig. 2. — Coupe schématique de la machine à tirer les bleus.

Dans la machine en question, le cylindre est mobile. Il repose sur une trentaine de courroies étroites qui s'enroulent sur 4 cylindres en bois, mobiles autour de leur axe ; le cylindre de verre prend appui sur les cylindres antérieurs, surtout sur le cylindre inférieur (figure 2). Un de ces cylindres (le cylindre antérieur inférieur) est entraîné par un petit moteur à vitesse constante de 1/16 de cheval et entraîne lui-même, dans son mouvement, par l'intermédiaire des courroies, les trois autres cylindres de bois et le cylindre de verre.

Le mouvement n'est pas transmis directement du moteur au cylindre, mais, par l'intermédiaire d'un changement de vitesse à friction (figure 3), le moteur entraîne un disque plat vertical D_1,

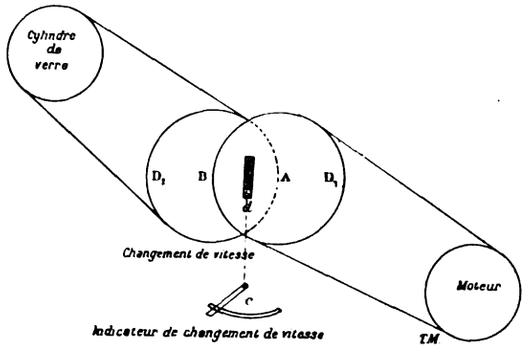


Fig. 3. — Schéma de la transmission de mouvement dans la machine à tirer les bleus.

le cylindre est entraîné par un disque plat vertical D_2 parallèle au premier. Le mouvement du premier disque est communiqué au second par un disque plat d, perpendiculaire aux deux autres, et que l'on peut déplacer de la position A à la position B (figure 3), de manière à faire varier la vitesse du cylindre de verre depuis 0 jusqu'à une vitesse maximum tangentielle voisine de 275 m à l'heure. L'adhérence entre les disques est obtenue à l'aide d'un ressort. La position du disque D est repérée à l'aide d'un indicateur à cadran c, de sorte qu'il suffit de répéter une fois pour toutes sur ce cadran les diverses vitesses auxquelles la machine doit tourner pour les différentes espèces de papier que l'on utilise.

La source lumineuse est constituée par 2 tubes à vapeur de mercure à forte intensité ; un réflecteur occupe la partie du cylindre qui n'est pas couverte par les courroies.

Ces 2 tubes sont montés en parallèle, si on dispose de courant continu à 110 volts ; et en série si on dispose de courant continu

Digitized by Google

à 220 volts; ils appartiennent soit au type de 7 ampères (fig. 4), soit au type de 15 ampères (fig. 5).

Ces tubes sont disposés horizontalement. Pour éviter toute condensation de mercure dans les tubes, condensation qui pourrait arrêter une partie de la lumière, ils sont munis de très grosses ampoules P (fig. 4 et 5) où toute la vapeur de mercure se condense. Le tube de 15 ampères comprend 2 anodes Q (figure 5) qui fonctionnent en parallèle.

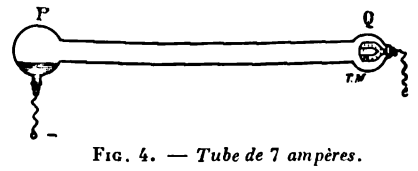


FIG. 4. — *Tube de 7 ampères.*

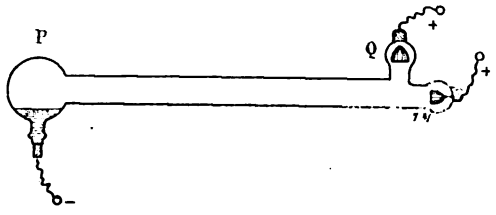
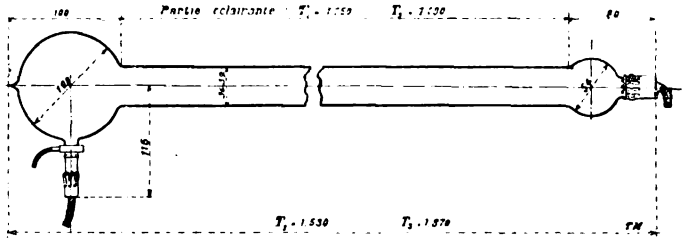


FIG. 5. — *Tube de 15 ampères.*

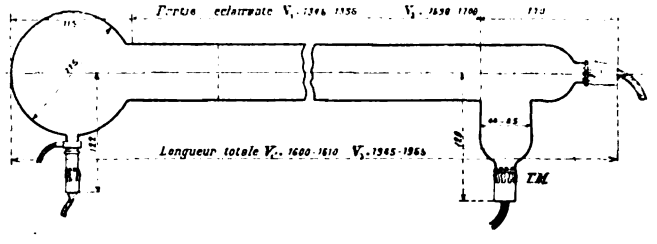
FIG. 4 e 5. — Schéma des tubes à vapeur de mercure.

Pour éviter un trop fort échauffement du cylindre, une soufflerie envoie un courant d'air violent à travers le cylindre.

Ces tubes sont à allumage statique, c'est-à-dire sans basculement; l'allumage est effectué en superposant momentanément aux bornes du tube, à la tension instantanée obtenue par la décharge d'une bobine de self dont on coupe le circuit à l'aide d'un interrupteur à mercure. Tous les organes nécessaires à cet amorçage



Tube T.



Tube V.

FIG. 6. — Encombrement des tubes.

sont disposés sur un tableau placé à l'extrémité de l'appareil, les rhéostats qui sont montés en série avec les tubes, sont placés sur la partie postérieure de la machine.

Les tubes de 15 ampères, qui sont munis de 2 anodes, peuvent être montés sur courant alternatif, chaque anode fonctionnant à tour de rôle, le courant qui traverse le tube étant du courant toujours de même sens suivant le principe bien connu du convertisseur à vapeur de mercure.

Le papier et le calque sont introduits à la partie supérieure du cylindre, comme on le voit sur la figure 2, et après impression viennent tomber sous l'action d'une brosse qui les détache du cylindre dans une caisse réservée à cet effet. La rotation du cylindre est instantanément arrêtée en pressant avec le pied sur un bouton qui se trouve à la partie inférieure de l'appareil, et le cylindre peut être déplacé à la main dans n'importe quel sens. Ceci est spécialement utile si on a affaire à de vieux calques, car on peut s'apercevoir qu'en entrant dans la machine leurs coins sont repliés et il est nécessaire d'arrêter immédiatement et de les ressortir de la machine.

Enfin, dans le cas où l'on voudrait faire un tirage absolument continu, le rouleau de papier sensible peut être placé dans une boîte fermée à la partie supérieure de l'appareil (voir fig. 2); l'extrémité du rouleau est engagée dans la machine et le rouleau se déroule régulièrement à travers la machine; il n'y a qu'à introduire les calques successivement les uns derrière les autres. Ceci est particulièrement commode quand on a à tirer le même calque plusieurs fois, à peine l'extrémité du calque est-elle sortie à la partie inférieure du cylindre qu'on peut l'engager de nouveau à la partie supérieure.

La vitesse de tirage dépend de la transparence des calques et de la sensibilité du papier. On peut employer n'importe quel papier : papier ferro-prussiate (traits blancs sur fond bleu), papier héliographique ou héliotype (traits noirs sur fond blanc), au cyano-fer (traits bleu foncé sur fond blanc), papier sépia (traits blancs sur fond brun), etc...

Avec le papier ordinaire ferro-prussiate rapide, dans la machine munie de 2 tubes de 7 ampères, la vitesse linéaire est environ de 1 m à 1m,25 par minute, ce qui fait 60 à 75 m à l'heure respectivement ; mais des bleus suffisamment distincts pour l'usage dans l'atelier peuvent être obtenus à une vitesse de 200 m à l'heure. Si la machine est munie de 2 tubes de 15 ampères, la vitesse de tirage est à peu près doublée.

La consommation est de 1 750 kilowattheures pour la machine munie de tubes de 7 ampères et de 3 500 kilowattheures pour la machine munie de tubes de 7 ampères, ce qui, en comptant le kilowattheure au prix moyen de 0 fr 20, donne 0 fr 0017 comme prix du mètre linéaire de bleu à la vitesse de 200 m.

Les machines sont construites en deux dimensions consommant la même énergie électrique ; l'une permettant de tirer les bleus d'une largeur de 1 100 mm, l'autre des bleus d'une largeur de 1 500 mm. Avec les machines de ce dernier type, le tirage revient donc à 0 fr 012 le m carré. Cette machine, qui est d'une construction simple et robuste et qui n'est sujette à aucun déréglage, peut être confiée sans danger à une femme ou à un enfant, ce qui permet de réduire la main-d'œuvre nécessaire pour le tirage des bleus.

Maurice LEBLANC.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Sur l'emploi des transformateurs dans les réseaux de distribution.

L'économie consécutive à de faibles pertes dans les parties magnétiques et électriques de tout transformateur, et en particulier des transformateurs abaisseurs employés dans les distributions urbaines d'énergie, a été suffisamment démontrée pour que nous n'y revenions pas.

Nous limiterons donc l'objet de cette note à certaines considérations, qui présentent en exploitation une importance au moins égale à la perfection organique de ces appareils (choix de l'emplacement, sélection des capacités, choix du mode d'enroulement au primaire et au secondaire, etc...) et dont les conséquences ont été moins fréquemment mises en lumière.

Au point de vue théorique, l'emplacement optime d'un transformateur de distribution est déterminé par la position du centre de gravité des charges réceptrices qu'il alimente. Pratiquement, un tel emplacement n'est que très rarement accessible et en outre, les charges nominales initialement envisagées ne sont pas la représentation certaine de la puissance effectivement consommée en régime normal.

Digitized by Google

La détermination du centre de gravité d'un secteur de distribution n'en constitue pas moins une indication utile et c'est la raison pour laquelle nous résumons ci-après un procédé simple permettant d'y parvenir.

Ayant établi un graphique sur lequel ont été repérés les différents points récepteurs par rapport à deux axes rectangulaires, on effectue le produit de l'ordonnée de chacun de ces points par l'intensité en ampères qui correspond à sa consommation, et l'on divise la somme de ces produits par la somme des intensités de courant considérées. Le résultat ainsi trouvé représente l'ordonnée du centre de gravité cherché. Il suffit ensuite d'appliquer la même opération au second axe pour déterminer l'abcisse de ce point et disposer ainsi de ses coordonnées géométriques.

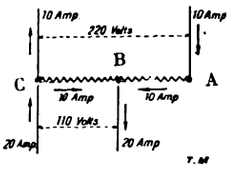


FIG. 1. — Répartition des courants dans un compensateur.

L'un des problèmes les plus complexes qui s'impose dans l'établissement des réseaux de distribution urbains réside dans le choix de la capacité nominale des postes de transformation. Un transformateur destiné au service d'un seul abonné, doit être suffisant pour alimenter la charge totale qui y est connectée, bien qu'il ait à fonctionner la plupart du temps sous une charge qui n'est pas supérieure à quelques pour cent de la capacité nominale.

En reliant judicieusement plusieurs abonnés, on parviendra souvent à remplacer dix transformateurs de 1 kw par un seul appareil de 7,5 kw. et à réaliser ainsi une notable économie dans les dépenses d'établissement, tout en améliorant à la fois le rendement et le facteur de puissance de la distribution. D'ailleurs, la consommation à vide se trouvera simultanément réduite, puisque les pertes totalisées des dix transformateurs de 1 kw ne seront pas inférieures à 200 watts, tandis que celles du transformateur unique de 7,5 kw atteindront seulement 60 watts.

Lorsqu'il n'y a aucun inconvénient à relier électriquement la haute et la basse tension ou lorsque les voltages primaire et secondaire sont peu différents (dans le rapport de 2 à 1, par exemple), il est possible de réaliser une économie sensible sur le prix des transformateurs en faisant emploi de *compensateurs*. Ces appareils ne comportent en effet qu'un enroulement unique sur lequel ont été prévues, en des points judicieusement choisis, différentes prises correspondants aux tensions distribuées.

Pour montrer les propriétés d'un tel appareil, imaginons le cas simple d'une distribution 110/220 volts. En supposant que l'intensité de courant mise en jeu dans le circuit à 220 volts soit de 10 ampères, la répartition des charges en ampères, tant au primaire qu'au secondaire, sera telle que l'indique la figure 1 ci-dessus et l'on observera aisément que, bien que la capacité au primaire AB soit de 1,1 kw, la puissance transformée de 220 à 110 volts est de 2,2 kw et vice versa.

La compensation des chutes de tension en ligne par l'emploi de prises supplémentaires disposées sur le circuit secondaire du transformateur d'un poste central de distribution, bien que fréquemment appliquée, ne constitue pas une pratique recommandable, car si elle assure une régulation satisfaisante du réseau pendant les périodes de pleine charge (quelques heures par jour), par contre, elle soumettra les lampes à une surtension excessive et augmentera désavantageusement les pertes au noyau et le courant d'excitation, durant les périodes les plus fréquentes, de charges partielles. Le véritable remède à appliquer contre les écarts de tension consécutifs à des variations étendues de la charge doit consister dans le choix de conducteurs de section appropriée et dans la multiplication du nombre des feeders.

Le mode de connexion des enroulements transformateurs, principalement sur les réseaux triphasés, constitue également l'un des facteurs essentiels d'une bonne distribution.

Si trois transformateurs monophasés sont associés en étoile tant sur leur primaire que sur leur secondaire, un harmonique de fréquence triple sera induit dans chacun d'eux, occasionnant à la fois un neutre instable et l'éventualité de surtensions. Par un groupement approprié des enroulements secondaires, on assurera la dissipation de l'harmonique 3 et l'élimination des inconvénients qui l'accompagnent. Ainsi, dans le cas le plus général où l'énergie est distribuée par un réseau triphasé à 4 fils, les enroulements primaires des transformateurs doivent être associés en triangle et si, exceptionnellement, ces enroulements sont connectés en étoile, le neutre de cette étoile doit être relié au neutre des générateurs.

On notera cependant que si les enroulements secondaires sont groupés en triangle, le neutre primaire ne devra pas être réuni au neutre générateur, car le moindre déséquilibrage de la tension entre les conducteurs d'alimentation engendrera de forts courants de circulation dans le triangle secondaire et ces courants superposés à la charge utile provoqueront un échauffement anormal.

En résumé, il doit être recommandé de faire choix de l'un quelconque des systèmes de connexions suivants :

Primaire étoile ; secondaire triangle (aucune connexion entre neutres) ;

Primaire étoile; secondaire étoile (neutre primaire relié au neutre générateur).

Et de rejeter les systèmes suivants :

Primaire étoile ; secondaire étoile (sans connexion neutre) ;

Primaire étoile ; secondaire triangle (neutre primaire réuni au neutre générateur).

La mise en parallèle de deux ou plusieurs transformateurs triphasés exige également un examen spécial quant à leur mode d'enroulement respectif. Parmi les dix combinaisons possibles, six d'entre elles sont pratiquement acceptables. Nous les énumérons ci-après :

	CIRCUIT PRIMAIRE (H T)		CIRCUIT SECONDAIRE (B T)	
	Transf. N° 1	Transf. N° 2	Transf. N° 1	Tranf. N° 2
(1)	triangle	triangle	triangle	triangle
(2)	étoile	étoile	étoile	étoile
(3)	triangle	étoile	triangle	étoile
(4)	étoile	triangle	étoile	triangle
(5)	étoile	étoile	triangle	triangle
(6)	étoile	triangle	triangle	étoile

Quant aux quatre dernières combinaisons rappelées ci-dessous, elles ne doivent être appliquées en aucun cas :

(7)	triangle	étoile	triangle	triangle
(8)	étoile	triangle	triangle	triangle
(9)	triangle	étoile	étoile	étoile
(10)	étoile	triangle	étoile	étoile

En définitive, on retiendra que si les constructeurs ont apporté au matériel transformateur, la perfection organique et l'économie, il appartient aux exploitants d'en extraire le meilleur rendement et d'assurer les conditions de durabilité maximum.

A. R. GARNIER.

Enregistreurs de décharges

Ce dispositif est employé, conjointement avec le parafoudre à aluminium, pour enregistrer les décharges se produisant sur l'instrument.

Il se compose (fig. 1) essentiellement d'un système de quatre pointes, montées parallèlement l'une à l'autre, dans un plan vertical, au-dessus d'un tambour en cuivre ; les pointes sont reliées aux

Digitized by Google

colonnes du parafoudre (colonne de ligne et de terre) ; de sorte que toutes les décharges y font jaillir un arc momentané ; entre les pointes et le tambour mécanique est entraînée, par un mécanisme d'horlogerie, une bande de papier que les arcs perforent; la rapidité de déroulement de la bande peut être réglée en agissant sur le mécanisme; l'accouplement entre le tambour et celui-ci est effectué au moyen d'un dispositif à frottement modérément dur ; l'on peut déplacer le papier sans endommager le mécanisme.

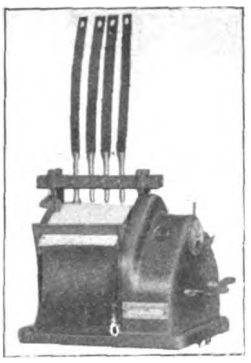


Fig. 1. — Enregistreurs de décharge.

La barre horizontale qui porte les pointes peut être déplacée légèrement sur son support, parallèlement à elle-même, de manière que les décharges ne se produisent pas toujours dans les mêmes régions du tambour.

Le mécanisme d'horlogerie peut marcher huit jours; la réserve de papier est de 20 mètres environ, ce qui suffit pour une trentaine de jours ; on examine la bande journellement ; l'examen se fait par transparence, en faisant glisser la bande devant une forte lampe.

Pour les appareils à basse tension, l'enregistreur se place sur la charpente des parafoudres et il est relié à ceux-ci par un câble souple ; ce dernier traverse le couvercle par une garniture appropriée ; les conducteurs sont rivés aux plateaux avec lesquels ils sont mis en connexion.

Pour les appareils à moyenne tension, l'enregistreur se monte sur une charpente *ad hoc* et il se relie aux colonnes à l'aide de lames de cuivre.

On doit avoir soin, avant de toucher à l'enregistreur, de mettre hors de tension le parafoudre auquel il est relié et de relier à la terre les pointes de décharge.

Les appareils gardent, en effet, après les décharges, une certaine charge électrique qui pourrait ne pas être sans danger.

H. M.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Des mesures à prendre pour la prévention des accidents dans les ateliers de chemins de fer.

De tous côtés, de louables efforts sont faits pour enrayer la marche ascendante du nombre des accidents du travail (1).

En France, d'importantes mesures ont été prises, de notables progrès ont été réalisés.

Des projets de modifications à la loi du 12 juin 1893, qui régit les conditions du travail, au point de vue de l'hygiène et de la sécurité, dans les ateliers, demandés par les membres ouvriers du Conseil supérieur du travail, par l'Association Nationale pour la protection légale des travailleurs, par l'Association de l'hygiène et de la sécurité des travailleurs, sont à l'étude au Ministère du Travail, et il est à désirer qu'une prompte solution soit donnée.

Les Ateliers des Chemins de fer, dont l'importance s'accroît tous les jours, doivent être l'objet d'une surveillance particulière, au point de vue de la protection contre les accidents, et aussi, au point de vue de l'hygiène des travailleurs.

Depuis longtemps, nous nous sommes occupés de cette question, et, avec la collaboration de MM. les Ingénieurs du Matériel et de la Traction, nous avons pu obtenir que l'on prît dans les ateliers de l'ancien Réseau de l'Etat, des mesures rigoureuses pour la prévention des accidents.

Déjà depuis plusieurs années, les principales machines de nos ateliers, les divers modèles de scies, principalement les scies à ruban, les scies circulaires, les machines à raboter, à polir les bois, à percer le bois, à dégauchir, à ébarber, à tourner, à buriner, les meules, les courroies de transmission, etc., etc..., sont pourvus d'appareils de sécurité.

De plus, nous avons fait adopter des aspirateurs de poussières, de copeaux, de fumée.

Nous avons recommandé pour les ajusteurs, les burineurs, les ouvriers qui travaillent au feu, l'emploi de lunettes protectrices, de modèles pratiques, qui mettent les ouvriers à l'abri des éclats, des paillettes de fer, des étincelles, des poussières.

Au point de vue de l'hygiène, nous avons préconisé des masques protecteurs, des masques respiratoires, qui permettent d'éviter les inconvénients de la fumée, des poussières, particulièrement pour les ouvriers chargés de certaines manipulations, pour le nettoyage des laines, pour le cardage des crins.

Nous ne développerons pas le côté technique de la question. Les différents appareils de protection, aujourd'hui perfectionnés, étant bien connus.

Principalement en France, en Allemagne, en Autriche, en Italie, il existe de nombreux appareils de sécurité, ingénieux, simples, efficaces.

Toutes nos Compagnies de chemins de fer ont, depuis longtemps, muni les machines de leurs ateliers, d'appareils de protection.

Nous trouvons au musée de prévention des accidents du travail (Conservatoire National des Arts et métiers) :

Les appareils adoptés par l'ancienne Compagnie de l'Ouest : protège-scie, blindage pour la protection des meules, protecteur « Daussin » pour toupie, protecteur de machine à raboter, à amenage continu, écran protecteur pour machine à percer le bois, pare-éclats pour tourneurs, protecteur de cisaille, passe-courroies, protecteur pour scie circulaire à tronçonner, protecteur « Bouteloup-Lerosier » pour scie circulaire, lunettes protectrices, aspirateurs de fumée ;

Les appareils adoptés par la Compagnie de l'Est : machine à dégauchir, galerie pour le travail des pavillons des véhicules, meules avec aspirateurs de poussière, meule pour affutage avec appareil de protection des mains ;

Quelques appareils de la Compagnie du Nord : protège-main pour scies à ruban de Sartiaux ; lunettes pour examen de l'arc électrique de E. Sartiaux ;

Les divers modèles de lunettes protectrices de G. Burgin, de Simmelbauer, de Détourbe, les masques protecteurs, respirateurs de Détourbe, de Bellot, aspirateur de poussière de E. Farcot fils.

Le Docteur Créquy, médecin en chef des Chemins de fer de l'Est, a recommandé récemment un excellent modèle de lunettes protectrices.

Rappelons enfin que le si intéressant livre de M. Henry Mamy *(Comment on défend les ouvriers contre les éclats et les poussières de l'atelier)*, donne une longue description des différentes lunettes et masques protecteurs.

Les résultats obtenus, sur le réseau des Chemins de fer de l'Etat Français, depuis l'adoption des mesures de sécurité dans ses ateliers, est très important et démontre l'efficacité des mesures adoptées.

Les statistiques démontrent que les accidents dans nos ateliers, particulièrement les accidents oculaires, ont subi une diminution très grande, sont devenus très rares, absolument exceptionnels.

En résumé, reconnaissant l'absolue nécessité de protéger nos

(1) Communication au IIe Congrès International pour le Sauvetage et la Prévoyance contre les accidents (Vienne, 1913), par le Docteur P. Redard, médecin en chef des Chemins de fer de l'Etat.

Digitized by Google

ouvriers des ateliers de chemins de fer, nous demandons que les mesures déjà adoptées soient complétées que toutes les machines soient préservées, que des appareils de protection de plus en plus perfectionnés soient prescrits et donnent une sécurité absolue.

P. Redard,
Médecin en chef des Chemins de fer de l'Etat.

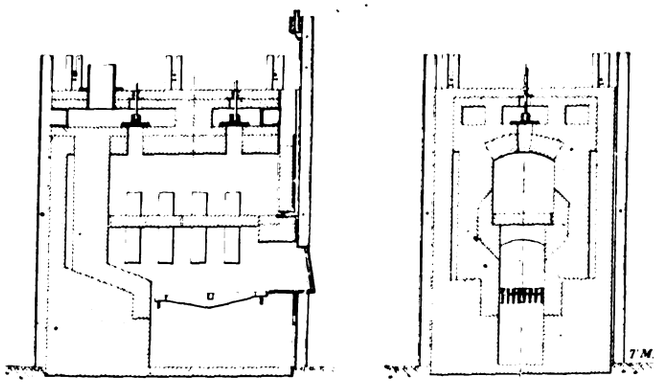
METALLURGIE

Four d'atelier pour traitements thermiques.

Dans tous les ateliers modernes, même de minime importance, le traitement thermique des métaux est pratiqué couramment sur des bases scientifiques.

Un four « universel » comme source de chaleur, un pyromètre comme moyen de contrôler la bonne application du calorique, sont l'outillage indispensable aux opérations usuelles de réchauffage, cémentation, trempe, recuit, etc.

Nous donnerons la description du four Mouratille, que nous avons vu en fonction dans la plupart des usines d'automobiles de la région lyonnaise, et qui présente, grâce à sa construction bien étudiée, au point de vue thermique, des avantages notables sur les forces ordinaires.



Coupe longitudinale. *Coupe transversale.*

Fig. 1 et 2. — Dispositif du four à cémenter et à tremper.

Les figures 1 et 2 montrent la coupe et l'élévation de ce four; il est entièrement construit en maçonnerie de briques rouges avec parement intérieur en briques réfractaires. Des armatures en fer I en assurent la solidité extérieure. Le foyer est disposé sous la sole même de la chambre de chauffe ou laboratoire, dont la porte d'enfournage coulisse verticalement dans une plaque en fonte qui recouvre toute la façade. Des regards de ramonage permettent de nettoyer pratiquement toutes les galeries de récupération, même en pleine marche.

Les flammes pénètrent par les ouvertures latérales, placées de chaque côté de la sole, pour s'introduire dans le laboratoire. De là, les gaz brûlés s'échappent, en partie directement à la cheminée et en partie ou après un retour sur toute la longueur du four.

L'appel se règle au moyen de deux clapets dont l'un, placé à l'arrière du laboratoire, commande le tirage direct à la cheminée et l'autre l'appel avec retours de flammes. Les tiges de manœuvre de ces clapets portent un index, qui indique sur une plaque graduée de 5 en 5 mm l'ouverture des dits clapets.

On peut ainsi faire varier d'une façon très précise la dépression, qui est obtenue à l'aide d'une cheminée seule pour les températures jusqu'à 1 000 degrés, et par l'addition d'une soufflerie pour les températures supérieures.

Le combustible employé est du coke brûlé sur une grille appropriée à la dimension des morceaux ; le décrassage se fait à la façon habituelle.

J. Izart.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

La Commission Internationale d'Eclairage.

La Commission internationale de Photométrie vient de tenir à Berlin, du 27 au 30 août dernier, une importante réunion où s'est décidée son extension et sa transformation en Commission internationale d'Éclairage. Il est intéressant de rappeler en quelques mots l'historique des faits qui ont amené ce développement. La Commission internationale de Photométrie a été créée à Paris, en 1900, à la suite du Congrès de l'Industrie du gaz auquel avaient pris part neuf pays possédant des Sociétés techniques gazières, à savoir la France, l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche, la Belgique, les Etats-Unis, l'Italie, les Pays-Bas et la Suisse. La Commission avait pour objet l'étude de toutes les questions photométriques soulevées par l'industrie du gaz, et en particulier par l'apparition et l'extension des becs à incandescence qui, à cette époque, étaient en plein développement. Ce programme bien délimité provoqua les belles études de E. Sainte-Claire Deville sur le pouvoir calorifique du gaz d'éclairage, d'où il résulta que la détermination du pouvoir éclairant des flammes avait perdu sa signification, et que la mesure du pouvoir calorifique du gaz, véritable pierre de touche de sa bonne qualité, devait être substituée à la détermination de son pouvoir éclairant. Un autre question qui se présente immédiatement d'elle-même et qui déjà élargissait le champ d'action de la commission, fut celle de la comparaison des divers étalons photométriques à flammes en usage dans les différents pays : un étalon à l'acétate d'amyle (Heffner) en Allemagne, étalon au pentane en Angleterre, lampe Carcel en France. Les travaux effectués à ce sujet dans les différents pays par MM. Liebenthal, Paterson, Perot et Laporte, amenèrent à représenter les rapports existants entre ces différents étalons par un tableau, classique aujourd'hui. Ces expériences amenèrent en même temps à ce résultat que les bougies employées en France (bougie décimale), en Angleterre et aux Etats-Unis, étaient si peu différentes qu'une unification devenait possible. Cette unification fut faite par une entente entre les Laboratoires nationaux de ces différents pays (Bureau of Standard de Washington, National Physical Laboratory de Londres, Laboratoire central d'électricité de Paris), l'étalon Heffner, usité en Allemagne, ayant une valeur simple égale à 0,9 de la bougie commune aux trois pays énumérés ci-dessus, un grand pas dans l'uniformité des mesures photométriques était ainsi obtenu. La commission photométrique, qui avait élu en 1900 comme président M. Vautier (de Lyon), tint depuis cette époque, sous la présidence de ce dernier, trois réunions à Zurich (1903, 1907, 1911). Dès sa seconde réunion, la Commission s'adjoignit, pour l'étude des étalons et plus généralement des questions scientifiques intéressant l'éclairage, en représentant des trois laboratoires cités plus haut. Ces représentants furent M. le Dr Brodhun, pour l'Allemagne ; M. Paterson pour l'Angleterre; M. F. Laporte pour la France.

La commission photométrique voyait donc, par la force même des choses, s'élargir son champ d'action, tout en restant un organisme à nombre de membres limités, et empruntés tous (sauf les représentants des trois Laboratoires) aux Sociétés techniques gazières.

Mais, dans ces dix ou quinze dernières années, l'éclairage électrique se développait parallèlement à l'éclairage au gaz avec la vigueur que l'on connaît ; d'autres modes d'éclairage, moins importants mais non négligeables, comme celui de l'acétylène, apparaissaient, et des problèmes nouveaux indépendants du mode de production de la lumière artificielle, se présentaient en foule.

Aussi, pour répondre à ces besoins inattendus, d'importantes sociétés d'ingénieurs éclairagistes se fondaient aux Etats-Unis, en Angleterre et, plus récemment en Allemagne (Illuminating Engineering Society dans les deux premiers pays, Deutsche Beleuchtungs technische Gesellschaft dans le troisième). Puis

Digitized by Google

rapidement, le besoin de relations internationales entre tous ces organismes et les sociétés plus anciennes se faisait sentir : dès 1911, à l'occasion de l'Exposition de Turin, des vœux dans ce sens furent présentés et adoptés tant au Congrès international des applications de l'électricité qu'à la réunion plénière de la Commission électro-technique internationale. La Société anglaise « Illuminating » faisait, sous l'impulsion de M. Gaster, une vive propagande à ce sujet, et d'autre part, la Société américaine, très puissante et très active, se proposait tout d'abord comme but concret et limité d'amener une entente internationale sur la question de nomenclature et de grandeurs photométriques, dont les bases avaient été jetées au Congrès des Electriciens de Genève en 1896 par les beaux travaux de M. Blondel. Pour atteindre ce but, elle proposait la réunion d'une Conférence internationale à la Haye en 1912, et consultait à ce sujet les diverses sociétés intéressées dans les différents pays.

La réponse générale ne pouvait être douteuse : tout en appréciant hautement l'utilité, l'urgence même du but poursuivi, il était impossible de ne pas tenir compte de l'existence de la Commission internationale de Photométrie qui, bien que ne représentant qu'une partie des intérêts attachés aux questions d'éclairage, avait le grand avantage d'être un organisme international existant déjà depuis de longues années, ayant fait ses preuves et montré en toutes circonstances un esprit d'initiative et de sagesse. Le sentiment général fut donc qu'il convenait d'élargir cette commission plutôt que de créer un corps nouveau, et de laisser l'initiative de cet élargissement à la Commission elle-même qui avait déjà, dès sa réunion de 1911, fait un pas dans cette voie, en se proposant d'appeler dans son sein, outre les représentants anciens des Sociétés techniques du pays, des représentants nouveaux, en nombre moindre il est vrai, demandés aux comités électro-techniques nationaux des différents pays.

Cet intéressant projet, étant donné la lenteur inévitable des relations internationales, n'eut pas le temps d'aboutir, et les événements devancèrent sa réalisation : d'ailleurs il n'était qu'un commencement, une ébauche d'une organisation plus vaste. Devant les réponses concordantes arrivées de divers côtés, la société « Illuminating » des Etats-Unis voulut bien renoncer à son intention de réunir une Conférence internationale à La Haye, et attendre l'année 1913, où la présence, à Berlin de nombreux délégués de tous les pays à la réunion, projetée depuis longtemps, de la Commission électro-technique internationale permettrait facilement à la Commission de Photométrie de tenir une session élargie où pourraient être jetées les bases d'une nouvelle organisation. Le délai ainsi obtenu fut utilisé pour la préparation des statuts de la future Commission internationale de l'Eclairage. L'American Gas Institute délégua en Europe l'un de ses membres les plus distingués, qui faisait déjà partie de l'ancienne commission de Photométrie, M. le Dr Hyde. Dans son voyage, M. le Dr Hyde visita les principales personnes dont l'opinion pouvait être utile à recueillir au point de vue de la création projetée. A la suite de cette enquête, une sous-commission de la Commission internationale de Photométrie, composée de M. M. Brodhun (Allemagne), Kusmansky (Autriche), Laporte (France), Paterson (Angleterre), Rosa (Etats-Unis), s'occupa de jeter les bases des statuts d'une commission internationale d'Eclairage. C'est ce projet qui fut discuté à Berlin dans des séances qui eurent lieu les 27, 28, 29 et 30 août. Neuf pays étaient représentés par les personnalités suivantes :

ANGLETERRE	AMÉRIQUE	ITALIE
MM. Butterfield.	MM. Bell.	MM. Böhm
Colman.	Hyde.	Conti.
Duddell.	Kennelly.	Clerici.
Edgecumbe	Mailloux.	Sales.
Gaster.	Miller.	Vallauri.
Le Maistre.	Dr Sharp.	
Paterson		BELGIQUE
		M. Greyson de Schodt.

ALLEMAGNE	AUTRICHE	FRANCE
MM. Bloch.	MM. Kusminsky.	MM. A. Broca.
Bunte.	Strache.	P. Janet.
Drehschmidt.		F. Laporte.
Brodhun.	HOLLANDE	Masse.
Eitner.	MM. A. Feldmann.	Vautier.
Görges.	M. de Haas.	
Krüss.	W. Niermeyer.	SUISSE
Mohr.	J. van Rossum du Chattel.	MM. Filliol.
Monasch.	Terneden.	Gerwer.
Weber.		Ott.
		Weiss.

La France était représentée par deux délégués de la Société technique du gaz, MM. Masse et Vautier, deux délégués de la Société internationale des Electriciens, MM. A. Broca et P. Janet, et un délégué du Laboratoire central d'Electricité, M. F. Laporte.

La session, considérée comme une session ordinaire de la Commission de Photométrie, fut ouverte et présidée par M. Vautier, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, qui, dans un discours magistral, exposa avec une clarté parfaite toute l'histoire que nous venons de rappeler. La discussion des statuts proposés fut longue et minutieuse ; il serait sans intérêt de la résumer ici. Les statuts de la nouvelle Commission internationale de l'Eclairage, qui furent adoptés à l'unanimité à la séance de clôture et qui deviendront officiels lorsqu'ils auront été ratifiés par les Sociétés adhérentes, prévoient la formation, dans les différents pays, de Comités nationaux de l'Eclairage, émanation des principales sociétés gazières, électriques ou autres, s'occupant de l'Industrie de l'Eclairage. Ces comités nationaux procèdent, en règle générale, à la nomination des délégués internationaux ; toutefois, certaines sociétés, d'une importance dûment reconnue, peuvent, après entente avec le bureau du comité national, désigner des délégués pour les représenter directement aux séances de la commission internationale. Les autres et nombreux articles des statuts, fort importants pour le fonctionnement de la nouvelle commission, n'ont qu'un intérêt secondaire ; nous ne nous y arrêterons pas. Signalons cependant la formation de sous-comités ayant pour mission l'étude de certaines questions particulières ; parmi ces questions, celle qui se présente immédiatement est la discussion de propositions américaines sur la définition et la nomenclature des grandeurs photométriques ; puis viendra certainement la question difficile de l'étalon lumineux international ; d'importantes études sont en cours à ce sujet ; nous ne pouvons que les signaler ici.

Tel est le travail qui a été accompli à Berlin pendant quatre jours de séances particulièrement bien remplis, pendant lesquels les conversations et les réunions officieuses, plus importantes dans ces questions d'entente internationale que les séances régulières, se sont souvent prolongées fort avant dans la nuit. La réunion a d'ailleurs été, malgré les difficultés inévitables d'une période d'organisation, particulièrement cordiale, et la belle réception que nous a faite, au Zoological Garten, la « Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschafft », laissera certes chez tous ceux qui y ont été conviés des souvenirs de haute courtoisie internationale. Pour la première fois, gaziers et électriciens qui, pendant si longtemps, ont été plutôt des concurrents que des collaborateurs, se sont trouvés réunis dans un but d'intérêt général, commun aux uns et aux autres ; le plus sincère désir d'entente était chez chacun, et nous estimons que les statuts très libéraux de la commission de l'Eclairage, qui sont sortis des réunions de Berlin, permettent de bien augurer de l'avenir et d'espérer que le nouvel organisme contribuera à faire progresser cette science et cet art si modernes de l'éclairage artificiel.

JANET,
Directeur de l'Ecole supérieure d'Electricité.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Electrolyse dans des dissolutions non aqueuses. — Sous cette rubrique, on peut ranger l'électrolyse des sels organiques dans les acides fondus. On savait déjà qu'en faisant passer le courant dans de l'orthonitrobenzoate de potassium dissous dans l'acide orthonitrobenzoïque fondu, sans diaphragme, on obtient de l'orthonitrobenzène, que les sels de cuivre des acides nitrés fournissent par électrolyse les hydrocarbures correspondants.

Or, M. *Schall*, en soumettant à l'électrolyse le sel de potassium de l'acide orthonitrobenzoïque et en se servant d'un diaphragme (un vase poreux dans lequel se trouvait la solution du sel de potassium) et d'électrodes de platine, n'obtint pas trace de nitrobenzène ni à l'anode ni à la cathode, mais le liquide du compartiment cathodique a l'odeur de l'aniline, d'où l'on peut conclure qu'il s'est d'abord formé du nitrobenzène, qui a été réduit ultérieurement ; le liquide anodique fournit, par entraînement à la vapeur d'eau, de l'orthonitrophénol et un résidu noir, pâteux, d'où l'on tire un corps solide, produit de décomposition électrolytique, de l'orthonitrobenzoate de potassium.

(Communication de M. *Schall*, Hauptversammbung der deutschen Bunsen-Gesellschaft für augewandte physikalische Chemie Breslau, 3-6 août 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Influence de la pression sur la température des lampes à arc. — D'après M. *Violle*, la température de l'arc électrique, au cratère, est la température de volatilisation du carbone. M. *Lummer* entreprend des recherches pour voir si réellement le carbone bout comme l'eau, autrement dit, si la température d'ébullition croît quand la pression augmente. La température du cratère du charbon positif peut être évaluée à 4 000°, celle du négatif lui est inférieure de 600° à 700° ; selon certains auteurs, la température du cratère dépendrait de l'intensité du courant et de la longueur de l'arc ; selon d'autres, elle en serait indépendante. Si la température dépendait de la pression, on pourrait, en augmentant cette dernière, faire monter la température de l'arc bien au-delà des températures actuelles et obtenir ainsi un meilleur rendement lumineux. Les expériences en cours semblent autoriser cet espoir.

(Communication de M. *Lummer*, Deutsche beleuchtungstechnische Gesellschaft, Leipzig, 31 mai 1913.)

Effets de la glace sur les lignes de transmission établies sur isolateurs de suspension. — Il a été reconnu que les fils des lignes de transmission établies sur des isolateurs de suspension ne conservent pas leur position relative aussi bien que ceux qui sont placés sur des isolateurs droits.

Des expériences ont été opérées à ce sujet sur la ligne mise en service, vers la fin de 1911, par la Washington Water Power Company, de Spokane (Washington). Cette ligne a 45,1 km ; elle va de l'usine génératrice de Little Falls à la sous-station de Spokane.

Les conducteurs, de chaque côté des supports, sont espacés de 2^m, 13 dans le plan vertical ; ils sont formés de câbles d'aluminium de 136^{mm}, 8 ; deux câbles en acier Siemens-Martin, de 9^{mm}, 53 de diamètre, les surmontent, pour les protéger contre la foudre ; les éléments isolants ont 25,4 cm de diamètre ; ils sont employés par 4 en série ; la longueur totale de la suspension, depuis le point d'attache jusqu'à l'axe du conducteur, est de 87 cm ; les portées normales sont de 228 m, mais la moyenne est en réalité de 190 m ; la hauteur des tours est de 12^m, 2, 15^m, 2 et 18^m, 3 ; c'est la seconde hauteur qui domine (189 sur un total de 225).

Pendant les premiers temps, la ligne donna de bons résultats, mais à partir de décembre, avec la saison des brouillards et de la gelée, les dérangements (courts-circuits) devinrent tellement fréquents que la ligne fut rendue pour ainsi dire inutilisable.

On a pu se convaincre, au bout de quelques jours, que ces dérangements provenaient de la rupture de l'équilibre des charges : la glace attachée aux conducteurs ne se détachait pas en même temps pour tous ; sur les portées restant chargées, il se produisait une augmentation considérable de la flèche. Dans la suite, en chargeant certaines portées artificiellement, on a remarqué que les câbles d'une même portée peuvent aisément venir en contact l'un avec l'autre, par suite du fléchissement des chaînes isolantes de suspension. On ne peut se borner, pour remédier à ce défaut, à placer les conducteurs l'un à côté de l'autre, dans un même plan horizontal, parce que l'on ne se mettrait pas ainsi à l'abri de fléchissements excessifs et dangereux. La solution est plus complexe : elle demande que l'on tienne compte de toutes les particularités mécaniques de l'installation ; il y a lieu aussi d'envisager l'emploi de câbles d'acier, de câbles mixtes (cuivre ou aluminium avec âme d'acier), de cuivre dur ; l'application d'isolateurs tendeurs est un remède efficace ; un autre, serait le raccourcissement des chaînes de suspension à la plus petite longueur possible.

(Communication de M. *V. H. Greisser*, American Institute of Electrical Engineers, Vancouver, B. C., septembre 1913).

L'électricité dans le transport des bois. — Des essais pratiques qui viennent d'être faits dans l'Idaho, par la Potlach Lumber Company, d'Elk River, ont montré une fois de plus la grande supériorité économique des installations de commande électrique sur les installations à vapeur, pour les entreprises isolées, ayant à fonctionner avec un personnel mal préparé à assurer le fonctionnement de machines, etc. Il est à présumer que la tentative faite par cette compagnie servira de modèle pour les innombrables entreprises du même genre qui existent dans le pays. Il s'agit d'une installation pour le transport des bois, dans une région montagneuse ; cette installation appartient à la catégorie des transporteurs à câble, mais elle est de construction simplifiée, comprenant simplement un câble porteur ancré à un support spécial, à l'un de ses bouts et au treuil, à l'autre bout ; un chariot est mobile sur ce câble ; il est commandé, par l'intermédiaire d'un câble, à l'aide du treuil prémentionné.

Généralement, dans les installations de cette espèce, la force motrice est produite au moyen d'une machine à vapeur ; la caractéristique de l'équipement de la Potlach Lumber Company est d'employer un moteur électrique ; ce moteur a une puissance de 150 chevaux ; il fonctionne sous une tension de 550 volts ; il est alimenté par un transformateur triphasé, relié à une ligne de 11 000 volts. L'économie annuelle réalisée dépasse 100 000 francs.

(Communication de M. *E. J. Barry*, American Institute of Electrical Engineers, Vancouver, B. C., septembre 1913).

Courts essais d'échauffement des machines électriques. — La durée de 6 heures pour les essais, ordinairement employée, pourrait être réduite si la courbe d'élévation de température était supposée logarithmique. Des essais faits sur un moteur de 5 kw montrèrent que cette courbe était sensiblement logarithmique. La méthode habituelle consiste à faire tourner la machine sous charge constante, avec un voltage constant, ce qui oblige à augmenter le courant, lorsque la résistance du champ inducteur s'élève avec la température. On aurait une courbe logarithmique réelle si la perte de chaleur était constante, et on aurait de meilleurs résultats si, le courant inducteur et la charge étant constants, on faisait seulement varier le voltage. Cependant, par cette méthode, les résultats ne furent pas meilleurs. On ne put utiliser que certaines parties de la courbe d'élévation de température. Il faut éviter les formules qui dépendent de la vitesse d'accroissement de la température au départ. La courbe de refroidissement semble le meilleur moyen pour déterminer la constante thermique de temps. Il est peu probable que l'on abandonne la durée de six heures, car c'est une garantie de la machine.

Il est à supposer que de courts essais peuvent être utiles pour avoir des données sur une machine à charge intermittente.

(Communication de M. W. *R. Cooper*, British Association, 16 septembre 1913.)

Essai de toiles isolantes [1]. — La Société Internationale des Electriciens a fait effectuer une série d'essais ayant pour objet l'identification et la qualification des toiles isolantes employées dans les constructions électriques. Les essais ont été exécutés au Laboratoire Central d'Electricité d'octobre 1912 à mars 1913, suivant un programme élaboré par la 1re Section du Comité de la Société, et faisant partie d'une étude générale entreprise sur les isolants.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 5 (1er mars 1913), p. 161.

Digitized by Google

Les toiles enduites, qui constituent sous forme de bandes, de lanières et de rubans, l'un des éléments essentiels de l'isolation des machines et des transformateurs, ont été choisies pour cette série d'épreuves. Les échantillons ont été prélevés dans des toiles du commerce, dont les spécifications sont les suivantes :

Toile V_1. — Toile jaune dite de première qualité, en fine mousseline, imprégnée d'huile de lin oxydée ; épaisseur 0,2 mm ; tension de percement indiquée : 8 000 volts, à la température atmosphérique.

Toile V_2. — Toile jaune, dite de deuxième qualité, en linon ordinaire, de teinte légèrement plus orangée que la toile V_1 ; épaisseur 0,2 mm, tension de percement indiquée : 8 000 volts, à la température atmosphérique.

Toile N. — Toile noire, en linon ordinaire, épaisseur 0,2 mm ; tension de percement indiquée : 8 000 volts, à la température atmosphérique.

Toile W. — Toile jaune, dite de première qualité, en canevas fort, imprégnée d'huile de lin oxydée ; épaisseur 0,4 mm ; tension de percement indiquée : 16 000 volts, à la température atmosphérique.

Ces essais ont été répartis en épreuves électriques, physiques, mécaniques chimiques et de vieillissement. Les épreuves les plus caractéristiques ont été les suivantes :

Mesure de la rigidité diélectrique transversale sous tension alternative, dans des conditions ordinaires de température et de degré hygrométrique :

La tension moyenne de percement obtenue est de :

Toile	V_1	6 480 volts
—	V_2	5 400 —
—	N	6 230 —
—	W	7 630 —

Pour fixer l'influence de la chaleur sur la rigidité diélectrique transversale il était intéressant de reconnaître comment les toiles enduites se comportent, aux températures élevées auxquelles elles peuvent se trouver soumises à l'intérieur de machines mal ventilées ou de transformateurs à circulation d'huile défectueuse, et qui peuvent atteindre plus de 100°. Les essais ont été effectués aux températures d'étuvage de 70° et 120°, pour des durées d'épreuve jusqu'à 30 jours, et dans trois conditions différentes : dans l'air, entre fer et cuivre, et dans l'huile. La chaleur de 70° provoque, dans les premiers jours, une chute de rigidité d'environ 15 % ; le point critique ayant lieu vers le 5e jour d'étuvage ; la résistance d'isolement s'accroît ensuite pour devenir sensiblement supérieure à celle d'origine. Dans l'essai à 120°, au contraire, la décroissance est nettement continue :

	Tension de percement à l'air	
	avant étuvage	après 30 jours sous 120°
Toile V_1	6 410 v	5 110 v
— V_2	5 490	4 210
— N	7 590	6 000
— W	8 260	4 930

Entre fer et cuivre, la diminution est sensiblement du même ordre que dans l'air. Dans l'huile, au contraire, les courbes se relèvent presque immédiatement pour atteindre, vers le 5e jour d'étuvage, des valeurs qui dépassent de plusieurs milliers de volts la tension ordinaire de percement, par suite de l'imprégnation de l'huile ; mais, à la longue, l'huile elle-même se décompose et perd son pouvoir isolant, et la tension de percement a une tendance à décroître de nouveau.

L'influence de l'humidité était particulièrement intéressante à étudier, les toiles isolantes étant notablement hygroscopiques. Dans certaines installations, humides ou trop voisines des chaufferies, dans les souterrains et les mines, la vapeur d'eau dont est chargée l'atmosphère imprègne les toiles, principalement pendant les périodes d'arrêt, alors que les enroulements ne sont plus chauffés par le passage du courant. L'influence de l'humidité saturée est nettement mise en évidence par le tableau ci-dessous :

Toiles	Temps d'imprégnation	Tension de percement
V_1	origine	6 410 v
	1 jour	3 770 v
	20 jours	2 240 v
V_2	origine	5 490 v
	1 jour	4 140 v
	5/20 jours	2 650 v/2 280 v
N	origine	7 590 v
	1 jour	3 650 v
	5/20 jours	2 770 v/2 150 v
W	origine	8 260 v
	1 jour	5 500 v
	5/20 jours	3 130 v/2 780 v

Ces durées d'imprégnation ont été réalisées par l'exposition d'éprouvettes à l'intérieur d'une cloche dont l'atmosphère était saturée de vapeur d'eau.

Quant aux fortes pressions, que l'on aurait pu supposer de nature à compromettre la rigidité diélectrique par l'écrasement des toiles, elles ont un effet contraire jusqu'à 75 kgs. La légère augmentation produite, diminue à partir de ce chiffre pour descendre, avec 100 kg, à environ 90 % de la valeur d'origine.

Le pouvoir spécifique inducteur atteint les valeurs suivantes : $V_2 = 10$; $V_1 = 9{,}1$; $N = 9{,}7$; $W = 5{,}7$.

Les toiles minces ont donc un pouvoir spécifique bien plus élevé que celui des isolants considérés comme très inducteurs, tels que le mica ($K = 6$ à 7) ou la cellulose ($K = 7$). Cette apparence de conductibilité provient en réalité beaucoup plus de la matière imprégnante que de la toile elle-même, qui, en réalité, présente une résistance transversale très grande.

Le mesure des pertes dans les toiles a mis en évidence la croissance considérable de ces pertes avec l'élévation de température principalement au-dessus de 60° C.

Des essais mécaniques ont été effectués pour contrôler les effets de la traction et du cisaillement. Il en résulte que la ténacité des toiles enduites dépend principalement de la trame, la présence de l'enduit ayant peu d'effet à cet égard ; ainsi la toile V_1, dite de première qualité, est moins résistante que la toile V_2, dite de deuxième qualité, et que la toile noire N. La résistance au cisaillement, lequel peut se produire par des coincements au montage ou en service, est assez variable : les toiles jaunes V_1, V_2, W sont moins résistantes au cisaillement qu'à la traction ; la toile noire N, au contraire, paraît un peu plus résistante. La résistance mécanique de toutes les toiles diminue d'ailleurs avec la chaleur, notamment vers 120° C.

Un certain nombre d'essais physiques ont en outre été effectués, principalement au point de vue de la pénétrabilité par les liquides. La pénétrabilité des toiles par l'eau varie en raison inverse de leur teneur en matière isolante ; on peut en conclure ainsi que les toiles sont d'autant moins perméables à l'eau qu'elles sont p us rigides diélectriquement. Pour toutes les toiles de faible épaisseur, la saturation est atteinte aux environs du cinquième jour d'immersion, et pour la toile W, d'épaisseur double, vers le dixième, la matière isolante subit un commencement de dissolution dans l'eau.

Les isolants imprégnés d'eau sont susceptibles, à la suite d'un étuvage modéré et suffisamment prolongé, de recouvrer dans une certaine mesure leurs propriétés diélectriques ; une journée d'étuvage à 70° C suffit à ramener la rigidité des toiles à sa valeur primitive, et un temps plus ong l'abaisserait à nouveau.

La pénétrabilité par l'huile présente un grand intérêt pour l'isolation des transformateurs dans l'huile. Celle-ci forme autour des conducteurs une gaine isolante, dont le pouvoir s'augmente de la rigidité de la toile; toutefois, l'enduit de cette dernière est dilué par l'huile, et il en résulte une déperdition de matière d'autant plus sensible que l'huile est plus chaude. Tandis que les toiles jaunes V_1, V_2, W se laissent pénétrer par une quantité d'huile relativement faible, la toile noire N en absorbe une quantité 7 à 8 fois plus grande.

Au point de vue physique, la chaleur est à peu près sans action sur les toiles isolantes jusque vers 100° C ; de 120 à 140° C, elles se rigidifient, et à 190° C leur détérioration est complète. Tout échauffement dépassant 100° C est donc nuisible aux enrubannages.

Parmi les essais chimiques, le plus intéressant pour l'identification est celui de la teneur en isolant, qui a donné les indications suivantes :

Toiles :	V_1	V_2	N	W
Teneur en isolant (pour 100) :	59,3	56,7	63,7	57.1

Une série d'épreuves de vieillissement a été effectuée, en vue de résoudre la question de conservabilité, intéressante en ce qui concerne l'emmagasinage et l'exposition du matériel électrique. Dans un local du Laboratoire, comparable à une salle de magasin, un séjour de 5 mois n'a pas altéré la ridigité diélectrique des échantillons. Ceux exposés aux intempéries sous un appentis ont au contraire été beaucoup dépréciés (percement de 2 940 v à 4370 v).

Le vieillissement artificiel par les effluves électriques, qui constitue une épreuve artificielle de vieillissement, a pour effet d'abaisser la rigidité diélectrique des toiles jaunes d'un millier de volts, et celle de la toile noire de 3 000 volts environ. Les résultats sont comparables à ceux du vieillissement ordinaire, sans être aussi pernicieux que le vieillissement à l'air humide et froid.

(Rapport de M. *Bureau*, Société Internationale des Electriciens, 3 mai 1913.)

Digitized by Google

Câble téléphonique sous-marin du golfe de Géorgie. — L'on vient de poser dans le golfe de Géorgie, entre Point-Grey et Nanaimo (Colombie britannique), un câble de charge uniformément répartie, qui représente la première application de ce système en Amérique.

Dans l'adoption de ce type de câble, on a tenu compte principalement de sa simplicité de construction, de pose, de réparation, de sa sûreté de service, même aux profondeurs les plus grandes, etc.

Les résultats obtenus ont jusqu'ici amplement justifié ce choix, de préférence aux câbles à bobines.

(Communication de MM. *E. P. La Belle* et *L. E. Crim*, American Institute of Electrical Engineers, Vancouver, B. C., septembre 1913).

GAZ (INDUSTRIE DU)

Nouveaux progrès dans l'industrie du gaz (1). — Un nouveau procédé de production de gaz de houille est employé, depuis un an, à l'usine à gaz de *Bergedorf* (près Hambourg) : il s'agit de la production simultanée de gaz ordinaire et de gaz à l'eau. Par les procédés actuellement en usage, on produit séparément le gaz d'éclairage et le gaz à l'eau, et il en résulte de grandes pertes de chaleur et des frais considérables, occasionnés par les manipulations de grandes quantités de charbon et de coke. Dans l'installation en question, la distillation de la houille se fait dans une chambre entourée de carneaux, placée dans la partie supérieure de l'appareil, pendant que le coke est traité dans le générateur placé en-dessous pour produire le gaz à l'eau ; le gaz ainsi préparé sert à chauffer la chambre de distillation, et l'efficacité de son action est telle que la distillation de la houille a lieu en 4 heures, au lieu de 66 — 24 heures par les autres procédés. Tandis que 100 kg de charbon ne produisent d'ordinaire que 30 mètres cubes de gaz, on obtient ici, avec la gazéification du coke, 120 à 150 mètres cubes de gaz dont le pouvoir calorifique est de 3 200 à 3 500 calories. Le rendement en gaz est supérieur à 70 %. L'installation est aussi simple qu'une installation ordinaire de gaz à l'eau et présente les mêmes avantages. On peut mélanger, au gaz de houille ordinaire, jusqu'à 40 % du gaz produit par cette méthode, sans abaisser le pouvoir calorifique du gaz de houille au-dessous de la valeur habituelle (5 000 calories). Ce gaz peut d'ailleurs être employé seul. Il est à prévoir que lorsque le chauffage au gaz sera généralisé dans l'industrie, un tel procédé de gazéification complète de la houille deviendra indispensable ; il est déjà très avantageux actuellement, où l'on tend de tous côtés à abaisser le prix de revient du gaz.

(Communication de M. *Strache*, Jahresversammlung des deutschen Vereins von Gas-und Wasserfachmännern, Strasbourg, 23-27 juin 1913).

GÉNIE MARITIME

Propulsion aérienne des bateaux sur les canaux. — Il serait très profitable aux transports fluviaux de les rendre économiques. Avec un moteur de 80 chevaux, le comte de Lambert a atteint une vitesse de 90 km/h avec une hélice aérienne, tandis qu'il faut 500 chevaux pour conduire un bateau à 76 km/h avec une hélice submergée. Le système aérien peut s'adapter aux faibles vitesses. Les principes de propulsion restent les mêmes, et il est certain que les propulseurs aériens se perfectionneront. Les hélices submergées produisent des troubles, dans le cas des eaux peu profondes, ou lorsqu'il y a des herbes. Il y a même des cas où l'on ne peut les employer. Avec une hélice aérienne, on a pu obtenir une poussée de 113 kgs, à la vitesse de 6,5 km/h avec un moteur de 16 chevaux, ce qui donne un rendement de 16,7 %.

Cela supprime complètement le halage par chevaux, et diminue les érosions des berges et des fonds et réduit ainsi les dépenses d'entretien du canal. La machine installée sur le pont ne prend aucune place utile. Il suffit de prendre des dispositions pour que l'hélice puisse passer sous les ponts.

Plusieurs des membres de l'Association discutant cette note, font remarquer qu'avec l'hélice submergée, on obtient un rendement de 60 % et que la production de vagues érosives dépend beaucoup des formes du bateau.

(Communication de M. *L. B. Desbleds*, British Association, 11 septembre 1913.)

HYGIÈNE

Emploi de l'ozone pour la purification de l'air. — L'ozone est un gaz extrêmement actif, dont l'action repose sur le pouvoir oxydant. Il ne détruit pas les bactéries à l'état sec ; il n'agit qu'avec le concours de l'humidité, et d'autant plus énergiquement que sa concentration est plus élevée. Il est sans action sur les poussières organiques de l'air ; il empêche la formation des moisissures. Il agit efficacement sur certains corps odorants et les odeurs qu'ils dégagent ; un grand nombre de ces corps sont décomposés, mais le plus souvent, l'ozone ne fait que masquer ces odeurs par la sienne. Ainsi l'ammoniaque est oxydée, et passe à l'état d'acide nitreux, mais seulement à l'état libre, et non sous forme de combinaisons ; pour l'acide nitreux, c'est l'inverse qui a lieu. L'hydrogène sulfuré, selon certains expérimentateurs, subit une oxydation ; suivant d'autres, il reste inaltéré. L'ozone est sans action sur l'oxyde de carbone ; les odeurs intestinales, telles que l'indol et le scatol, sont détruites ; l'air butyrique, l'acide valérianique ne sont pas attaqués ; l'iodoforme est détruit par l'ozone ; l'odeur de tabac l'est également.

De petites quantités d'ozone n'ont pas d'action nocive sur l'organisme humain, mais à fortes doses, il excite les muqueuses, attaque les poumons et passe alors dans le sang. La sensibilité des divers individus vis-à-vis de l'ozone est très variable. Il faut s'en tenir, pour l'organisme aux proportions de la nature : environ 0,1 milligramme par mètre cube de gaz, 0,3 milligrammes au maximum pour la ventilation de locaux renfermant des matières alimentaires. Malheureusement, on n'est pas encore en possession d'une bonne méthode pour la mesure de la concentration en ozone.

Il n'est pas certain, d'ailleurs, que les malaises occasionnés par l'ozone soient imputables à ce seul gaz ; il faut veiller avec soin à ce que l'ozone fabriqué pour la purification de l'air soit préparé bien pur, exempt d'oxydes d'azote et d'acide nitreux.

Dans l'ozonisation de l'air, il y a lieu de distinguer la ventilation avec de l'air frais ozonisé et l'ozonisation de l'atmosphère d'un local fermé. La première méthode est bien préférable, et doit être la règle générale ; le second procédé n'est qu'un moyen de secours, de valeur douteuse. En aucun cas l'ozonisation ne permet de diminuer la ventilation. Une bonne ventilation, toujours indispensable, peut être en certains cas renforcée par l'ozonisation de l'air. Sous ces réserves, l'ozonisation de l'air est souvent avantageuse, surtout dans l'industrie.

(Communication de M. *Czaplewski*, Kongress für Heizung und Lüftung, Cologne, 26-28 juin 1913.)

MACHINES THERMIQUES

Nouveau système de refroidissement pour moteurs à gaz. — Le refroidissement par circulation d'eau externe des cylindres de moteurs à gaz constitue l'un des principaux inconvénients de ceux-ci et a retardé, la réalisation des grandes unités. La double paroi et les organes compliqués, que nécessitent la circulation dans le piston et la soupape d'échappement, sont pour beaucoup dans les poids et prix élevés des grands moteurs de cette catégorie.

Les températures très inégales des deux surfaces du cylindre donnent lieu à des tensions moléculaires qui favorisent la rupture de la pièce. En second lieu, la surchauffe de certaines parties de l'intérieur du cylindre est une cause d'allumages prématurés, surtout s'il y a encrassement. Ensuite du danger de la surchauffe, il est souvent impossible de faire marcher continuellement à pleine charge, un moteur de grande puissance. Si cela était possible, le prix au cheval des gros moteurs en serait réduit de 20 à 40 %.

Si l'on parvient à injecter de l'eau sur la surface interne du cylindre, ainsi que sur les autres organes à refroidir, la chaleur en est retirée du côté même où elle est produite. Par conséquent, il n'y a pas transmission de chaleur au travers des parois, ni différence de température entre les parois internes et externes du cylindre. La construction de ce dernier se trouve de beaucoup simplifiée et l'on réalise, par la suppression du water-jacket, une économie de poids ainsi qu'une plus grande sécurité contre les tensions de fonderie. Les dispositifs de refroidissement du piston, indispensables aux gros moteurs, peuvent aussi être supprimés. Ce dernier point est d'une grande importance, car ces dispositifs, coûteux d'ailleurs, sont souvent une cause d'ennuis et leur non-fonctionnement peut occasionner de graves accidents à la machine. Enfin, les allumages prématurés sont évités.

Dans le procédé préconisé par l'auteur, l'eau froide est injectée par une pièce cylindrique percée de trous et placée à l'intérieur de la culasse. Les trous ont environ $0^{mm},9$ de diamètre, de sorte que, les jets étant relativement gros, l'eau n'a pas le temps de se vaporiser avant son contact avec les surfaces à refroidir. Les jets sont dirigés contre toutes les parties de la culasse et contre la tête du piston.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 1 (1er janvier 1912), p. 20 et n° 3 (1er février 1912), p. 99.

Digitized by Google

Le gaz pauvre contient, la plupart du temps, de l'anhydride sulfureux, qui se combine volontiers à l'eau, pour former de l'acide sulfureux. Ce dernier attaque très rapidement les surfaces métalliques. Même si le gaz ne contenait pas d'anhydride sulfureux, la présence d'eau à l'état liquide serait fort nuisible.

L'auteur a très simplement surmonté ces difficultés en proportionnant la quantité d'eau injectée, de telle sorte que la température de toute la machine reste bien supérieure à 100° C. Dans ces conditions (qui ne sont possibles qu'en l'absence de refroidissement externe), toute l'eau injectée est vaporisée au contact des parois et il ne peut s'accumuler de liquide. Les essais effectués ont démontré une absence totale de corrosion.

La vitesse de transmission de la chaleur des gaz au métal est bien plus grande au moment de l'allumage et des premiers instants suivants qu'à tout autre moment. Il est donc suffisant de n'arroser que la culasse et la tête du piston. Le refroidissement du reste du cylindre se fait par conduction vers le piston, qui est lui-même refroidi par sa tête lorsqu'il se trouve à fin de course en arrière.

Afin de faire un essai pratique de ce principe, un moteur à gaz de ville Crossley de 40 chevaux, 180 tours-min, fut muni d'un nouveau cylindre simple, sans circulation d'eau, sans autre modification. La fig. 1 montre une coupe de ce nouveau cylindre. L'injection se fait par une poire en fonte avançant à l'intérieur de la culasse. Les trous de la poire ont environ 0mm,8 de diamètre et sont au nombre de 25. Ils sont disposés de façon à diriger les jets comme le montre la figure, contre toutes les parties de la chambre de combustion et la tête du piston. Aucun jet n'est prévu contre la soupape d'échappement, car l'expérience a démontré que les gouttelettes tombant de la poire suffisent pour le refroidissement de cette pièce. L'eau est injectée par une pompe à piston plongeur à simple effet, commandée par une came actionnée par l'arbre à demi vitesse. De la sorte, il y a une injection par cycle du moteur. Le refoulement commence environ à 30° avant l'allumage et se termine à 30° après. L'eau n'entre ainsi qu'à une période où la plus grande partie de la surface frottante du cylindre est recouverte par le piston.

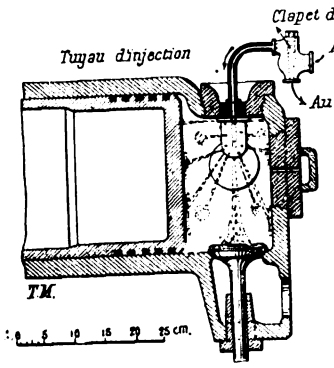


FIG. 1: — Cylindre avec injection d'eau.

Aussitôt le nouveau cylindre monté, le moteur marcha pendant 120 heures sans arrêt, actionnant une génératrice électrique. Durant cette période il développa au gaz de ville, une puissance effective moyenne de 43 chevaux. Le fonctionnement fut très doux et régulier. Avec le cylindre à circulation d'eau, le moteur ne pouvait fournir sans échauffement plus de 40 chevaux continus.

La vaporisation ainsi obtenue n'implique pas une perte thermodynamique, comme il s'en produit si l'eau est introduite à l'état finement pulvérisé. Dans ce dernier cas, elle se vaporiserait dans l'enceinte gazeuse avant d'atteindre les parois. Dans notre cas, la chaleur de vaporisation prise aux parois du cylindre est précisément celle qui est d'ordinaire enlevée par la circulation externe.

La quantité d'eau utilisée fut en moyenne de 46l,4 par cheval-heure effectif. La température du moteur varia entre 150° et 180° C. A la fin de l'essai, la culasse était parfaitement sèche à l'intérieur.

Pendant cet essai, la consommation de gaz fut sensiblement la même que celle du moteur marchant avec refroidissement externe et donnant, pour une courte durée, la même puissance. En moyenne, l'on peut dire que le rendement n'est pas affecté par cette méthode de refroidissement : L'abaissement de la pression maximum est compensé par un léger rehaussement de la courbe de détente.

Après l'essai ci-dessus, le moteur en question a été mis en service pour actionner une dynamo d'usine. Sa vitesse fut portée de 180 à 195 tours. Abandonné aux soins du personnel ordinaire de l'usine pendant plusieurs semaines, le moteur développa toutefois 50 HP pendant de longues périodes ininterrompues, ce qui représente une augmentation de 25 % sur la charge qu'il pouvait fournir d'une façon continue avec circulation d'eau externe.

Ce moteur fonctionne actuellement à Cambridge, au gaz pauvre, pour la commande des ateliers et de la dynamo du laboratoire. Il fonctionne comme n'importe quel moteur à gaz, sans aucune surveillance et sans causer le moindre souci, depuis deux ans. Durant cette période, il a marché en tout 5 000 heures.

Le générateur utilisait de l'anthracite, contenant une quantité considérable de soufre. Néanmoins, il n'y a pas trace d'usure du cylindre.

La température habituelle de fonctionnement du cylindre est de 160°C environ, mais le moteur marche bien à n'importe quelle température comprise entre 120° et 200° C. Le réglage de l'arrivée de l'eau suivant la charge du moteur est réalisé en accouplant la pompe au régulateur « tout ou rien » du moteur. Dans le cas d'un réglage par étranglement, il est aisé de relier convenablement la pompe et le papillon, de façon à obtenir, à toutes allures, la quantité d'eau voulue.

Si la température tombe au-dessous de la limite permise, un thermostat fait ouvrir un robinet de by-pass, arrêtant ainsi l'arrivée de l'eau au cylindre. Cet appareil fonctionne déjà depuis plusieurs mois et donne toute satisfaction. Une fois réglé, il n'a plus besoin de soins, et le démarrage du moteur peut être fait sans se préoccuper de l'eau.

Si l'eau vient à manquer pendant la marche, il n'en résulte pas d'autre inconvénient qu'un arrêt momentané. Le moteur s'échauffe petit à petit, et si le manque d'eau n'est pas observé par le personnel à temps, l'arrêt s'ensuit par les allumages prématurés. Même dans le cas d'un cylindre de 900 mm de diamètre, cet arrêt s'est produit sans résultats graves.

Toutefois, pour parer à tout danger, le moteur est pourvu d'un bouchon fusible, vissé dans la culasse. Si la température monte au-dessus de 200° C, le bouchon fond et le sifflement de la fuite prévient le mécanicien. Ce moyen très simple a été éprouvé et on l'a reconnu parfaitement sûr.

Ce principe a été appliqué au refroidissement de grands moteurs, l'un de 105 chevaux et 462 mm d'alésage, et l'autre, un Oechelhauser de 1 000 chevaux et 900 mm d'alésage. Dans les deux cas, l'on s'est contenté de vider les doubles enveloppes des cylindres, de monter dans la culasse la poire à eau, et le moteur a été aussitôt remis en service normal.

Sans qu'il y ait eu d'eau dans le water-jacket, la température la plus élevée du plus gros des moteurs a pu être maintenue entre 100° C et 200° C. Le moteur fit un service continu de 30 heures tout de suite et après la modification.

Ces essais ont prouvé d'une façon concluante qu'il est possible de refroidir par ce procédé les plus gros moteurs à gaz, en ayant égard aux principes énoncés par l'auteur.

Ce dernier étudie en ce moment la construction d'un moteur établi spécialement en vue du refroidissement interne.

(Communication du Professeur *B. Hopkinson*, Institution of Mechanical Engineers, 29 juillet 1913.)

Effet de la compression sur le rendement des moteurs à gaz. — Le professeur Petavel a fait des essais sur un moteur à gaz « National » de 25 chevaux tournant à sa vitesse normale.

Il faisait varier le taux de compression en changeant la longueur de la bielle et en laissant la même charge, la même vitesse et le même nombre de tours sans allumage. Le gaz provenait de la distillation du charbon. Son pouvoir calorifique était connu par l'analyse et la mesure directe.

La chaleur emportée par l'eau de refroidissement et les gaz d'échappement était soigneusement mesurée.

Il trouva qu'à pleine charge, la puissance au frein croissait dans le même rapport que le rendement thermique, et par conséquent, le rapport du rendement effectif au rendement théorique est constant, ce rapport étant égal à 55 % environ.

Sous de faibles charges cependant, l'accroissement des pertes par frottement contrebalançait le gain du rendement thermique lorsque la compression s'élevait. Sous toutes les charges, le rendement mécanique est plus élevé lorsque la compression est faible. A pleine charge, il tombe de 0,79 à 0,74 lorsque la compression s'élève de 3,7 à 5,6. Au quart de charge, il passe de 0,54 à 0,50 pour la même variation de compression. La puissance indiquée à pleine charge croît plus vite que ne le montre le rendement théorique, tandis qu'elle croît dans le même rapport à faible charge. Le rendement relatif croît donc à pleine puissance et reste constant à faible charge. Avec du gaz à 4 600 calories au mètre cube à 0° et 760, la consommation par cheval-heure au frein est de 595 litres pour 25 chevaux pour la basse compression et de 538 litres pour la haute compression.

(Communication du Professeur *Petavel*, British Association, 11 septembre 1913.)

Digitized by Google

Les combustibles solides, liquides et gazeux. — Le Professeur Burstall discute les caractéristiques des différentes formes de combustibles et les moyens d'utilisation.

Les combustibles contiennent du carbone, de l'hydrogène et un peu d'azote. A part l'utilisation au point de vue calorifique, on peut retirer du charbon de nombreux produits.

On a souvent admis que le moteur à combustion est le moteur de l'avenir, à cause de la facilité d'introduction du combustible et de son utilisation directe. Le professeur Burstall indique que l'on produit annuellement 1 200 millions de tonnes de charbon, tandis qu'on obtient seulement 50 millions de tonnes d'huile. Il faut donc encore compter sur le charbon seul. Il est possible, au lieu de gazéifier le charbon pour produire du gaz, de s'arranger pour obtenir des huiles combustibles, et des produits de valeur comme le sulfate d'ammoniaque.

Les méthodes actuelles d'emploi du charbon, renvoient bien à la terre l'azote sous forme d'acide nitrique, mais non pas là où l'on en a besoin. On pourrait produire du gaz par distillation, par gazogène, dans les fours à coke, et si la quantité et la qualité sont secondaires, on pourrait employer d'autres systèmes. Au lieu de 11 à 13,5 kgs de sulfate d'ammoniaque, par tonne de charbon, on en obtiendrait 55 kgs, ainsi que des huiles de goudron.

On propose la méthode suivante: Une mine produisant un bon charbon à coke, et pouvant être exploitée pendant 25 ou 30 ans, serait spécialement aménagée. Des fours à coke seraient établis près du puits, chacun pouvant recevoir 2 000 t par jour.

Le coke et le sulfate d'ammoniaque seraient expédiés directement. Le goudron et le gaz iraient, par des conduites, en des points convenables pour être traités. Les huiles essentielles des goudrons s'obtiendraient par distillation. Le gaz non employé serait utilisé dans des moteurs pour produire du courant à haute tension nécessaire aux villes et aux moyens de transport, etc. Ces moteurs pouvant très bien rivaliser au point de vue du rendement avec les machines à vapeur, le prix du gaz à 4 850 calories par m³ étant d'environ 1,5 centime, il est par m³, pour du charbon, de 25 francs la tonne. Des gaz d'échappement, on peut extraire l'acide sulfurique par lavage. Le professeur Burstall appuie sur ce point que l'électricité et le gaz ne sont pas rivaux et que chacun peut fournir ce que l'autre ne peut pas donner, et les ingénieurs doivent les combiner au mieux.

(Communication du Professeur *Burstall*, British Association, 11 septembre 1912.)

MÉTALLURGIE

Les transformations allotropiques du fer. — On sait que les courbes de chauffage et de refroidissement du fer présentent des points critiques, dont un Ac_3 à 920° C, pour le chauffage, et deux pour le refroidissement : Ar_3 à 890° et Ar_2 à 750°.

D'après la théorie de Benedicks, quand du fer absolument pur atteint en se refroidissant le point Ar_3, les molécules γ dont il est composé sont converties en molécules α.

La proportion de fer α dissous dans le fer γ au-dessus de Ar_3 et la proportion de fer γ dissous dans le fer α au-dessous de Ar_3 peuvent être négligées.

La transformation allotropique du fer pur peut donc être représentée par la ligne brisée ABCD de la figure 1, où les coordonnées sont le temps et la température.

Mais, d'après Benedicks, si le fer contient des impuretés, carbone ou autres, même en très petite quantité, la transformation de γ en α n'est pas complète en Ar_3, mais s'étend au contraire sur un grand intervalle de températures et ne se termine qu'en Ar_2. Autrement dit, entre Ar_3 et Ar_2, le fer est dans un état métastable, tandis qu'en Ar_2 il devient stable, les dernières molécules de fer γ étant en ce point converties en molécules α. La figure 2 représente graphiquement cette théorie pour du fer à 99,99 % Fe et 0,01 % C.

Au-dessus du point Ar_3, le métal est composé de molécules de fer γ, tenant en solution la faible proportion de carbone présent. Au point Ar_3, la quantité de molécules γ représentée par BC est transformée en molécules α, les molécules représentées par CH restant sans transformation à cause de la présence du carbone. Dans le refroidissement de Ar_3 à Ar_2, d'autres molécules γ sont transformées graduellement en molécules α, comme l'indique la ligne CD. Donc, entre Ar_3 et Ar_2, le fer contient à la fois des molécules α et des molécules γ en dissolution les unes dans les autres ; cette solution correspondant au fer β d'Osmond.

Dans cet intervalle de températures, le métal est dans un état métastable, à cause du refroidissement insuffisant d'une certaine quantité de fer γ, ce refroidissement insuffisant résultant à son tour de la présence du carbone.

Quand il atteint le point Ar_2, le métal contient MD % de fer α et DE % de fer γ. Le carbone présent est maintenant impuissant à retarder plus longtemps la transformation des molécules γ restantes, qui sont transformées en molécules α avec évolution de chaleur. Telle est la signification du point Ar_2.

Si la proportion d'impuretés est plus grande, la proportion de fer γ déjà transformées en Ar_3 sera plus faible, à cause de la plus grande influence retardatrice agissante, tandis que la proportion de fer γ insuffisamment refroidi transformé en Ar_2 sera plus grande. C'est ce que montre la fig. 3, relative à du fer à 0,02 % C.

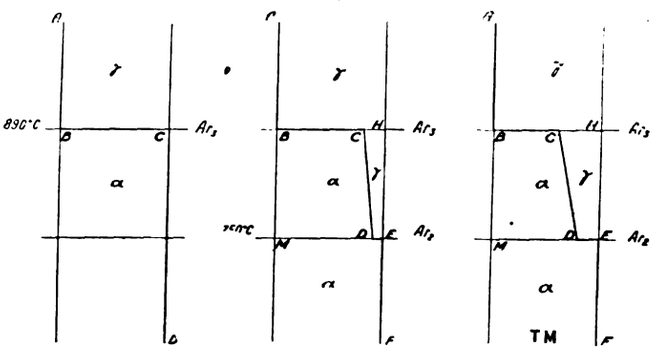


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Si la théorie de Benedicks est exacte, on doit évidemment en vérifier les conclusions suivantes :

1. Pour du fer absolument pur, les points Ar_2 et Ac_2 doivent manquer l'un et l'autre.

2. La présence d'impuretés doit faire apparaître le point Ar_2.

3. Même en présence d'impuretés, le point Ac_2 ne doit pas apparaître, ainsi que l'a clairement démontré Carpenter, car, étant donné que Ac_2 est nécessairement l'inverse de Ar_2, sa présence ne peut impliquer que la formation pendant le chauffage de fer γ métastable (c'est-à-dire insuffisamment refroidi), ce qui est impossible à concevoir.

4. L'intensité du point Ar_2 doit croître avec la proportion d'impuretés dans le fer.

5. L'intensité du point Ar_3 doit décroître quand augmente la proportion d'impuretés dans le fer.

Or, ainsi que l'ont établi Carpenter et d'autres, le point Ar_2 ne manque jamais, même dans les fers les plus purs qu'on puisse obtenir ; et le point Ac_2 se trouve aussi sur les courbes du fer presque pur, ce qui ne devrait pas se produire.

A première vue, les courbes de chauffage et de refroidissement du fer électrolytique, c'est-à-dire presque exclusivement pur, publiées par Carpenter, semblent prouver définitivement que le point Ac_2 n'apparaît pas en l'absence d'impuretés.

L'auteur a relevé 12 courbes en chauffant et refroidissant alternativement le même morceau de fer électrolytique.

Or, le point Ac_2 est toujours apparent sur les courbes et sa position est constante sans que son intensité diminue.

Il est possible que la méthode de Carpenter ne soit pas assez sensible pour déceler les faibles évolutions de chaleur qui se produisent en Ac_2 car, bien que les gaz de l'air ne soient pas sans influence sur les points critiques, l'auteur qui a fait les expériences dans l'air au lieu de les faire dans le vide, ne pense pas que cette influence suffise à faire apparaître le point Ac_2.

En étudiant ensuite un fer à 0,40 % C, pour lequel on admet généralement deux points A3.2 et A1, l'auteur a trouvé que l'on voyait apparaître sur la courbe de chauffage, un point Ac_1 qui ne devrait pas exister.

Enfin, si le point Ac_2 n'existait pas dans le fer, ce métal devrait conserver son magnétisme jusqu'en Ac_3, c'est-à-dire jusqu'à une température supérieure à 900° C. Or le fer perd la totalité de son magnétisme en re 780 et 800°, c'est-à-dire dans l'intervalle de température où nous devons chercher le point Ac_2. Cela semble à l'auteur une objection irréfutable à la théorie de Benedicks.

En résumé, les quatre points suivants au moins n'ont pas encore été accordés d'une façon satisfaisante avec la théorie de Benedicks :

1° L'absence du point Ar_2 dans le fer absolument pur, n'a jamais été démontrée d'une manière concluante ;

Digitized by Google

2° Le point Ac_2 existe toujours sur les courbes de chauffage du fer pur relevées au pyromètre enregistreur Le Châtelier-Saladin ;

3° Le point Ac_2 ou Ac_{3-2} est généralement observé dans l'acier contenant moins de 0,60 % de carbone ;

4° Le fer cesse d'être magnétique, non en Ac_3, mais entre 780° et 800° C.

Il convient donc, conclut M. Albert Sauveur, avant d'abandonner la théorie d'Osmond, si satisfaisante parce que si simple et si rationnelle, d'attendre que soient dissipés les doutes qui subsistent quant à la possibilité d'expliquer, par la théorie de Benedicks, les différentes particularités des courbes thermiques du fer et la façon dont il se comporte au point de vue magnétique.

(Communication de M. *A. Sauveur*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Les grands fours oscillants modernes (1). — Pendant le dernier quart de siècle, le fait peut-être le plus frappant dans la fabrication de l'acier a été la substitution progressive de l'acier sur sole à l'acier Bessemer.

Plus spécialement, il y a quinze ans que le premier four oscillant du système Talbot a été construit en Amérique. Les deux principaux reproches que l'on fait à ce four sont de coûter cher à établir et à entretenir. L'auteur se propose de combattre ces objections et de mettre en lumière les avantages du four oscillant sur le four fixe.

A l'origine, le garnissage de la section oscillante était très renforcé dans le four et, en refroidissant par des circulations d'eau séparées l'entrée de gaz et les deux entrées d'air que possédait habituellement le four, l'équilibre était établi quand environ la moitié intérieure de ce bloc de garnissage avait brûlé dans le four. Le reste était suffisamment refroidi par la circulation d'eau pour assurer une bonne marche. Néanmoins, cette usure du revêtement empêchait toujours le four de faire une bien longue campagne.

Après différents essais plus ou moins heureux, pour en augmenter la durée, on s'est radicalement décidé à développer le refroidissement par l'eau, et, dans les fours que l'on construit actuellement, on a complètement supprimé ce bloc de revêtement dans la section oscillante ; la place qu'il occupait autrefois forme maintenant une vaste chambre où se rencontrent l'air et le gaz et où a lieu la combustion.

Avec une porte convenablement refroidie, on n'est jamais arrêté par les réparations de cette partie du four.

A part cela, la forme des fours n'a guère varié depuis l'origine ; on a seulement augmenté leur capacité. Les premiers étaient de 75 à 100 t, tandis qu'on construit actuellement des fours de 200 à 250 t.

On a essayé aussi de modifier le four fixe : ainsi le système Knox pour le refroidissement a eu beaucoup d'adeptes aux Etats-Unis. Dans le système Blair, on prévoit une chambre mobile pour les scories. Mais, bien que cette complication constitue un progrès, il en résulterait qu'un four fixe de 60 à 70 t ainsi équipé coûterait plus cher à établir qu'un four oscillant de 200 t.

De plus, pour une même production, un grand four oscillant occupe beaucoup moins de surface qu'un four fixe, d'où une économie dans les constructions, surtout si on le compare à un four fixe muni des derniers perfectionnements pour le chargement et le service du four.

Les fours oscillants sont principalement employés dans les trois cas suivants :

1° Comme fours de premier affinage ;

2° Comme fours à acier en partant soit de la fonte liquide, soit des riblons ;

3° Pour la production continue de l'acier.

D'après l'auteur, quand on a à traiter une fonte très siliceuse, qui ne peut pas être envoyée directement au four à acier, on a grand avantage à effectuer un premier affinage au four oscillant. Et pour une fonte de bonne qualité, tenant peu de silice et de soufre, que l'on passe généralement au mélangeur, il serait beaucoup plus avantageux de l'y transformer directement en acier en ayant seulement une équipe de plus.

Dans le four oscillant, on ne termine pas d'habitude séparément l'affinage de chaque charge ; mais on garde généralement une partie de la charge précédente (acier et scorie).

Quant au troisième point, l'auteur n'hésite pas à affirmer que, sans le four oscillant, la fabrication continue de l'acier n'aurait jamais été possible économiquement. Au contraire, dans ce four, toute fonte, dans la limites ordinaires de teneur en silice, peut être transformée en acier et l'on peut y obtenir avantageusement les aciers les plus doux aussi bien que les plus durs.

(1) Voir supplément au t. III, n° 3 (mars 1911), de *La Technique Moderne*.

Avec un seul four de 150 à 200 t, en partant de la fonte liquide, on peut obtenir une production de 1 200 à 1 500 t par semaine. Si l'on emploie du métal déjà débarrassé en partie de sa silice par un passage au four de premier affinage, on arrive à 1 800 ou 2 000 t, et si, au lieu de fonte, on emploie du métal déjà soufflé, on peut atteindre jusqu'à 4 000 t par four et par semaine.

Dans un four de 200 t de capacité, par exemple, les coulées sont de 60 à 80 t, et cet excès de charge forme un volant très avantageux pour la composition de l'acier obtenu. De plus, on peut couler du laitier quand on veut, ce qui est très important quand on produit des aciers de composition très variable, par exemple de 0,05 % à 0,70 % de carbone.

Dans certaine grande usine européenne, on fait deux coulées d'un four fixe pour obtenir une charge d'acier fini, sans doute pour se débarrasser de la grande quantité de scories formée. On vide complètement le four du métal et de la scorie, puis on y réintroduit à nouveau le métal additionné d'oxyde et de calcaire. En employant un four oscillant, on se contenterait d'évacuer une partie du laitier et de faire ensuite les additions précédentes à la surface du bain, ce qui éviterait le refroidissement du four, ainsi que les accrochages qui se produisent parfois sur la sole.

L'auteur donne des tables des dimensions caractéristiques de fours fixes et de fours oscillants. Il donne aussi un tableau de températures observées à la base de la cheminée d'un four Talbot de 175 à 200 t. A chaque renversement des vannes, on trouve des pointes dues à ce qu'il se produit des courts-circuits. La moyenne obtenue sur 17 heures, y compris ces pointes, est de 472° C. Sans les pointes, elle serait de 462°. Or, M. Schreiber a trouvé pour un four fixe des températures plus élevées (Stahl u. Eisen, 1913, n° 2).

Enfin, M. Talbot conclut que, dans l'état actuel de la fabrication de l'acier, le four oscillant de grande capacité est l'appareil par excellence pour affiner la fonte liquide d'une manière continue et réaliser une grande production.

(Communication de M. *B. Talbot*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Fondation de hauts-fourneaux sur piliers de béton. — L'on est souvent forcé en métallurgie de construire sur de mauvais terrains, soit qu'il faille utiliser un espace précédemment remblayé avec des scories, soit qu'on ait besoin de se mettre au bord d'une rivière, soit enfin que, par économie, on soit amené à bâtir sur des terrains qui sont restés bon marché précisément parce qu'ils étaient peu propres à la construction.

On emploie actuellement avec beaucoup de succès dans nombre d'ouvrages importants, principalement en Belgique, dans le nord de la France et le Grand-Duché de Luxembourg, un nouveau système de fondations connu sous le nom de *pieux Frankignoul*.

En voici brièvement le principe :

Une perforatrice conique terminée par une pointe en acier dur est enfoncée dans le terrain et entraîne avec elle des tubes télescopiques, qui servent au tubage et ont un diamètre moyen de 60 cm. Cet appareil peut traverser les terrains les plus durs. Ainsi, à Ougrée, le procédé a été employé sur un tas de scories épais de 10 m et formé de blocs de scorie d'environ 2 m³ 500 chacun qui provenaient d'une aciérie basique. A Courrières, au contraire, on a eu à traverser des terrains excessivement tendres et très aquifères. Dans les deux cas, il s'agissait d'arriver au terrain solide. Quand on l'a atteint, on retire la perforatrice et, dans le trou qu'on vient de creuser, on pilonne du béton en même temps qu'on retire successivement les tubes en commençant par le plus bas.

Le pilonnage a pour effet de comprimer le béton contre les parois du trou, de façon à les consolider, en même temps que le fond s'élargit, de sorte que le pilier prend une forme grossièrement conique.

Une des applications les plus intéressantes de ce procédé a été faite à Esch-sur-Alzette (Grand-Duché de Luxembourg) pour renforcer les fondations du haut-fourneau n° 2 et le remplacer par un autre deux fois plus grand. Le massif de maçonnerie de ce four reposait sur du gravier à 13 m au-dessous du niveau du sol, et le vide avait ensuite été comblé avec des matériaux de qualité inférieure.

On établit 40 piliers, calculés chacun pour supporter 70 tonnes et, afin que l'arche en béton qui devait reposer à la fois sur un pilier et sur le massif de maçonnerie pût répartir uniformément sa charge, on disposa, au-dessus de la maçonnerie, un lit de laitier granulé de 10 cm d'épaisseur, mélangé d'un peu de ciment. Si la charge vient à augmenter, elle aura pour effet d'écraser le laitier granulé ; on n'aura plus alors qu'à injecter de l'eau à la partie inférieure pour obtenir un mortier qui

Digitized by Google

soudera l'arche à la maçonnerie, grâce à l'action du ciment ajouté à l'origine et de la poudre de laitier.

D'ailleurs le haut-fourneau est actuellement en marche normale et l'on n'a observé aucun tassement.

A la Cie d'Ougrée Marihaye, toute l'installation : laminoirs, bâtiments, gazogènes, etc., repose sur 180 piliers Frankignoul qui ont été placés sans difficulté à travers 9 m de scories en blocs et 5 m de mauvais terrains, l'usine étant à 11 m au-dessus du lit de la Meuse.

Avant d'entreprendre ce travail, la Cie d'Ougrée Marihaye a fait un essai sur un pilier Frankignoul qui a été chargé de 473 t de rails. Il avait 12m,50 de long et 60 cm de diamètre.

Aux usines de la Basse-Loire, à Trignac, on a également employé ce système pour les fondations des moteurs à gaz.

La Société Cockerill, à Seraing, a établi actuellement plus de 1 000 de ces piliers, pour différentes installations.

(Communication de M. *Armand Baar*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

La fabrication des projectiles de rupture. — Le premier bâtiment auquel furent appliquées des plaques de blindage fut la frégate française *La Gloire*. Mais ces plaques, d'une grande protection il y a 50 ans, seraient aisément traversées par les projectiles modernes.

On essaya successivement le projectile cylindrique, puis cylindro-ogival et sphérique, mais sans obtenir de grands résultats. Les premiers projectiles utilisés avec succès furent les projectiles Palliser en fer. L'ogive était coulée dans un moule en métal, la partie cylindrique dans un moule en terre réfractaire. Par ce mode opératoire, la pointe avait une dureté suffisante pour percer la plaque. La fabrication de ces projectiles reposait sur des données expérimentales relativement aux proportions de soufre, de silicium et de manganèse et non sur des règles scientifiques rigoureusement établies.

Le procédé actuellement employé dans cette fabrication se rapproche beaucoup du procédé Palliser. La fabrication des plaques s'étant perfectionnée entraîna l'amélioration de celle des projectiles. Une première amélioration consista à employer le chrome. Vers 1886, apparaissent les projectiles Holtzer. Les perfectionnements n'ont jamais cessé de s'introduire dans les deux fabrications rivales des projectiles et des plaques de blindage.

L'acier employé dans cette fabrication est un acier chromé ou encore un acier chrome-nickel.

La question du forgeage des projectiles a été très controversée. Certaines usines en sont partisantes, d'autres ne le sont pas. Dans certaines usines, on ne veut employer pour cette fabrication que de l'acier au creuset ; cependant, il est maintenant facile d'obtenir par d'autres procédés de l'acier ayant la même pureté en phosphore et en soufre ; on a recours dans ce cas aux fers de Suède et aux blooms puddlés ; les ferro-manganèses, ferro-siliciums, ou ferro-chromes ajoutés sont des produits très purs.

Les expériences entreprises relativement à la compression du métal liquide dans la lingotière ont montré que cette opération était sans action sur le métal.

La trempe des projectiles se fait à l'huile. Après réchauffement, on expérimente la résistance aux variations de température en portant le projectile à 100°, par immersion dans l'eau bouillante, puis on le plongeant dans l'eau froide.

La coiffe du projectile est constituée par de l'acier très doux. Dans quelques usines, on utilise de l'acier chrome-métal contenant une proportion de ces métaux inférieure à celle entrant dans le mélange constituant le corps du projectile.

Des plaques d'acier chrome-nickel traitées par le procédé Krupp furent perforées par des projectiles de 15 cm. Une plaque Schneider de même métal de 18 cm d'épaisseur, orientée normalement au plan de tir, et une autre plaque faisant 10°-20' avec le plan de tir furent transpercées par des projectiles en acier chrome-nickel.

(Communication de M. le général *Léandro Cubillo*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

PHYSIQUE

Un nouvel élément dans l'atmosphère. — M. Aston, continuant des études de Sir J. J. Thomson sur les raies du spectre, conclut que le néon est un mélange de deux gaz, ayant les mêmes propriétés, mais dont les poids atomiques sont 19,9 et 22,1. En fractionnant en 3 000 parties, 100 cm cubes de gaz que M. G. Claude lui a envoyés de Paris, et en employant une méthode de diffusion et une nouvelle balance, il trouva que le néon ordinaire contenait 12,5 % du gaz le plus lourd. Le spectre des deux gaz semble identique.

(Communication de M. *F. W. Aston*, British Association, 16 septembre 1913.)

Le tube de Pitot (1) **appliqué au gaz.** — Une série d'expériences a été faite par M. W.-C. Rowse, aux laboratoires de l'université de Wisconsin, pour savoir jusqu'à quel point on pouvait compter sur le tube de Pitot pour faire des mesures sur les gaz et également, pour déterminer la précision des diverses formes de tubes, habituellement employés. La méthode employée consiste à comparer les tubes de Pitot à un compteur à gaz, qu'on sait être exact. On se servit d'un compteur Thomas, dont la figure 1 donne le schéma des connexions.

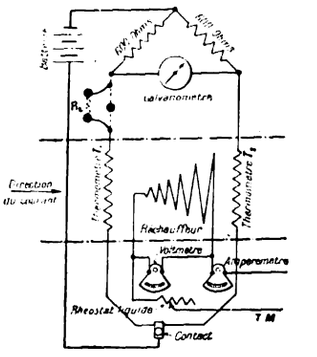


Fig. 1. — Schéma des connexions d'un compteur Thomas.

Le compteur Thomas est basé sur l'échauffement des gaz entre deux températures. La mesure de l'énergie dépensée et de l'échauffement permet de déterminer le débit en poids du gaz qui s'écoule. On se sert du courant électrique et on admet que la chaleur spécifique est constante, ce qui est pratiquement exact.

La figure 2 donne le schéma d'un tube de Pitot.

Les tubes de Pitot comprennent essentiellement un tube dynamique, tourné vers l'amont, qui transforme la somme de l'énergie statique et de l'énergie dynamique, en un total que l'on peut mesurer. Un deuxième tube radial permet de déterminer la pression statique seule. La différence donne la pression h à la vitesse v et on a : $v = \sqrt{2gh}$. Les mesures furent faites dans une grosse conduite à différentes distances du centre.

La fig. 3 représente un tube de Pitot en expérience.

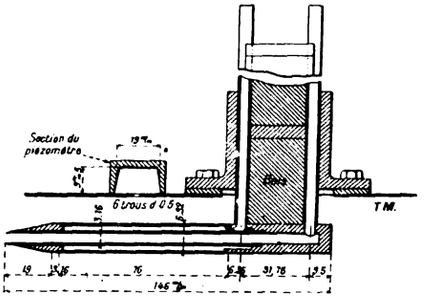


Fig. 2. — Coupe d'un tube de Pitot en expérience.

Quoique quelques résultats différents soient dus à une mauvaise détermination de la pression statique, on fit des mesures simultanées de la pression dynamique par le tube de Pitot et, en lisant sa pression statique, et d'autre part en se servant d'un anneau piézométrique pour la pression statique avec la partie dynamique du tube de Pitot. La pression obtenue au piézomètre est indépendante de la forme des tubes employés.

Les résultats obtenus sont les suivants :

a : Le tube de Pitot est un moyen sûr de mesure des gaz quand la pression statique est obtenue correctement et quand les lectures peuvent être faites avec précision ;

b : Le piézomètre permet la meilleure mesure de la pression statique ;

c : Parmi les diverses formes d'ouvertures statiques dans le tube de Pitot lui-même, des très petits trous sur une surface parfaitement unie, donnent les meilleurs résultats ;

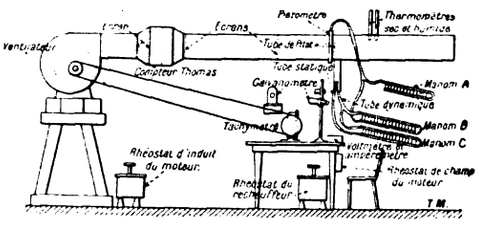


Fig. 3. — Schéma de l'installation pour l'étude d'un tube de Pitot.

d : Les rainures donnent des pressions statiques erronées et les extrémités de tubes en biais n'offrent aucune précision ;

e : L'appareil allemand Stauscheibe est un appareil également de précision.

(Communication de M. *W.-C. Rowse*, American Society of Mechanical Engineers, septembre 1913.)

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 4 (15 février 1912), p. 129.

Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

AUTOMOBILES

Dynamo pour l'éclairage des automobiles. — Une dynamo est soumise à un réglage, en déplaçant les pièces du circuit magnétique pendant la marche de façon à changer la réluctance de ce circuit. Dans le dispositif de la fig. 1, le noyau *b* est déplacé indépendamment de son enroulement au moyen du diaphragme *c'* soumis à l'action de la pompe de circulation de la machine. L'armature *a* (fig. 2) est déplacée par la coulisse d_1, d'un régulateur centrifuge soit par action directe, soit au moyen d'un fourreau fileté droit et gauche.

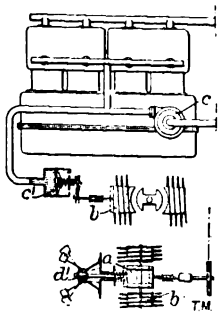


FIG. 1 et 2.

(*Soc. Anon. Montbarbon*, Neuilly-sur-Seine, Brev. angl., cl. 35. n° 12951, 1.VI.13.)

Mise en marche des moteurs d'automobiles. — On utilise le levier de frein à main, et l'on fait agir ce levier directement sur l'arbre moteur au moyen d'un encliquetage.

La fig. 1 est une vue en élévation longitudinale. La fig. 2 est une vue de face.

Le levier de frein *a* est monté à l'extrémité de l'axe transversal *b* commandant les freins de droite et de gauche par des moyens connus et non représentés.

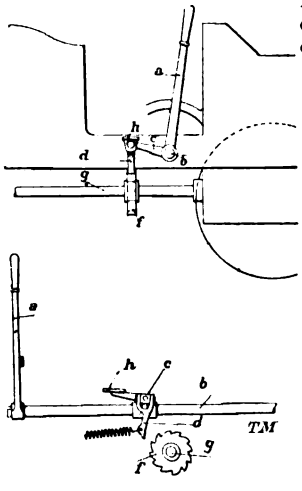
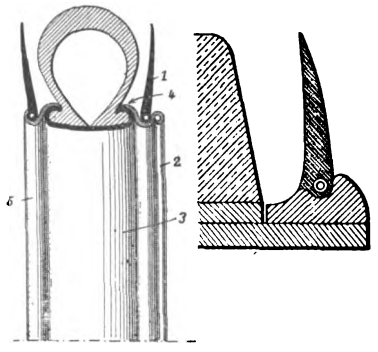


FIG. 1 et 2

Par sa fonction même, le levier *a* ne travaille réellement qu'à la fin de sa course, à partir du moment où les parties frottantes du frein sont venues en contact, le reste de la course n'a pour but que d'assurer un éloignement suffisant de ces mêmes parties, on peut donc utiliser cette partie de la course à la mise en marche du moteur. A cet effet, sur l'axe *b* est calé un levier *c* portant à son extrémité un cliquet articulé *d* qui peut agir sur le rochet *f* calé sur l'arbre moteur *g*, entre le moteur et le changement de vitesse. En temps ordinaire, le cliquet *d* est éloigné du rochet par un ressort ou par son propre poids, et n'apporte aucun trouble au fonctionnement du levier du frein. Quant à l'arrêt on veut mettre le moteur en marche, il suffit d'appuyer sur une pédale *h* pour mettre le cliquet en prise, et d'actionner en même temps le levier *a* de manière à faire exécuter à l'arbre *g* une fraction de tour suffisante.

(*Etablissements Lyonnais Rochet-Schneider*, Rhône. Brev. fr., cl. 10, n° 454546, 29.IV.12.)

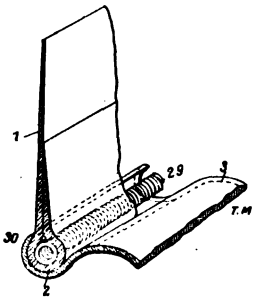
Pare-boue pour automobiles et poids lourds. — Ce pare-boue est caractérisé par son mode de fixation. L'écran pare-boue, annulaire en caoutchouc 1 est supporté par un cercle 2 en acier qui le protège en même temps contre les chocs. Ce cercle, dont la fig. 1 représente un des profils, s'agrafe circulairement sur le bord de la jante 3 par la partie 4 en crochet de son profil. Il est sectionné de façon à pouvoir s'ouvrir pour s'accrocher. Un boulon unique rapproche les deux extrémités comme dans un collier de serrage. Ce système ne nécessite aucune retouche aux roues. Il est d'un montage facile et rapide. Il est esthétique par suite de l'absence de tout crochet ou boulon de fixage.



Un second pare-boue 5 plus léger peut être monté à l'intérieur pour protéger la voiture. Pour poids lourds le système est le même, mais le profil du cercle support est différent.

(*M. E. Brunswick*, Paris. Brev. belge, n° 252475, 3.I.13.)

Pare-boue. — Un ressort à boudin circulaire 29 est noyé à l'état de tension dans le talon entoilé de l'écran pare-boue 1. Ce talon est logé dans une gorge 2 du cercle support 3.



(*M. E. Brunswick*, Paris. Brevet de perfectionnement belge, n° 255962, 23.IV.13.)

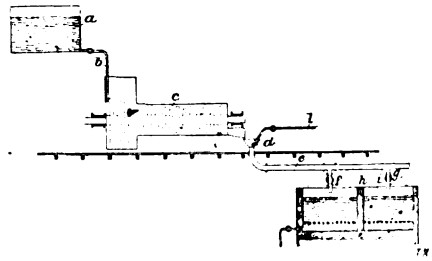
CHIMIE

Hydrogène (Procédé de préparation). — On prépare l'hydrogène à l'aide d'une solution concentrée d'un hydrate-alcalin et de silicium, d'aluminium ou de l'un de leurs alliages avec le fer ou le manganèse. Ce procédé est caractérisé ainsi qu'il suit : on diminue la densité apparente du mélange par l'addition, à l'hydrate alcalin, d'une substance émulsionnante appropriée, telle, par exemple, que la paraffine, une graisse non saponifiable, de la vaseline, etc On maintient constante la concentration de la masse en réaction pendant toute la durée de l'opération en remplaçant au fur et à mesure l'eau qui disparaît pendant la réaction. On conserve ainsi au mélange une grande fluidité tout en opérant en solution très concentrée et l'on obtient un dégagement plus régulier et plus rapide par unité de surface du générateur

(*G. F. Jaubert*, Paris. Brev. fr., cl., 14, n° 454 616, 30.IV.12.)

Blanchiment des fibres destinés à la fabrication du papier. — Ce procédé permet le blanchiment en continu de pâtes à papier. La figure montre schématiquement une installation permettant de le réaliser.

Dans le récipient *a* se trouve la solution blanchissante (généralement de l'hypochlorite de chaux) préparée à une densité de 3 à 5° Baumé, selon la résistance de la pâte au blanchiment. Cette solution est amenée, par la conduite *b*, dans un appareil malaxeur ou défibreur à marche continue *c* de système connu tel qu'un défibreur Lannoye, Dietrich, Wurster, Steven ou tout autre appareil similaire employé jusqu'ici exclusivement pour le défibrage des vieux papiers en vue de leur transformation en pâte. Les pâtes à blanchir sont introduites dans cet appareil en même temps que la solution blanchissante



qui est amenée dans une proportion ne dépassant pas, en général, trois fois le poids de pâte sèche en traitement.

La pâte circule alors dans l'appareil où elle est pétrie et malaxée avec la solution. A sa sortie, elle est recueillie complètement blanche et, d'une façon continue, dans un entonnoir *d* dans lequel on fait arriver par un tuyau *l* un jet d'eau claire qui suffit, dans la plupart des cas, à expulser toute trace de chlore. Cette eau sert en même temps de véhicule pour conduire, dans un tuyau *e* et des raccords *f* et *g*, munis de robinets, la pâte aux caisses d'égouttage *h* et *i* où elle est tenue en dépôt.

Ce procédé assure non seulement un blanchiment parfait, mais permet, par exemple, pour certaines celluloses Mitscherlich, d'atteindre un degré de blancheur qu'on n'avait pu obtenir jusqu'ici. De plus, la procédé permet de combiner le défibrage de la pâte avec l'opération du blanchiment, procurant ainsi une économie de main-d'œuvre considérable avec des installations particulièrement économiques.

(*A. Launoy*, Belgique. Brev. fr., cl. 14, n° 457006, 22.II.13.)

ÉLECTRICITÉ

Ampèremètre thermique pour courants de haute fréquence. — Le shunt et le fil chaud disposés l'un contre l'autre sont enfermés en outre dans une cage ou enveloppe en métal aussi exiguë que possible dans le but d'amortir les flux dus éventuellement aux appareils extérieurs et le flux de self-induction dû à la boucle formée par le shunt, le fil chaud et les fils de liaison réunissant les deux organes.

(*F. Girardeau*, Paris. Brev. fr., cl. 12, n° 454629, 30.IV.12.)

Circuit oscillant à onde unique. — Entre le circuit oscillant primaire et l'antenne se trouve un troisième circuit sans capacité.

(Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 5 (1er septembre 1913), p. 163.

(*E. Girardeau*, Paris, Brev. all., cl. 21 *a*, n° 262 825, 18.V.II.)

Compoundage ou anticompoundage des machines dynamo-électriques à courant continu. — Cette invention a pour objet un procédé de compoundage (ou d'anticompoundage) de machines dynamo-électriques à courant continu. Ce procédé consiste, en principe, à

Digitized by Google

alimenter les enroulements de compoundage de la dynamo au moyen d'une génératrice auxiliaire dont on fait varier la tension en l'alimentant par un moteur à vitesse automatiquement variable en fonction du courant principal.

La figure représente schématiquement une application de l'invention à l'anticompoundage d'une dynamo D.

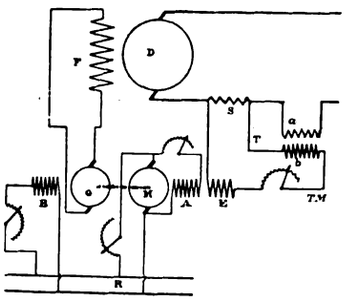
L'enroulement de compoundage F de cette dynamo D est alimenté par la génératrice G qu'entraîne le moteur M.

Ce moteur M est muni d'une excitatiou shunt A et d'une excitation variable E qui doit ici être compoundante et qui est dérivée aux bornes d'un shunt S, inductif ou non, mis en série avec le courant principal.

De plus, on a intercalé dans ce circuit d'excitation le secondaire *b* d'un transformateur T dont le primaire *a* est traversé par le courant principal.

Le fonctionnement est le suivant :

Dans le cas représenté par la figure où le secondaire du transformateur est intercalé dans



le circuit d'excitation du moteur, ce transformateur doit être disposé de telle façon qu'il fonctionne comme survolteur de la tension appliquée aux bornes du shunt S lorsque le courant principal augmente. Il fonctionne alors automatiquement dans le bon sens, c'est-à-dire en dévolteur, lorsque le courant principal diminue.

Si par exemple, le courant de la dynamo D augmente, le moteur M ralentit, car son excitation augmente par suite de l'augmentation de tension aux bornes du shunt S. En même temps, et pendant tout le temps que met le courant principal à prendre son nouveau régime à cette tension, aux bornes de S vient s'ajouter la tension induite dans *b* qui vient ainsi survolter E et donner un coup de fouet qui rend aussi rapide que possible la variation de vitesse de M. La tension aux bornes de D diminue, il en est de même du courant dans F, de telle sorte que la dynamo G est bien anticompoundée.

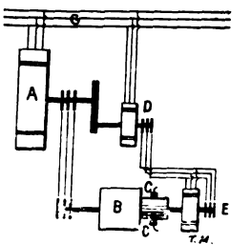
Si le secondaire du transformateur était intercalé dans le circuit d'induit du moteur, il devrait au contraire être disposé de manière à fonctionner en dévolteur lorsque le courant principal augmente. Il fonctionnerait aussi automatiquement dans le bon sens, c'est-à-dire en survolteur si le courant principal diminuait.

On a supposé dans la figure que la dynamo D ne comportait qu'un seul enroulement d'excitation F, tout le courant d'excitation étant alors fourni par l'excitatrice G suivant l'allure choisie pour l'anticompoundage. Le courant d'excitation à vide est évidemment réglé par les excitations séparées B et A.

(*Société Alsacienne de constructions mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 454626, 1.V.12.)

Convertisseurs de fréquence (Mode d'entrainement pour). — En principe, l'invention (système Joseph Béthenod) consiste dans l'emploi d'un petit moteur d'induction alimenté par le réseau et accouplé directement, par des engrenages ou par tout autre moyen de transmission, avec le moteur à régler. La tension du rotor de ce petit moteur a ainsi la fréquence du glissement et cette tension sert à alimenter une seconde petite machine qui entraîne le convertisseur de fréquence.

Dans la figure, le réglage du moteur principal A supposé triphasé se fait, comme il est

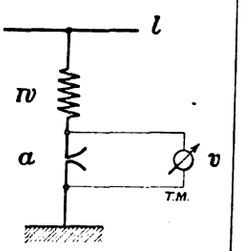


connu, en transformant son énergie rotorique en courant continu de manière à rendre cette énergie indépendante de la fréquence variable du rotor. Cette transformation est effectuée au moyen d'un convertisseur quelconque B et le courant continu des balais CC est utilisé de toute manière convenable : renvoi à un réseau continu, alimentation du moteur accouplé mécaniquement à B ou actionnant un second convertisseur, etc.

Le petit moteur d'induction D accouplé mécaniquement au moteur A, est alimenté par le réseau triphasé et ses bagues rotoriques sont reliées à la machine E accouplée mécaniquement au convertisseur B. Cette machine E est une machine synchrone à double alimentation dans laquelle le stator et le rotor sont alimentés en parallèle (ou en série). Une telle machine a déjà été proposée pour d'autres buts et l'on sait qu'elle tourne dans le même sens que le champ tournant statorique à une vitesse double de celle de celui-ci. En la munissant donc d'un nombre de pôles double de celui de B, cette dernière machine tourne bien exactement et forcément à la vitesse synchrone par rapport aux courants de glissement de A, ce qui résout le problème. Naturellement, les rôles du rotor et du stator de D peuvent être échangés.

(*Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, Belfort. Brev. fr., cl. 12, n° 453 496, 29, III, 12.)

Enregistreur de surtension pour conducteurs électriques. — Cette invention a pour objet un dispositif qui s'applique à des conducteurs électriques comportant, en vue de la protection contre la surtension, des organes pour le passage libre des étincelles ; le nouveau dispositif sert à l'enregistrement des surtensions. Par suite de l'enregistrement, le personnel est mis à même de reconnaître par exemple le lieu et le moment où s'est produit la surtension et de remédier aux défauts subséquents éventuels.



Le voltmètre, au lieu d'être relié, comme cela se fait ordinairement, aux bornes d'une résistance couplée en série avec l'organe pour le passage libre des étincelles, est couplé aux deux pôles de l'organe *a* lui-même. Le voltmètre indique à l'état normal, c'est-à-dire quand il ne se produit pas de décharges, la tension du conducteur *l* par rapport à la terre. La résistance *w* qui généralement est établie sous forme de résistance d'amortissement est suffisamment petite pour ne pas influencer sensiblement l'indication de la tension. S'il se produit une décharge à l'organe *a* pour le libre passage des étincelles, la majeure partie de la tension du conducteur *l* par rapport à la terre est amortie dans la résistance *w*, en sorte que la déviation du voltmètre *v* s'abaisse et appelle ainsi l'attention sur le fonctionnement du coupe-circuit de surtension.

On peut utiliser les voltmètres existants pour le contrôle permanent de la tension du réseau par rapport à la terre, et qui sont alors prévus en commun pour cette double destination. La tension au voltmètre varie lors du fonctionnement du coupe-circuit de surtension, et cela d'une façon tellement importante qu'il est aisé de distinguer ces variations des fluctuations de tension qui se produisent dans le fonctionnement normal.

(*Compagnie Générale d'Electricité de Creil*, Seine. Brev. fr., cl. 12, n° 454067, 7.II.13.)

Limiteur de courant à rupture brusque et à réenclanchement automatique. — Cette invention a pour objet un dispositif limiteur de courant à rupture brusque et à réenclanchement automatique, applicable sur un réseau à courant alternatif, monophasé

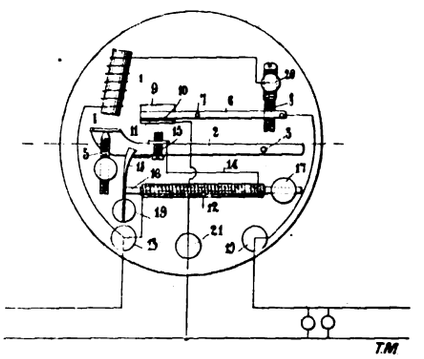


Fig. 1.

ou polyphasé, aussi bien que sur un réseau à courant continu.

Les fig. 1 et 2 représentent ce dispositif appliqué à un réseau à courant continu ou alternatif. Les fig. 3 et 4 sont relatives à un mode de montage pour courant alternatif triphasé ou courant continu à 3 fils.

Le dispositif limiteur se compose d'un électro-aimant 1, en circuit sur le courant à limi-

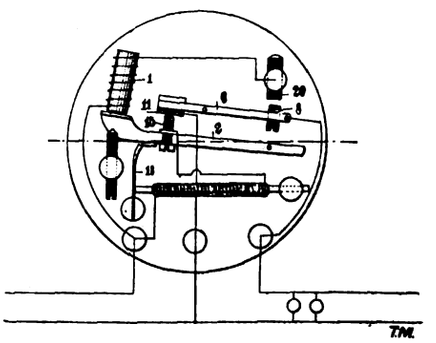


Fig. 2.

ter ; cet électro-aimant peut attirer une armature 2, mobile autour de l'axe 3 et reposant en 4 sur la vis réglable 5 un levier 6, à bras inégaux, et mobile autour de l'axe 7, porte, à l'extrémité de l'un de ses bras soit une vis platinée 8, soit un plot de graphite ou tout autre contact ; ce levier est muni à l'extrémité de l'autre bras, d'un contrepoids 9 sur lequel est fixée une plaque métallique 11, isolée de ce contrepoids par la plaque 10.

Un résistance ohmique 12, connectée. d'une part sur la borne 13 d'arrivée de courant, reliée d'autre part, par le conducteur 14 à la vis 15

Digitized by Google

de l'armature 2, entoure une barre métallique, solidement maintenue en 17 et s'appuyant sur le ressort plat 18, fixé en 19.

A l'état de fonctionnement normal, le courant arrive en 13, traverse l'électro-aimant (fig. 1) passe de la vis 20 au contact 8 et sort par la borne 19 pour alimenter l'installation.

Si l'intensité du courant dépasse la limite prévue, l'armature 2 est attirée (fig. 2) ; le choc qu'elle imprime au levier 6 fait basculer

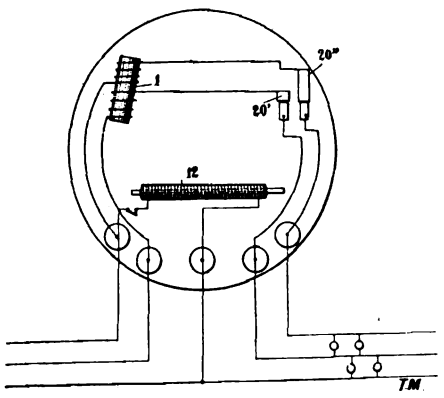


Fig. 3.

ce levier et rompt brusquement le courant entre les contacts 20 et 8 ; le courant principal est rompu et l'armature maintenue dans cette dernière position par le ressort 18 ; au contraire, le courant dérivé dans la résistance ohmique est établi entre les bornes 13 et 21, par le contact de la vis 15 avec la plaque 11 et, la barre 16 s'échauffant, cette dernière agit au bout d'un temps déterminé sur le ressort 18 dont le déplacement provoque la chute de l'armature 2, rompant ainsi le courant dérivé et rétablissant le courant principal. Si rien n'a été changé au réseau, l'attraction de l'armature 2 produira une nouvelle rupture ; et ainsi de suite jusqu'au moment où l'intensité reprendra la valeur prévue ; le cas échéant et notamment dans le cas d'une installation d'éclairage, on peut intercaler un shunt entre les bornes 20 et 19, de manière à ne jamais interrompre totalement cet éclairage et aussi à amoindrir l'étincelle de rupture entre les contacts 20 et 8.

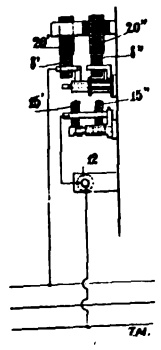


Fig. 4.

Le dispositif reste le même dans le cas d'un réseau à courant triphasé (fig. 3 et 4) ; toutefois, l'électro-aimant reçoit deux enroulements aboutissant respectivement aux bornes 20' et 20" ; ainsi qu'il est représenté sur la fig. 4 qui est une vue en élévation de profil montrant les éléments principaux du dispositif, le levier 6 de la fig. 1 porte deux vis 8' et 8", isolées l'une de l'autre, et la vis 15 de la fig. 1 est remplacée par deux vis 15' et 15".

(*J. Garnier*, Rhône. Brev. fr., cl. 12, n° 454114 8. II.13.)

Régularisation de l'énergie électrique empruntée à un réseau de distribution par des appareils d'utilisation à fonctionnement intermittent. — Lorsque des appareils électriques à fonctionnement intermittent et consommant beaucoup de courant sont branchés sur un réseau de distribution à courant continu, il est d'usage d'employer une batterie tampon pour éviter les perturbations que leur fonctionnement causerait sur le réseau.

Par suite de conditions locales, il est parfois impossible d'employer une batterie tampon et il devient nécessaire d'avoir recours à un accumulateur d'énergie cinétique.

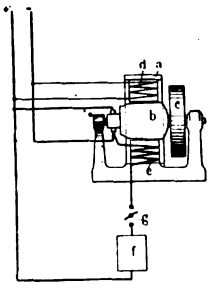


Fig. 1.

La présente invention est relative à un dispositif de ce genre destiné à former accumulateur d'énergie cinétique. Il est constitué en principe par un moteur électrique, entraînant un volant, et disposé de telle manière que, lorsque des appareils d'utilisation fonctionnent, il leur fournit un courant supplémentaire, limitant la quantité de courant empruntée au réseau.

La fig. 1 est une vue d'ensemble schématique. La fig. 2 est un schéma simplifié. La fig. 3 représente une variante du schéma précédent.

Sur ces schémas, la ligne de distribution, reliée à une source quelconque de courant, maintenu à potentiel constant, non représentée, et figurée par les conducteurs principaux + et — ; *a* est un moteur à vitesse variable dont l'induit *b* est accouplé directement à un volant *c*.

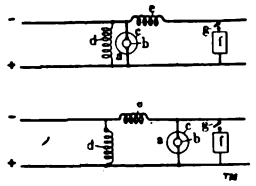


Fig. 2 et 3.

L'induit *b* est monté en dérivation entre les conducteurs principaux + et — ; les appareils de démarrage peuvent être quelconques et n'ont pas été représentés.

L'excitation du moteur est constituée par deux enroulements, l'un en fil fin *d*, l'autre en gros fil *e*. Ces deux enroulements sont additifs, autrement dit leurs actions s'ajoutent.

L'enroulement en fil fin *d* est monté en rérivation sur les conducteurs principaux + et —. Cet enroulement excité seul permet au moteur de tourner à vide à sa vitesse maximum. L'enroulement en gros fil *e* est monté en série avec les appareils d'utilisation *f* (tel qu'un ascenseur, un monte-charge, etc.) pouvant être mis en marche, ou arrêtés, par, exemple, au moyen de l'interrupteur *g*.

Le fonctionnement est le suivant :

Lorsque les appareils d'utilisation sont arrêtés, l'enroulement *d* seul reçoit du courant. Le moteur tourne à vide à sa vitesse maximum, entraînant avec lui le volant.

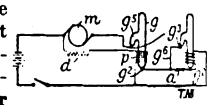
Si l'on met en marche les appareils d'utilisation, ils produisent un appel de courant qui traverse l'enroulement inducteur en gros fil *e* et renforce le champ du moteur. Ce renforcement du champ tendrait à ralentir le moteur, Il en résulte que, à ce moment, le volant, grâce à sa force vive, entraîne le moteur à une vitesse supérieure à celle que ce dernier tendrait à prendre. Le moteur engendre alors un courant qui vient alimenter les appareils d'utilisation, de telle sorte que le courant emprunté au réseau peut ne pas dépasser une limite maximum prédéterminée.

Il y a lieu de remarquer que la réduction de vitesse que tend à prendre le moteur est fonction de l'intensité absorbée par les appareils d'utilisation et par conséquent le courant supplémentaire fourni est d'autant plus fort que les appareils d'utilisation consomment davantage.

L'enroulement en gros fil peut être branché en aval de l'induit, comme dans le cas de la fig. 2, ou en amont fig. 3. Dans ce dernier cas, lorsque les appareils d'utilisation ne fonctionnent pas, l'enroulement en gros fil reçoit du courant ; mais ce courant est renforcé quand on met en marche les appareils d'utilisation.

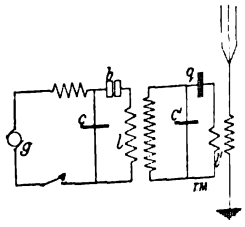
(*Société Abel Pifre et C^ie*, Paris. Brev. fr., cl. 454176, 22.IV.12.)

Régulation de moteur électrique. — Un récipient *g* ayant deux branches g^2 g^3 contient du mercure qui est déplacé par un piston plongeur en fer soumis à l'action de la bobine *p*. Ce plongeur est muni d'un petit piston agissant comme dash-pot. Aux extrémités g_2 et g_3 de chaque branche, se trouvent des électrodes et le circuit se ferme dans l'armature d'un moteur *m*. La bobine *p* du premier interrupt ur est intercalée dans le circuit du champ inducteur *d*. La bobine de l'autre interrupteur est en série avec une résistance *a*. Une bobine supplémentaire dans la résistanc g^6 peut aider la bobine en série à maintenir le piston en bas lorsqu'il n'y a pas de charge dans le circuit.



(*Siemens-Schuckertswerke*, Berlin. Brev. angl. cl. 38, n° 14 087, 17.VI.13.)

Télégraphie sans fil. — Un courant alternatif à fréquence musicale est fourni par une génératrice ordinaire et au moyen de la décharge d'un condensateur *c* dans un vibrateur *b* et dans une bobine primaire *l* d'un transformateu rà noyau creux. Le secondaire est relié à un circuit oscillateur *q*, *c*, *l*. Le vibrateur *b* est actionné mécaniquement ou électromécaniquement. Le circuit *b c l* est de préférence mis en concordance avec le vibrateur lui-même. On peut adjoindre un condenseur de petites capacités, en dérivation avec la bobine *l*.



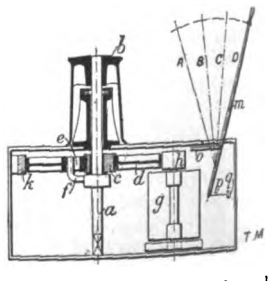
(*M. Dubilier*, New-York. Brev. angl., cl. 38, n° 14015, 15.VI.13.)

Thermo-élément. — Les deux parties actives sont formées de silicium, l'une de ces parties est faite de silicium positif par rapport au cuivre et l'autre de silicium négatif.

(Dr. *F. Fischer*, Charlottenburg, Brev. all., cl. 21 *b*, n° 262 924, 24.XII.12.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Cabestan. — L'arbre *a* du cabestan *b* porte un excentrique *c* fou, sur lequel est montée une poulie de friction *d*. Son moyeu *e* porte une mortaise, où s'engage un crochet coudé *f*, claveté sur l'arbre.



L'excentrique est relié par une tige *o* à un levier à main *m*. Quand le levier est dans la position A, la poulie *d* est en contact avec un bloc de friction *k* et dans le position D, elle est entraînée par friction par le pignon *h* calé sur l'arbre du moteur *g*. Dans les positions intermédiaires, le cabestan est libre. Le moteur

Digitized by Google

n'est mis en route que lorsque le levier atteint la position C, au moyen du dispositif *p, q*, agissant sur le moteur.

(*C. G. Conradi*, Derbyshire. Brev. anglais, cl. 78, n° 12166, 22 mai.)

Palan. — Un palan comprend une ou plusieurs poulies disposées à angle droit avec les autres et la corde est passée de telle façon qu'il y a des brins montants et des brins descendants de chaque côté du mouffle, pour éviter le balancement pendant la manœuvre (fig. 2 et 3). La fig. 1 montre un dispositif comprenant une chape G qui s'attache à un anneau. Une ouverture permet de loger un crochet I tournant autour de l'axe J et quand la chape est placée, le crochet est poussé et vient s'engager dans l'anneau.

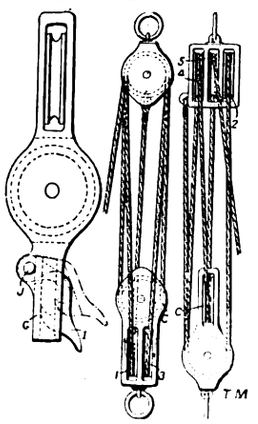


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

(*A. Anderson*, Cheshire. Brev. angl., cl., 78 et 115, n° 14131, 17.VI.13.)

Transmission hydraulique. — Des pistons de pompe coudés 14-14' coulissent dans des tambours 13 disposés à angle droit dans un carter et tournant dans ce carter. Le distributeur 18 fait partie du carter et comporte des orifices 20-21. Un disque 12 commandé par le volant 11, est muni d'orifices 20^1 - 21^1, correspondant à ceux du distributeur. Le volume varie à l'intérieur des tambours et pistons et l'admission de liquide produit la rotation. Un arbre 15 transmet le mouvement.

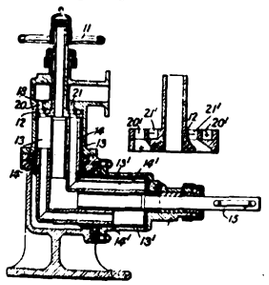


Fig. 1.

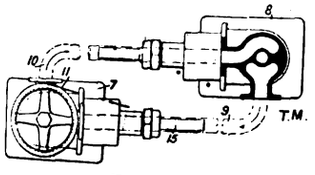


Fig. 2.

L'appareil est réversible et peut servir de pompe. Dans l'utilisation comme moteur, on se sert de deux appareils reliés comme l'indique la fig. 2.

(*L. Brun*, Saint-Chamond. Brev. angl., cl. 69 et 102, n° 13489. 8.VI.13.)

MACHINES THERMIQUES

Moteur sans vilebrequin. — L'invention a pour objet un moteur sans vilebrequin à cylindres parallèles avec butée inclinée, calée sur l'arbre moteur et butée oscillante reliée aux tiges de pistons par un organe intermédiaire ou coquille, dans laquelle cette butée oscille autour d'un axe et qui oscille elle-même suivant un axe perpendiculaire au précédent dans le bâti du moteur. La coquille effectue ainsi un mouvement d'oscillation simple qui peut lui être communiqué directement par les tiges de piston au moyen de pignons et de crémaillères ou de bielles.

La fig. 1 est une coupe verticale, suivant 1-1, fig. 2. La fig. 2 est une vue en plan. La fig. 3, une coupe verticale suivant 3-3, fig. 2, les pistons étant supposés dans la position moyenne et les butées inclinées étant supposées enlevées. La fig. 4 montre schématiquement une disposition avec bielles.

Le moteur représenté comprend deux paires de cylindres parallèles 1, 2, 3, 4 emboîtés deux à deux les uns dans les autres. Ces cylindres sont maintenus assemblés et fixés sur le bâti ou carter 5, par des collets 6 dont ils sont pourvus et qui prennent d'une part dans des rainures 7 du carter et, d'autre part, dans des rainures analogues formées dans des demi-brides 8 qui pivotent sur le carter par une extrémité et sont serrées à l'autre extrémité contre les cylindres par des boulons pivotants 9. Les cylindres sont d'une seule pièce avec leurs culasses et pourvus d'ailettes de refroidissement.

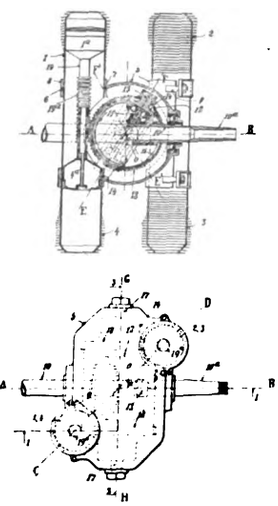


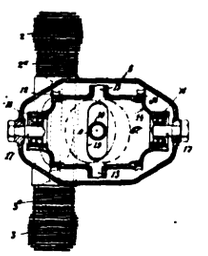
Fig. 1 et 2.

Entre les deux paires de cylindres, passe l'arbre moteur 10 dont l'axe AB est contenu dans un plan parallèle aux axes des deux cylindres et situé à égale distance de ces deux axes. Ce plan, qui est celui de la partie droite de la fig. 1, peut être appelé plan principal du moteur. Il fait un certain angle α (fig. 2) avec le plan CD des axes des cylindres. L'axe AB traverse le plan GD au point O qui est le centre de symétrie du moteur. Dans la position représentée, l'axe AB de l'arbre moteur est normal aux axes des cylindres.

Sur l'arbre moteur 10 est fixé un plateau annulaire incliné 11 ayant son centre en O et sur lequel repose par des roulements à billes une cage circulaire 12 complétée par un chapeau. La cage 12 présente, suivant le diamètre EF du plateau contenu dans le plan principal, deux tourillons opposés 13 qui peuvent pivoter dans des portées formées sur une boîte ou coquilles en deux pièces 14. Cette coquille 14 présente deux ouvertures allongées 15 pour laisser passer l'arbre moteur et, aux extrémités du diamètre GH du plateau 12, perpendiculaire au diamètre EF, elle est pourvue de deux roulements à billes 16 par lesquels elle peut osciller sur deux tourillons 17 fixés au carter bâti 5. Par suite de cette disposition, la ligne EF des deux tourillons 13 ne peut se déplacer que dans le plan principal du moteur.

La coquille 14 porte, parallèlement au plan principal, deux pignons 18 ayant leurs centres sur la ligne GH et montés en des points convenables pour engrener avec les tiges 19 des pistons 1^a, 2^a, 3^a, 4^a qui travaillent dans les cylindres 1, 2, 3, 4. Les tiges des pistons peuvent être taillées à cet effet comme représenté de manière à former des crémaillères de section ronde 19^a.

Le moteur est complété, par exemple dans le cas d'un moteur à explosions à quatre temps, par un mécanisme de distribution et un dispositif d'allumage d'un type usuel. Les deux crémaillères engrenant avec leurs pignons respectifs en des points diamétralement opposés les deux pistons 1, 4 montent pendant que les pistons 2, 3 descendent et inversement. Les explosions peuvent ainsi se succéder dans les cylindres dans l'ordre 1, 2 3, 4, ce qui permet de commander toutes les soupapes d'admission par une seule came tournant à demi vitesse et toutes les soupapes d'échappement par une autre came analogue. On équilibre en outre ainsi approximativement les masses en mouvement. Si l'explosion a lieu, par exemple, dans le cylindre 1, la crémaillère 19^a de la tige du piston 1^a en engrenant avec l'un des pignons 18 le fait tourner dans le sens de la flèche avec la coquille 14 autour de l'axe fixe GH de sorte qu'à fin de course, le diamètre EF est venu en E'F'. Dans ce mouvement, la cage 12 oscille autour de cet axe EF et, en agissant sur le plateau incliné 11, produit la rotation de l'arbre moteur 10 sur lequel ce plateau est calé. L'explosion suivante a lieu dans le cylindre 2 quand le piston 2^a arrive au point mort haut et le cycle se continue à la manière connue.



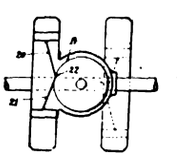


Fig. 3 et 4.

En donnant aux crémaillères la forme de tiges rondes à cannelures circulaires, comme il est représenté, on peut communiquer aux pistons, en plus de leur mouvement alternatif, un mouvement d'oscillation ou de rotation continu sur eux mêmes, de manière à effectuer la distribution par des lumières convenablement percées dans les cylindres et les pistons. Ce mouvement d'oscillation ou de rotation sera dérivé d'une manière quelconque de l'arbre moteur.

On peut aussi, comme il est représenté schématiquement sur la fig. 4, remplacer la crémaillère rigide reliant les deux pistons opposés par deux bielles 20, 21, articulées ensemble et aux pistons, leur point d'articulation commun 22 étant situé en un point de la coquille 14.

(*Société des Moteurs Gnome*, Seine. Brev. fr., cl. 5, n° 450 605, 23.I.12.)

Pulvérisateur pour chaudières à combustible liquide ou à combustible mixte. — La pulvérisation par la vapeur et la pulvérisation par l'air comprimé ont été reconnues peu économiques. Quant à la pulvérisation mécanique, elle doit être réalisée en imprimant au liquide une grande vitesse ; il faut en conséquence faire passer le pétrole par des orifices étroits, sujets à s'obstruer facilement.

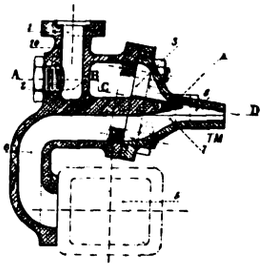


Fig. 1.

L'invention a pour objet de recourir à un système mixte, utilisant à la fois l'air comprimé ou la vapeur et l'impulsion étant donnée mécaniquement au liquide, dans des conditions telles que les inconvénients de chaque système soient éliminés par sa combinaison avec l'autre.

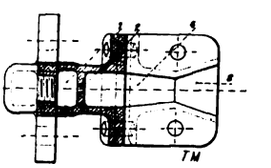


Fig. 2.

Digitized by Google

La fig. 1 est une coupe de l'appareil. La fig. 2 est une coupe par la ligne A B C D de la fig. 1. La fig. 3 est une autre forme d'exécution du même appareil.

Le liquide refoulé par une pompe arrive au pulvérisateur 10 par un conduit 1 et traverse l'orifice calibré 2 pour pénétrer dans la chambre 3, d'où il ressort sous forme d'une lame mince par l'orifice 4 de section rectangulaire. L'air comprimé provenant du collecteur 5 pénètre dans le conduit 6, se détend dans la tuyère convergente 7 d'où il sort sous forme d'une nappe parallèle à celle du pétrole et animée d'une grande vitesse.

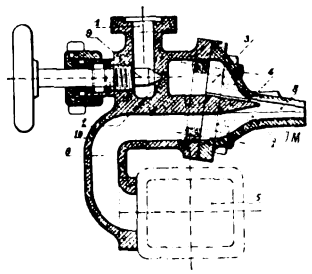


Fig. 3.

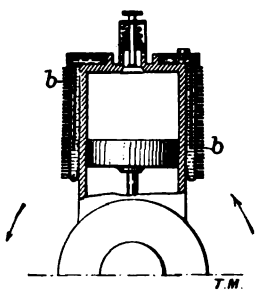
La chambre 8 forme mélangeur, sa hauteur va en diminuant en même temps que sa largeur augmente de sorte que le liquide sort complètement pulvérisé en nappe largement épanouie.

Cette disposition est favorable lorsque le faisceau tubulaire du générateur de vapeur est constitué par des tubes horizontaux.

Si la chaudière est destinée à fonctionner alternativement au charbon et au combustible liquide ou au combustible mixte, le pulvérisateur fonctionne comme injecteur d'air (ou de vapeur) dans le foyer pour y brasser les gaz.

(*Société Anonyme des Etablissements Delaunay-Belleville*, Seine. Brev. fr., cl. 15 n° 448 099, 9.IX.12.)

Refroidissement des cylindres de moteurs. — Entre les filets de l'eau froide qui arrive et ceux de l'eau chaude qui s'en va, se trouve une cloison séparatrice *b*.



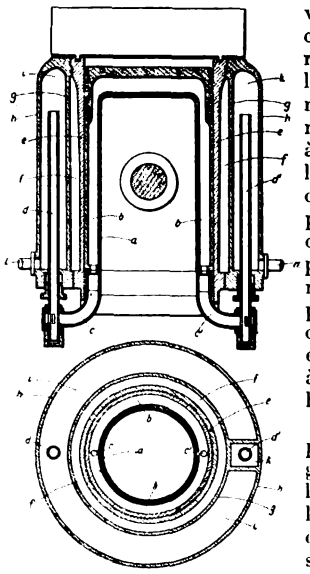
(*H. Windhoff*, Berlin. Brev., all., cl. 46 *c*, n° 262 847, 1.X.11.)

Refroidissement des pistons. — Cette invention concerne un dispositif de refroidissement des pistons par tuyaux plongeurs dans lequel l'espace cylindrique de la double enveloppe de refroidissement n'est pas divisé par des cloisons, mais au contraire est ininterrompu sur tout son pourtour et présente ainsi sur toute la périphérie la même température ; ce dispositif comporte une grande simplification; dans l'arrangement des tuyaux. Dans ce but l'enveloppe du cylindre moteur est entourée d'une seconde enveloppe fermée et contenant l'eau sous pression pour le refroidissement des pistons.

La fig. 1 est une coupe longitudinale par le cylindre moteur et le dispositif de refroidissement du piston. La fig. 2 est une coupe transversale du cylindre et du piston.

Le piston moteur *a* présente un logement interne *b* destiné à recevoir le liquide refroidisseur. *c* et *c*¹ sont deux tubes de communication entre le logement du piston et les tubes plongeurs *d* et *d*¹ ; ces tubes servant pour l'entrée et la sortie de l'eau de refroidissement.

Le cylindre moteur est entouré par la chemise d'eau continue *g*. Une enveloppe à double paroi *g* et *h* renferme une deuxième chambre *i* pour l'eau de refroidissement. Dans cette chemise extérieure *i* plongent les tubes *d* et *d*¹ pour l'entrée et la sortie de l'eau, qui font partie du dispositif de réfrigération des pistons.



T.M.

Comme on le voit fig. 2, la chambre extérieure *i* contient le compartiment K. Ce dernier peut servir à la sortie de l'eau de refroidissement des pistons, ainsi qu'on l'a supposé sur la figure tandis que la partie restante de la chemise extérieure *i* sert à l'entrée de l'eau.

On peut cependant échanger l'entrée et la sortie de l'eau. Dans ces deux espaces séparés *i* et *h* plongent les tuyaux d'entrée et de sortie *d* et *d*¹. L'étanchéité de ces tubes à leur traversée dans les chambres *i* et *k* contenant l'eau sous pression est obtenue à la manière connue par exemple au moyen de presse étoupe.

L'eau de refroidissement arrive en *l* dans la chemise *i* et sort en *m* du compartiment K.

(*Rudolf Diesel et Société Anonyme des Etablissements Delaunay-Belleville*. Brev. fr., cl. 5, n° 448 413, 17.IX.12.)

MÉTALLURGIE

Seringue-pistolet pour la fusion et la projection à l'état fondu de matières fusibles. — Cet appareil réunit sur un même bâti les dispositifs qui permettent la fusion de la matière et sa projection au moyen de l'air comprimé.

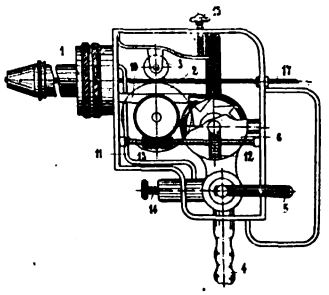


Fig. 1.

La fig. 1 est une vue, partie en élévation de côté, partie en coupe longitudinale, donnant l'ensemble de l'appareil.

La fig. 2 est une vue en coupe par l'axe de la tuyère de pulvérisation dont la fig. 3 donne une vue de face.

La tuyère 1 est traversée en son centre par le fil ou le bâton 17 formé par la matière à fondre ; d'autre part, les conduits latéraux 8 et 9 amènent à l'extrémité de la tuyère, l'un de l'oxygène et l'autre, soit de l'hydrogène, soit de la vapeur de benzine, soit tout autre gaz ou vapeur approprié à l'alimentation du chalumeau ; la fig. 1 ne montre qu'une seule tubulure d'alimentation 11, qui amène à la tuyère 1 un des éléments combustibles dont le débit est réglé au moyen du pointeau 14.

Sur le même bâti est disposée une petite turbine à air comprimé 7, alimentée par de l'air comprimé arrivant par la tubulure 4, réglable à l'aide du robinet 5 ; cette turbine actionne, par l'intermédiaire des roues hélicoïdales 12 et 13 le système des deux roues de transport 2 et 3 dont la rotation entraîne le fil ou le bâton 17 de matière à fondre ; la pression nécessaire à l'avancement de cette matière est réglée par la manœuvre de la vis 15 ; enfin, une tubulure 10 amène l'air comprimé sortant de la turbine dans les conduits 7 qui le dirigent à l'extrémité de la tuyère.

L'appareil, portatif et très maniable, peut être tenu à la main au moyen de la poignée 16, fixée sur le bâti.

La matière fusible est fondue par la flamme du chalumeau et les gouttes qui se forment en une suite précipitée sont pulvérisées et projetées avec force par le jet d'air comprimé ; d'autre part, cet air comprimé renforce la flamme du chalumeau et l'aide à pulvériser le métal.

Le dosage des vapeurs de benzine et d'oxygène qui alimentent le chalumeau est très variable, notamment avec la nature du métal traité ; à titre d'exemple, on peut indiquer pour le plomb, une proportion de vapeurs de benzine de 1/15, pour le laiton 1/10, pour le cuivre de 1/2.

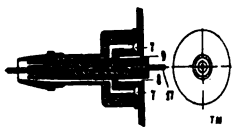


Fig. 2.

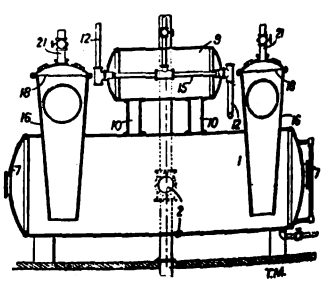
L'air comprimé prend part à la combustion des vapeurs de benzine et le fonctionnement de l'appareil est comparable à celui du chalumeau employé pour la soudure autogène.

Dans certains cas, et notamment lorsqu'il s'agit de fondre un fil dont le diamètre est de plusieurs millimètres, ou de métaux, tels que le plomb, d'un grand poids spécifique, il y a intérêt à séparer de la seringue-pistolet le dispositif transporteur du métal à fondre ; il est alors avantageux d'employer un moteur indépendant, tel qu'un petit électro-moteur, un mouvement d'horlogerie, etc., au lieu d'air comprimé, pour assurer l'avancement du métal.

(*Société de Métallisation*, Paris. Brev. fr. cl. 8, n° 451260, 2.XII.12.)

PHYSIQUE

Lavage des fumées et des gaz (Appareil pour le). — L'appareil comprend un bac 1, deux arrivées des fumées 16 plongeant jusqu'en bas. L'eau arrive en 21 par le haut des conduits de fumée. La sortie a lieu par 10 entre les deux arrivées. Des tamis 18 divisent l'eau en filets. Les eaux usées s'en vont par 2 et se rendent dans un égout. Les orifices 10 de sortie des gaz lavés, débouchent dans un collecteur 9 muni d'un éjecteur à air comprimé. Les gaz sont envoyés au point d'utilisation par les tuyaux 12.



Les impuretés lourdes, qui sont quelquefois de valeur, se déposent dans le fond du réservoir et on les retire par le trou d'homme 7. Le bac peut être divisé en deux par une cloison de façon à avoir deux parties indépendantes.

(*J. J. de Broadway*, Bayonne [New Jersey] Etats-Unis. Brev. angl., cl. 8, n° 12456, 24.V.13.)

Digitized by Google

Combustion complète des gaz (Procédé et appareil pour l'observation de la). — Cette invention a pour objet un procédé et un appareil permettant de déterminer rapidement et avec une grande exactitude la proportion d'air qui est nécessaire pour effectuer la combustion complète d'un gaz, c'est-à-dire le rapport $\frac{A}{G}$ de la quantité d'air et de la quantité de gaz qui sont nécessaires pour former un mélange qui, après combustion, ne renferme ni oxygène résiduel ni produit combustible non brûlé, ou le rapport inverse.

L'appareil est constitué en principe par un petit four à gaz à réverbère de construction analogue à celle des grands fours industriels et permettant par suite, d'effectuer une combustion régulière et aussi parfaite que possible. Une coupelle, contenant du plomb pur, est placée dans ce four au rouge, l'appareil ayant été mis en marche avec un léger excès de gaz. Le plomb se liquéfie bientôt et on observe, par un regard ménagé dans le four, l'aspect du métal fondu. Tant que les gaz qui lèchent sa surface sont réducteurs, le bain de plomb apparaît brillant comme un miroir et reflète la voûte du four. On diminue alors progressivement le débit du gaz, et, lorsque les gaz brûlés deviennent oxydants, on aperçoit, sur le bain de plomb, des bandes ternes d'oxyde qui se forment à sa surface et se déplacent rapidement en tous sens. Le phénomène est très net et ne laisse place à aucun doute, aussi l'opération peut-elle être conduite par une personne peu expérimentée. Il suffit seulement de ne pas modifier trop rapidement les proportions d'air et de gaz pour obtenir une évaluation très précise du rapport $\frac{A}{G}$. A la fin de l'opération, on laisse le brûleur allumé, mais en atmosphère légèrement réductrice pour ne pas oxyder tout le plomb. De cette façon, la durée d'une expérience est exactement celle que met le volume de gaz mesuré à s'écouler par le brûleur. On opère en général sur un volume de gaz qui oscille autour de 1l,5 à la minute.

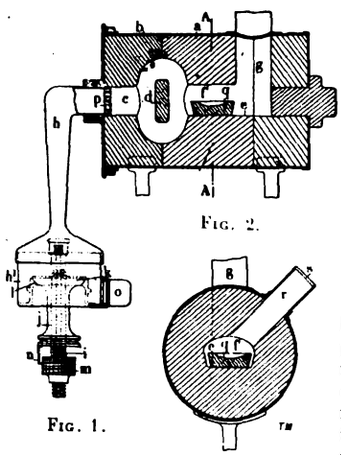


Fig. 1.

Fig. 2.

La fig. 1 est une élévation avec coupe partielle. La fig. 2 est une coupe transversale faite suivant la ligne A-A de la fig. 1.

Comme on le voit, le brûleur proprement dit consiste en un four formé d'un bloc réfractaire *a* entouré d'une enveloppe métallique *b* et présentant une chambre de combustion *c*, un autel *d*, une sole *e*, une voûte *f* pour concentrer la chaleur sur cette sole et une cheminée d'évacuation *g* pour les gaz de la combustion.

Le mélange combustible est effectué dans un tube mélangeur *h* relié au four et qui s'évase vers le bas pour former une cloche h^1 dans laquelle monte l'air de la combustion. Au centre de cette cloche est disposée une tige creuse *i* à l'intérieur de laquelle arrive le gaz combustible et sur laquelle se visse une douille taraudée *j*. Cette douille porte à son sommet un obturateur conique *h* qui, par la rotation de la douille *j* sur la tige *i*, peut être plus ou moins écarté d'un siège conique *l* fixé à la partie inférieure de la cloche h^1. En réglant convenablement la position de l'obturateur *k* on peut donc fermer plus ou moins l'orifice de la cloche et obtenir un débit d'air plus ou moins considérable.

On peut éviter de mesurer le débit de l'air à chaque opération en étalonnant l'appareil une fois pour toutes. A cet effet un tambour gradué *m* est fixé sur la tige creuse *i* et un index *n* est monté sur la douille *j* de l'obturateur. Quand on visse la douille *j* sur la tige *i*, la pointe de l'index *n* décrit une hélice le long du tambour *m* et à chaque position de la pointe de l'index le long de cette hélice correspond une ouverture particulière de l'obturateur *k* donnant un débit déterminé.

On peut, du reste, si on le préfère, fermer complètement l'obturateur *k* et amener l'air à l'intérieur de la cloche h^1 par une tubulure latérale *o*. Le débit de l'air est alors mesuré au moyen d'un compteur ou de toute autre manière convenable. Le gaz combustible amené au tube *i* passe dans un compteur ou un petit gazomètre qui permet d'en mesurer le débit avec précision.

Le gaz et l'air se mélangent dans le tube *h* et pénètrent par les orifices d'une plaque perforée *p* à l'intérieur de la chambre *c* où s'opère la combustion. L'autel *d* en brisant le courant crée un remous qui brasse les gaz incandescents et rend leur mélange plus intime. La flamme rabattue par la voûte *f* vient lécher la surface d'un bain de plomb pur contenu dans une coupelle *q* posée sur la sole *e* et les gaz de la combustion s'échappent par la cheminée *g*.

Un tube incliné *r* dirigé vers l'axe du four et muni à son extrémité d'un regard de verre *s* permet d'examiner l'aspect de ce bain de plomb afin de déterminer, comme il a été dit précédemment, le moment où ce bain commence à s'oxyder.

(*Société industrielle d'Instruments de Précision*, Paris. Brev. fr., cl. 12, n° 454029, 18.IV.12.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Filature du lin, du chanvre, du jute et autres fibres. — Les métiers à filer de ce genre comportent un anneau tournant actionné par un ruban et pourvu d'un œillet de guidage pour diriger le fil sur la broche, ou un disque portant un doigt comprimeur appliquant le fil sur celle-ci.

Cette invention consiste essentiellement dans l'application à un anneau tournant que traverse librement la cannette ou bobine, d'un comprimeur centrifuge ou à ressort pivoté sur un côté de l'anneau et muni d'un œillet de guidage du fil disposé excentriquement à l'extrémité supérieure du doigt comprimeur. Le tirage ou pression du fil auquel se joint l'action de la force centrifuge presse le comprimeur contre la cannette ou bobine, et un frein actionné ou contrôlé par un ressort et agissant sur la jante de l'anneau tournant retarde ou arrête sa rotation pour permettre de rattacher un bout cassé.

La fig. 1 est une élévation en coupe de l'anneau tournant et du doigt comprimeur ainsi que du support de l'anneau. La fig. 2 en est une vue en plan. La fig. 3 est une vue en coupe d'un anneau tournant et de son doigt comprimeur séparés du support de l'anneau. La fig. 4 est une vue en plan du doigt comprimeur et de son guide E.

L'anneau tournant A est monté pour tourner sur billes dans un support B, de la manière habituelle, et son diamètre intérieur permet à la cannette ou bobine portée par la broche C de le traverser librement.

A l'intérieur de l'anneau et sur un de ses côtés sont ménagés des supports *a* (préférablement sous forme de douille dans lesquels est ajustée la partie supérieure *d* d'un doigt comprimeur D.

Ce doigt peut être constitué en quatre parties : une tige *d* s'ajustant dans les supports *a* une partie centrale d^1 en forme de coude avec un doigt comprimeur d^2 terminé par un œil de guidage d^3 à son extrémité inférieure, et un guide E pour diriger le fil à l'intérieur de l'anneau tournant A.

Le doigt comprimeur D peut être en une seule pièce forgée ou incurvée à la forme indiquée; toutefois, il sera, de préférence, établi en deux pièces séparées : la tige *d* destinée à tourner dans les supports et la partie d^2 avec son coude d^1 fixé à l'extrémité inférieure de la tige *d*; quant au guide E, il sera d'une seule pièce avec la tige *d*.

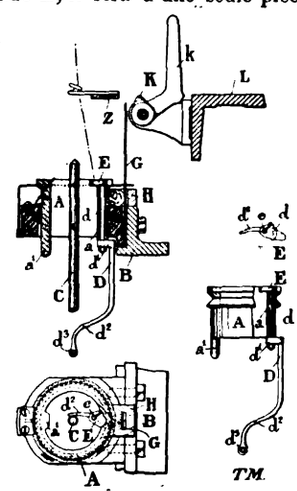


Fig. 1, 2, 3 et 4.

Le coude d^1 est obligé, par la force centrifuge, de s'écarter et il force l'œil d^3 à venir appuyer contre la surface de la cannette ou bobine portée par la broche C.

Le guide E qui se trouve à la partie supérieure de la tige *d* a la forme d'une petite manivelle et il porte un œil fendu *e* excentré par rapport à la tige *d* et dont la position est telle que le tirage du fil tend à faire déplacer la branche d^2 vers l'intérieur et à appuyer l'œil d^3 contre la broche C ou la cannette ou bobine qu'elle porte. Le guide E s'écarte vers l'extérieur pendant la confection de la cannette ou de la bobine, et la pression de l'extrémité du doigt comprimeur est aidée par le tirage du fil, cette pression étant faible quand la cannette ou bobine est à son début, et plus grande quand elle est pleine.

La rotation de l'anneau tournant A oblige la branche d^2 du doigt comprimeur D à pivoter de sorte que l'œil d^3 qui se trouve à son extrémité libre est pressé contre la broche C ou le tube nu au commencement de la cannette, puis au fur et à mesure que celle-ci grossit, l'œil de guidage d^3 s'écarte du centre mais reste toujours pressé contre la surface de la cannette ou de la bobine.

Afin d'assurer une rotation régulière de l'anneau tournant A, on équilibre de préférence le poids du doigt comprimeur D au moyen d'un court contrepoids a^1 fixé à l'anneau tournant dans une position opposée à celle du doigt. Sur le support B sont articulés un ou des leviers à ressort G portant un patin de freinage H susceptible de venir frotter contre la périphérie de l'anneau tournant A. Le levier à ressort remonte dans une direction verticale et son extrémité supérieure se trouve en face d'une manivelle ou came excentrée K par laquelle elle peut être repoussée en avant afin d'amener le patin de freinage en action.

La manivelle ou came excentrée K est actionnée par une poignée ou levier *k* disposé de préférence au-dessus de la table L et au moyen duquel le frein est mis en action ou hors d'action suivant le cas, afin d'arrêter ou de permettre la rotation de l'anneau tournant A.

A d'autres égards, la broche C et l'appareil porte-broches sont montés de la manière habituelle, avec porte-broches à mouvement vertical de va-et-vient, corde et poids.

A. T. Lawson & G. Shaw, Angleterre. Brev. fr., cl. 4, n° 455 535, 13.III.13.)

L.-V. Bournat, J. Brunswick L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

L'industrie minière en Indochine en 1912

L'industrie minière de l'Indochine française a pris aujourd'hui un développement dont la *Quinzaine coloniale* a donné un substanciel résumé, que nous analysons ici.

Charbon. — La production des combustibles, en Indochine a suivi les fluctuations suivantes :

En 1904 250 000 tonnes.	En 1911 437 000 tonnes
En 1908 347 000 —	En 1912 427 000 tonnes

Les mines de charbon comprennent des mines de charbon maigre et anthraciteux et des mines de charbon gras. Le charbon gras est l'objet de recherches actives et même d'un commencement d'exploitation à Phan-Mé, près Thai-Nguyen, à Chiné et à Phu-Nho-Quan. Le charbon maigre est exploité à Hongay, à Kébao et dans le Dong-Trieu. Un nouveau groupe d'exploitation est en préparation dans le Huong-By. La principale mine de charbon est celle de Hongay, appartenant à la Société française des charbonnages du Tonkin. Les couches sont puissantes et l'extraction se fait à ciel ouvert. La production des mines de Hongay constitue à elle seule les 3/4 de la production totale des mines de charbon du Tonkin : 306 000 t sur 427 500 t. Les autres exploitations sont celles de la Société du domaine de Kébao (production en 1912, 11 800 t), de la Compagnie minière et industrielle de l'Indochine (18 000 t), de M. A.-R. Marty (23 492 t), de M. Berniès (17 000 t), de M. Ferrand (30 000 t), de la Société des mines de Phan-Mé (6 600 t), de MM. Borel et Schaller (2 000 t), et en Annam, les mines de Quang-Nam (12 000 t).

Mines métalliques. — La production des mines métalliques (zinc, étain et tungstène), qui était seulement de 8 tonnes en 1904, a atteint les chiffres suivants :

En 1908.....	9 600 tonnes
En 1911.....	28 600 tonnes
En 1912.....	28 500 tonnes

Zinc. — Les principales mines de zinc actuellement exploitées sont celles de la région de Lang-Hit, près de Thai-Nguyen, celles de Trang-Da, près de Tuyen-Quang, et celle de Thanh-Moï, près de Lang Son. 28 387 tonnes de minerais ont été extraites en 1912 par les entreprises suivantes :

Société des mines de Trang-Da (Tuyen-Quang) : 10 220 t de calamine ; — Société minière du Tonkin (Thai-Nguyen) : 10 230 t de calamine et 2 192 t de blende ; — Société des mines de Thanh-Moï (Lang-Son) : 525 t de calamine et 12 000 t de blende ; — Société d'études minières au Tonkin (Thai-Nguyen) : 2 564 t de calamine : — Société minière de Yen-Linh (Tuyen-Quang) : 936 t de calamine. Sur la quantité produite, soit 28 387 t, 25 172 t, d'une valeur de 3 millions 401 500 fr., ont été exportés en 1912.

Parmi les nouveaux groupes de mines de zinc qui sont en perspective d'exploitation, on distingue celui des environs de Chodien, non loin des lacs Babé. Une voie ferrée de 25 kilomètres de longueur est projetée pour réunir ces mines à la rivière de Song-Gam.

Etain et tungstène. — Ces mines constituent le groupe dit du Pia Ouac, dans la province de Cao-Bang. On exploite des minerais d'alluvions et de filons. Les alluvions sont composées surtout de cassitérite (oxyde d'étain) dans la vallée de Tinh-Tuc, et de cassitérite et wolfram mêlés, à Beau-Site et en d'autres points. Les filons paraissent nombreux et sont constitués par une gangue de quartz qui enrobe le wolfram surtout et la cassitérite accidentellement. Le produit extrait de ces filons a donc surtout de la valeur comme minerai de tungstène. Les gisements sont exploités par la Société des étains et wolfram du Tonkin, par la Société des mines d'étain du Haut-Tonkin et par M. Ducreux. La production totale de ces mines est seulement en légère augmentation depuis plusieurs années et a atteint, en 1912, le chiffre de 240 t, valant environ 500 000 fr.

Or. — La seule mine d'or exploitée est celle de Bong-Miù, près de Tourane. La production annuelle varie, depuis une dizaine d'années, entre 50 et 150 kilog d'or. En 1912, elle a été de 85 kilog.

Autres mines. — Des recherches sont actuellement en cours d'exécution sur des filons de galène et de blende notablement argentifères, autrefois exploités, situés à Nganson, près de Backan, ainsi que dans les provinces de Hoa-Binh et de Yen-Bay. Les mines de cuivre de la rivière Noire et de Lang-Son ont donné lieu à des travaux assez importants dans ces dernières années. Le relèvement des cours de l'antimoine a provoqué de nouveaux travaux sur les filons explorés il y a une vingtaine d'années au nord de Port-Courbet, près de Hongay. Les gisements de mercure ont fait l'objet de récentes explorations dans la région de Hagiang. Le minerai de fer a surtout appelé l'attention au Cambodge. On commence à s'occuper également des gîtes de fer connus au Tonkin. Enfin, des découvertes de phosphates en poches ou en filons dans les calcaires ont été faites au Tonkin, en Annam, en Cochinchine et au Cambodge et ont donné lieu, notamment au Tonkin et au Cambodge, à des commencements d'exploitation.

Au 31 décembre 1912, le nombre des concessions instituées s'élevait à 104. Le nombre des concessions en instance à cette époque était de 146.

A cette même date, on comptait 3 044 périmètres de recherches en vigueur. Le relevé suivant montre la progression générale des recherches dans chacun des pays de l'Union indochinoise :

	1907	1912
Tonkin.....	447	2 540
Annam.....	22	395
Laos.....	»	58
Cambodge.....	»	51
Totaux.....	469	3 044

Les recherches se sont surtout développées au Tonkin et comprennent des mines de diverses natures, que l'on peut classer comme suit au point de vue de l'importance actuelle des travaux : charbon, minerais de zinc, d'étain et de tungstène, de plomb et d'argent, d'antimoine, de cuivre, d'or, de phosphate et de fer. Les seules mines qui donnent lieu actuellement à une exploitation suivie sont celles de charbon, zinc, étain et wolfram. En Annam, sont exploitées des mines de charbon, or et zinc. Au Laos et au Cambodge, aucune exploitation n'existe encore.

Le nombre des ouvriers employés dans les exploitations est de 12 000 (150 Européens et 11 900 Asiatiques, dont 2 060 Chinois) en 1912, contre 16 000 en 1911. Cette diminution est due à l'achèvement de certains grands travaux d'aménagement des mines métalliques et aux progrès apportés aux procédés d'abatage, notamment par l'emploi de la perforation mécanique.

L'inspection des établissements classés dans le département de la Seine en 1912.

Le nombre d'établissements classés soumis à la surveillance officielle, dans le département de la Seine, était de 6 527 au 31 décembre 1912 contre 6 614 l'année précédente. Ces établissements se répartissent ainsi :

	1re classe	2e classe	3e classe	Total
Paris.....	32	969	2 363	3 364
Banlieue.....	335	682	2 146	3 163

Le nombre des établissements non classés placés sous la surveillance du service d'inspection était, au 31 décembre 1912, de 230 dans le département de la Seine (dont 163 pour Paris et 67 pour la banlieue).

Au total, les divers établissements surveillés par le service d'inspection étaient, au 31 décembre 1912, au nombre de 6 757, dans le département de la Seine. Ils n'étaient que de 6 108 en 1898, mais avaient atteint leur maximum en 1903, avec un total de 6 907.

Ajoutons que les vacheries, porcheries, infirmeries de chiens, laiteries, abattoirs, échaudoirs de tripiers, etc., au nombre de 1 395, ne sont pas compris dans les totaux précédents, car ils sont inspectés par le service vétérinaire sanitaire de la Seine.

Mais c'est le service d'inspection des établissements classés qui étudie la question de classement de tous les établissements.

Les visites opérées en 1913, par ce service, ont été au nombre de 18 257 se répartissant ainsi :

Etablissements de 1re classe.....	4 011
— 2e —	4 699
— 3e —	7 590
Divers.....	1 957

Le nombre des visites faites à la suite de plaintes contre des établissements classés a été de 263, dont 132 ont été reconnues fondées. 522 visites ont été faites à la suite de plaintes contre des établissements non classés ; 8 205 ont été reconnues fondées.

521 avis favorables ont été donnés à la suite de demandes d'autorisation ou d'extension, contre 25 avis défavorables seulement.

En outre, 2 322 visites ont eté faites pour renseignements, 22 à la suite de réclamations, 30 pour affaires diverses.

En totalisant tous ces nombres, on arrive à 21 699 visites suivies de rapports effectuées par le service d'inspection. En 1898, le total n'était que de 11 220 ; ce maximum avait été atteint en 1911 avec 23 249 visites.

Les 21 699 rapports de l'année 1912 ont été suivis de 2 646 sommations (rappels de conditions déjà prescrites), de 261 prescriptions nouvelles, de 127 modifications de conditions et de 135 procès-verbaux, soit en tout 3 169 mesures administratives (contre 2 221 en 1898 et 3 063 en 1911).

En 1912, 9 fermetures provisoires seulement ont été prononcées. Les 135 procès-verbaux ont été provoqués par les motifs suivants :

Danger d'incendie.....	28	procès-verbaux
Odeurs.....	96	— —
Fumées.....	9	— —
Poussières.....	1	— —
Bruit.....	1	— —

Les industries qui ont été l'objet du plus grand nombre de contraventions, se répartissent comme suit :

DANGER D'INCENDIE		
Dépôts d'hydrocarbures.....	14	procès-verbaux.
Dépôts de celluloïd.....	6	— —
Acétylène.....	3	— —
ODEURS		
Clos d'équarrissage.....	48	procès-verbaux.
Dépôts de chiffons.....	12	— —
Industries diverses traitant les corps gras.....	11	— —
Dépôt d'os.....	5	— —
Dépôt de peaux, de cuirs verts.	4	— —
Ordures ménagères (dépôts, usines de traitement).....	4	— —

Le rapport de M. Paul Adam, inspecteur principal, chef du service d'inspection, que nous analysons ici, contient le détail des diverses plaintes et la décision du service à leur égard.

P. B.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e Semestre). — Tome VII. — N° 10. 15 NOVEMBRE 1913

La Technique Moderne

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

LES MACHINES-OUTILS MODERNES POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX (1)

CONSTRUCTION DES FRAISES ET MÉTHODES DE FRAISAGE

Sommaire. — *Fraises de côté. — Fraises à profil constant. — Fraises en bout. — Fraises extensibles. — Fraisage de côté. — Fraisage en bout. — Vitesse de rotation des fraises. — Vitesse de l'avance.*

Les fraises sont des outils pris en général dans un bloc cylindrique de révolution et tournant autour de l'axe de ce cylindre. On peut les classer en deux types distincts : 1° Les fraises qui travaillent *de côté*, dont les arêtes coupantes sont des génératrices ou des lignes hélicoïdales tracées sur la surface latérale de ce cylindre ; leurs dents pénètrent successivement dans le métal et s'en dégagent ensuite pour se refroidir à l'air ; 2° Les fraises qui travaillent *en bout*, dont les arêtes coupantes sont disposées radialement sur le fond du cylindre et qui restent constamment en contact avec le métal.

Entre ces deux types, il existe des modèles *mixtes* travaillant latéralement et en bout.

Fraises de côté.

Tracé et construction. — Les dents venant successivement entamer le métal, le travail de ces fraises est discontinu et on a intérêt à en augmenter le nombre pour en avoir plusieurs en travail, en tenant compte de l'épaisseur nécessaire aux dents pour résister à l'effort de coupe, et de l'intervalle nécessaire pour loger les copeaux.

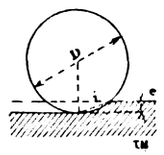


Fig. 1. — Mode d'action des fraises de côté.

Si D est le diamètre extérieur de la fraise, e l'épaisseur du métal enlevé (fig. 1), pour qu'il y ait toujours au moins une dent engagée, il faut que l'intervalle i entre deux dents soit au moins égal à $\sqrt{De}$ et si n est le nombre de dents, on aura $n \geqslant \pi \sqrt{\frac{D}{e}}$.

La maison Brown et Sharpe détermine le nombre de dents de façon qu'il y ait un intervalle et demi d'engagé soit $i = \frac{2}{3}\sqrt{De}$. ou

$$n = \frac{3}{2}\pi\sqrt{\frac{D}{e}}$$

M. Desgranchamps, qui a fait de nombreuses expériences de fraisage, donne 7 dents aux fraises de 20 mm de diamètre et ajoute une dent par 5 mm de diamètre en plus, c'est-à-dire que l'on a

$$n = \frac{D - 20}{5} + 7$$

Le nombre des dents est ainsi proportionnel au diamètre. L'épaisseur du métal, pour laquelle il y a toujours une dent en contact, varie aussi avec le diamètre. Elle est de 3,5 mm pour D = 20 mm ; 3 mm pour D = 30 mm. En raison du trop grand intervalle entre les dents, M. Desgranchamps trace les arêtes suivant une ligne hélicoïdale. Sinon, pour des passes de finissage où l'on enlève 3 à 4/10 de mm, il faudrait avoir un nombre de dents trop grand pour les petites fraises et les intervalles seraient trop petits. La taille et l'affûtage seraient alors par trop difficiles. Pratiquement, ces intervalles ne doivent pas descendre au-dessous de 3 mm. La disposition en hélice évite la trace des coups d'outil et permet d'obtenir un travail continu.

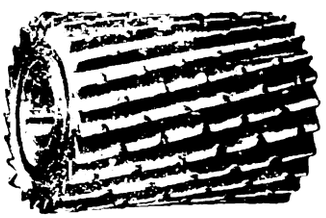


Fig. 2. — Fraise cylindrique à surface, système Huré et Cie.

Pour les fortes passes, la taille en hélice est aussi avantageuse. La dent avance régulièrement. La coupe est facilitée par une sorte de sciage. Le copeau est plus fragmenté, et le rendement de la fraise est augmenté.

M. Desgranchamps part de cette donnée expérimentale que l'angle de moindre résistance pour un outil coupant l'acier à la façon d'une dent de fraise est de 55°. Pour que l'inclinaison de la tangente sur la ligne d'avance soit égale à cet angle, le pas de l'hélice doit être égal à quatre fois et demie le diamètre extérieur de la fraise. Et on constate que les fraises ainsi construites, font de fortes passes, durent plus longtemps et offrent moins de résistance à la coupe que les fraises dont le pas est supérieur. Mais elles exercent une poussée longitudinale égale au sinus de l'inclinaison sur l'axe.

Cependant, les constructeurs choisissent un pas de 6 à 12 fois le diamètre, et jusqu'à 20 fois pour les fraises de finissage.

Sur les longues fraises en hélice (fig. 2), on peut interrompre le tranchant des dents par des rainures hélicoïdales peu inclinées sur la section normale, de façon que le vide d'une dent soit recouvert par le plein de la suivante.

Cette disposition rend les fraises plus appropriées aux fortes passes, car la denture discontinue divise les copeaux, évite le

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 11 (1er Juin 1912), p. 409 ; t. V, n° 2 (15 Juillet 1912), p. 61 ; n° 4 (15 Août 1912), p. 124 ; n° 7 (1er Octobre 1912), p. 228 ; et t. VI, n° 1 (1er Janvier 1913), p. 16.

Digitized by Google

bourrage et permet d'augmenter dans de grandes proportions la production.

Depuis une trentaine d'années, on emploie beaucoup plus les fraiseuses pour le rabotage. On est conduit à des fraises de grandes dimensions.

Au-dessus de 200 mm de diamètre, on rencontre des difficultés de construction surtout de trempe et le prix de revient est élevé. On utilise alors des fraises à dents rapportées sur un moyeu de fonte (fig. 3).

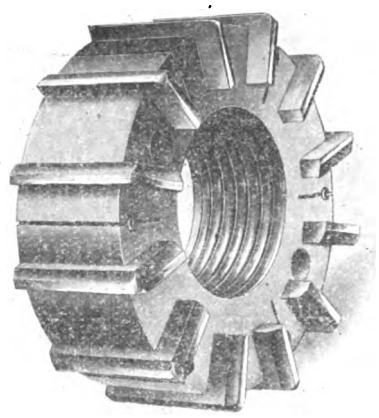


Fig. 3. — Fraise à dents rapportées, système de la Société française de Machines-Outils (Usines Bouhey.)

Le mode d'attache de ces dents est assez varié. Brown et Sharpe fixent les lames par un coin oblique, serré par une vis. Huré et Cie serrent ce coin par deux vis. Glaenzer, Perraud et Thomine, Hamelle, Pratt et Whitney, Reinecker et la Société Française de Machines-Outils, enfoncent une goupille conique dans la fente pratiquée dans le noyau entre deux lames. Ingersoll a fait des fraises dont les dents sont constituées par des tiges cylindriques et dont la partie extérieure au noyau de fonte, présente un taillant suivant un diamètre, parallèle aux génératrices du noyau. Ces tiges sont enfoncées à force, et enlevées par un mandrin introduit par un trou opposé à leur taillant. Leur affûtage est très facile.

Comme pour les outils de raboteuse, l'angle d'appui devrait être de 4°, l'angle du taillant de 51°, et la gorge de dégagement du copeau devrait faire un angle de 35° avec la verticale. En pratique, l'angle du taillant de 60° à 70°, l'angle d'appui restant de 4°. Brown et Sharpe, Pratt et Withney, tous les constructeurs américains tracent même la face de la dent suivant le rayon, avec un profil triangulaire pour ne pas élargir la facette de coupe par suite des affûtages.

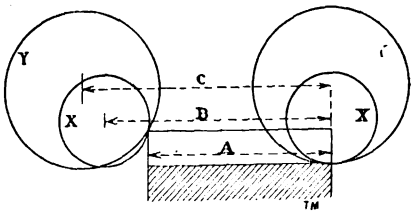


Fig. 4. — Influence du diamètre des fraises sur la longueur de la course de retour.

La profondeur de la dent dépend du profil et de l'intervalle des dents.

Le diamètre des fraises doit toujours être aussi petit que possible. La fig. 4 montre que, pour une même longueur à fraiser A, la petite fraise X a une longueur de course B moins grande pour le retour que celle C de la grande fraise Y. De plus, les petites fraises sont moins coûteuses, s'affûtent plus facilement, ayant peu de masse, font moins vibrer la broche de la fraiseuse, et ont un rendement supérieur parce que le frottement est réduit, c'est-à-dire que l'arc parcouru par chaque dent dans le métal étant très court l'avance peut être plus forte.

La confection des fraises demande beaucoup d'attention et d'expérience, exige l'emploi d'aciers homogènes d'excellente qualité, et réclame des soins minutieux pour la trempe et la rectification. La pièce est tournée au profil convenable, puis ses dents sont taillées à l'aide d'une autre fraise qui découpe les dents en profilant leurs creux; elle est ensuite trempée et rectifiée et les taillants affûtés pour donner la coupe nécessaire.

Les fraises de petit diamètre seont faites avec une queue conique qui s'engage dans le cône de même angle de l'arbre porte-fraise (fig. 5) ; les fraises de plus grand diamètre sont percées en leur centre d'un trou alésé pour être montées sur un mandrin (fig. 6) remplissant le même but que le queue précitée. Pour les

Fig. 5 et 6. — Fraises cylindriques à queue conique et mandrin système Huré et Cie.

premières, on rectifie d'abord la queue par rapport à l'axe, puis les dents par rapport à ce même axe, ensuite on donne l'angle de coupe sur une machine à affûter en meulant une facette sur la dent ; pour les secondes, on commence par rectifier le diamètre du trou et les plats sur lesquels porteront les rondelles de serrage par rapport au plan du disque, et, après avoir mis les dents au rond, on procède à leur affûtage par la meule. On doit s'appliquer à obtenir des surfaces parfaitement lisses, exemptes de rayures ou de coups d'outil dans les parties qui frottent sur le métal, et même, pour les fraises qui servent spécialement aux passes de finissage, on polit l'intérieur des dents. Dans la suite, si, en cours de travail, la fraise ne coupe plus, on avive l'arête coupante, en refaisant une nouvelle facette sur la machine à affûter.

La fraise demande à être lubrifiée abondamment, d'abord pour faciliter le glissement et le refroidissement de l'arête taillante quand celle-ci se dégage de la matière en travail, ensuite pour la débarrasser des limailles qui y adhèrent et pourraient produire des arrachements en pénétrant de nouveau dans le métal. A cet effet, il se trouve sur les fraiseuses une pompe qui injecte avec force l'huile ou l'eau de savon en quantité suffisante pour assurer le parfait lavage de la fraise.

Fraises à profil constant. — L'affûtage des fraises, par le meulage d'une facette de coupe, change le profil des dents ; après plusieurs affûtages, cette facette s'élargit et peut talonner sur l'arc entaillé, ce qui entraîne un retaillage ou, si la fraise est trop déformée, une mise au rebut. Pour remédier à ces inconvénients, Brown et Sharpe ont fait paraître, en 1864, une fraise de profil invariable aux affûtages et connue dans les ateliers sous le nom de fraise *de forme* ou fraise à *profil constant* (fig. 7). Cette fraise, qui avait d'abord été utilisée au taillage des dents d'engrenages, fut ensuite employée, en raison de ses avantages, au fraisage de pièces quelconques et adoptée rapidement par tous les constructeurs.

Dans ces fraises, le dessus de la dent est formé par un couteau, dont la section reproduit le profil à fraiser et dont la partie tranchante est dirigée suivant le rayon de la fraise, de sorte qu'en affûtant toujours le devant de la dent suivant un plan diamétral, on obtient invariablement le même profil, et on peut répéter ces affûtages jusqu'à ce qu'il ne reste plus à la dent que l'épaisseur nécessaire pour résister à l'effort du travail.

Pour construire ces fraises, on tourne la pièce au profil voulu, on fait sur une fraiseuse à diviseur les saignées qui forment les creux des dents, et, sur une autre fraiseuse spécialement disposée à cet effet (Brown et Sharpe) ou sur un tour spécial (Ducommun, Reinecker, Société Alsacienne, etc.), on façonne en arc de spirale logarithmique ou d'Archimède, le dégagement de la dent compris entre deux creux. Ce taillage se fait par un outil dont le mouvement d'avance a lieu en même temps que la fraise tourne sur elle-même.

Digitized by Google

Ce genre de fraise exige certaines conditions d'emploi : elles doivent travailler engagées sur une hauteur assez grande et, comme par construction, elles n'ont pas une denture hélicoïdale, il faut, pour éviter leur vibration, les monter aussi près que possible du

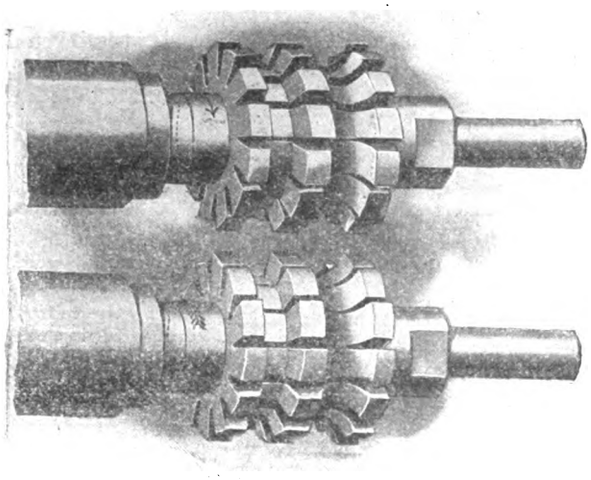


Fig. 7. — Fraises à profil constant montées sur leur broché, système Hamelle.

palier de l'arbre porte-fraise ; si on les fixe sur un mandrin, il doit être aussi court que possible et d'assez grand diamètre ; enfin, la pièce à fraiser doit être serrée dans un étau robuste sur une fraiseuse puissante et stable.

Les fraises à profil constant Reinecker ont souvent une denture hélicoïdale qui permet d'éviter les à-coups sur la fraiseuse et diminue le travail absorbé par l'outil.

Fraises en bout.

Dans le travail en bout, ces fraises (fig. 5) restent engagées dans le métal pendant la totalité de leur rotation; leur action est donc continue, mais les copeaux se détachent difficilement en produisant des arrachements dans la matière; de plus, le lubrifiant pénètre mal jusqu'à l'arête coupante qui n'est que peu refroidie; enfin, les dents en bout ne travaillent que par l'extrémité de leur rayon, les flancs au fur et à mesure qu'ils s'approchent du centre tournent de moins en moins vite et ne font que frotter en striant la surface déjà fraisée : c'est pourquoi on a souvent avantage à espacer les dents et à les réduire à une simple arête coupante limitée à la périphérie à fraiser.

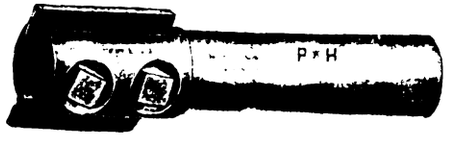


Fig. 8. — Fraise en bout à deux lames plates, système Huré et Cie.

L'outil le plus simple rentrant dans cette catégorie comprend deux lames diamétralement opposées montées sur une même tige (fig. 8). Dans la même ordre d'idées, on construit aussi des fraises en bout formées d'un plateau sur lequel sont montés deux, trois ou quatre outils de tour (fig. 9).

Ils peuvent être formés de bouts de barre d'acier profilé triangulaire et placés obliquement pour couper en bout et latéralement après affûtage. Ces couteaux peuvent aussi être placés parallèlement à l'axe de la queue de leur plateau ou, comme le montre la figure 9, placés inclinés par rapport à cet axe, ce qui permet, suivant que l'inclinaison est convergente ou divergente par rapport à la queue, d'agrandir ou de diminuer le diamètre de coupe des burins en les retirant ou les rentrant à volonté dans leur plateau. Ces fraises s'emploient beaucoup pour les travaux de dégrossissage et de surfaçage, et l'affûtage de leurs burins se fait simplement sur la meule de grès. Comme détail de leur exécution, on remarque que les vis d'attache de ces burins, placés dans les parties rentrantes du plateau, ne font pas saillie extérieurement, ce qui évite de blesser l'ouvrier.

La figure 3 montre qu'en prolongeant en dehors de la face inférieure de la fraise les lames coupantes, les fraises de côté à dents rapportées peuvent aussi être employées pour le fraisage en bout.

On a fait aussi des fraises de ce type en enroulant en anneau une barre d'acier plat, dont la tranche est dentée et que l'on monte ensuite sur un mandrin (Droop et Rein), ou en crénelant sur leur pourtour des coupelles d'acier (Glaenzer, Perreaud et Thomine).

Quel que soit le type de fraise employé, on a toujours avantage à se servir, pour le surfaçage en bout, des fraises d'un diamètre supérieur à la largeur de la surface à dresser, pour faciliter la sortie latérale des copeaux et éviter de revenir sur les parties déjà fraisées.

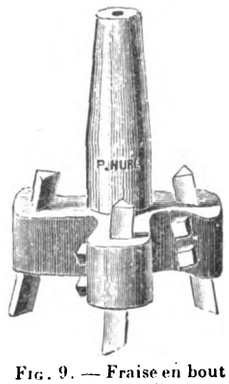


Fig. 9. — Fraise en bout à burin mobile, système Huré et Cie.

A côté des fraises appropriées à des dressages à plat, on construit une multitude de fraises spécialement disposées pour des travaux spéciaux : taille d'autres fraises, d'engrenages cylindriques ou coniques, de crémaillères, vis sans fin et globiques, rainures de clavetage ou de dégagement pour alésoirs, forets et tarauds, denture pour pignons de chaînes, et pour tous les travaux de profilage et façonnage pouvant être opérés par des outils à rotation à l'intérieur ou à l'extérieur des pièces métalliques de toutes sortes.

La construction de ces fraises dérive des principes exposés précédemment et ces outils possèdent, suivant les cas, une ou plusieurs parties taillées avec les dégagements correspondants pour la sortie des copeaux ; une disposition spéciale de construction se rencontre sur les fraises dites *extensibles*, dont les fig. 10 et 11 montrent un exemple. Ce type qui se recommande pour les travaux qui exigent des fraises d'épaisseur toujours égale est formé

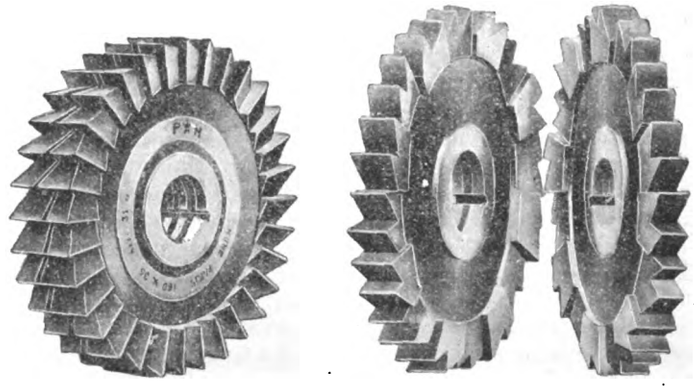


Fig. 10 et 11. — Fraises plates extensibles à trois treillages, système Huré et Cie.

de deux demi-fraises qui portent sur leur face interne des griffes d'emboîtement. Après chaque affûtage, on peut compenser la réduction d'épaisseur qui en résulte en interposant, entre les deux parties, une rondelle de métal, carton ou papier, et le tout est maintenu assemblé et serré dans un mandrin porte-fraise.

On emploie aussi plusieurs fraises taillées sur une, deux ou trois faces, que l'on enfile sur un même arbre et qui agissent comme une fraise unique à diamètre et faces mutiples pour le fraisage de pièces ayant des dressages parallèles et perpendiculaires, tous

Digitized by Google

ces fraisages ayant lieu en même temps en une seule passe du chariot porte-pièce.

Méthodes de fraisage.

Sens du mouvement des fraises. — Le mouvement qui produit le fraisage est la résultante de deux autres mouvements : celui de rotation de la fraise et celui de déplacement de la pièce. Pour le fraisage en bout, le sens de ce dernier mouvement par rapport à celui de la rotation de la fraise est indifférent, puisque la fraise tourne toujours symétriquement par rapport à l'avance de la pièce, et qu'une portion coupante de sa circonférence tourne toujours, quel que soit le sens de rotation, dans la direction de cette avance. Mais il n'en est pas de même pour le fraisage de côté, puisque le mouvement d'avance peut se faire dans le sens direct de la rotation de la fraise (fig. 12), ou dans le sens opposé (fig. 13). Ce dernier sens de travail est de beaucoup le plus employé, parce que, s'il s'agit de fraiser des pièces brutes, l'outil mord ainsi dans une tranche nette du métal et ses dents rejettent au dehors la croûte d'oxyde de la surface qui tendrait à les user si le fraisage avait lieu dans le sens montré fig. 12. Dans celle-ci, la croûte d'oxyde est entraînée sous les dents à l'intérieur du fraisage. Si l'on considère que certaines pièces fondues ont une croûte extérieure qui présente la dureté d'une véritable trempe superficielle, on voit que le fraisage indiquée par la figure 13 est à adopter pour la conservation des fraises et leur affûtage moins fréquent. De plus, en pratique, on remarque qu'avec ce sens du travail on rattrape les jeux dans la vis et l'écrou, qui entraînent le chariot de la fraiseuse, ce qui produit moins d'oscillations dans la pièce en usinage.

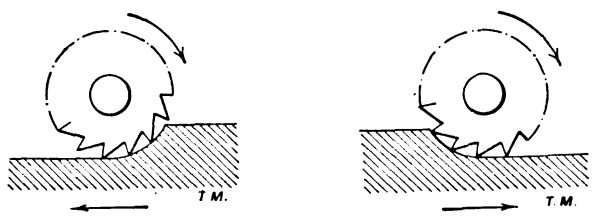


FIG. 12 et 13. — Sens d'avancement de la pièce sous la fraise.

Cependant certains constructeurs, entre autres Pratt et Whitney, trouvent avantage à augmenter l'avance et, par suite, le rendement, avec le sens de fraisage représenté par la figure 12, quand il s'agit d'un travail fort pénible, quittes à fraiser dans le sens inverse pour finir et polir la pièce ; à cet effet, leurs fraiseuses horizontales genre raboteuse sont munies d'un dispositif pour rattraper l'usure dans la vis et l'écrou de conduite du chariot. Et ce sens doit être encore préféré : par exemple, lorsque l'on a à craindre le soulèvement de la pièce par l'attaque de la fraise, ou bien lorsqu'on pratique des saignées à l'aide d'une fraise mince ou d'une scie circulaire, dont on évite ainsi l'engorgement et la tendance à fouetter.

Vitesse de rotation des fraises. — La vitesse de rotation des fraises doit varier avec la nature du métal à travailler, l'épaisseur de matière à enlever, la longueur sur laquelle la fraise est engagée, la rapidité d'exécution, le degré de fini du travail à obtenir, l'amplitude des avances, le genre de fraise employé, le diamètre de la pièce, l'écartement de ses dents, l'état de son affûtage, l'abondance et la qualité du lubrifiant qui l'arrose. La fonte, le bronze, le cuivre, l'aluminium et quelques métaux de ce genre peuvent seuls être fraisés à sec. De plus, la rigidité de la fraiseuse et l'état de son entretien peuvent aussi influer sur le rendement du fraisage.

Il est donc bien difficile de formuler à ce sujet des règles nettes et précises : seuls le jugement et l'expérience déterminent, pour chaque nature de travail, la vitesse de rotation la plus avantageuse. Comme habituellement on recherche la rapidité d'exécution, le mieux et le plus pratique est d'augmenter les vitesses de l'avance du chariot et de la rotation de la fraise jusqu'à ce que la fraiseuse commence à chauffer dans les portées de sa broche, ce qui indique que le maximum de rendement est atteint, et on ramène ensuite aux vitesses de sécurité. Il suffit parfois de réduire la vitesse de rotation de la fraise sans changer celle de l'avance du chariot.

Néanmoins, les données approximatives suivantes sont admises dans les ateliers :

La vitesse linéaire ou de développement de la fraise en mètres par minute (donnée par la formule $V = D \times 3,1416 \times N$; dans laquelle V est la vitesse linéaire ; D, le diamètre de la fraise en $^m/_m$, et N son nombre de tours par minute) est :

5 mètres sur l'acier fondu non recuit.

8 à 10 m sur l'acier fondu bien recuit ;

10 à 15 m sur le fer, l'acier doux, la fonte malléable et le laiton tendre ;

15 à 20 m sur la fonte douce, le bronze phosphoreux ou le bronze d'aluminum ;

25 à 32 m sur le cuivre rouge et le bronze ordinaire.

Vitesse de l'avance. — Quant à la vitesse de l'avance, c'est-à-dire celle de déplacement de la pièce à fraiser, elle dépend de l'écartement des dents de la fraise qui influe sur le dégagement des copeaux, de la profondeur et de la largeur de la passe, du degré de fini du travail puisque, pour dégrossir, on peut employer une vitesse modérée de rotation de la fraise et une avance du chariot relativement grande, tandis que, pour le finissage, une grande vitesse de rotation et une faible avance sont préférables. On doit aussi tenir compte de ce que le métal à entamer est avec ou sans croûte dure.

Avec ces facteurs variables, on ne peut, non plus, donner de règles définies pour déterminer la valeur de l'avance qui varie ordinairement :

de 13 à 30 m par minute pour l'acier fondu et la fonte dure ;

de 20 à 40 m par minute pour l'acier forgé et la fonte ordinaire ;

de 50 à 60 m par minute pour le bronze, le laiton et le cuivre rouge.

Pour certaines fraises en acier rapide ou de qualité spéciale, ces chiffres peuvent même être triplés dans la plupart des cas.

A côté de ces données générales, l'expérience des constructeurs donne les règles suivantes :

Sur les fraiseuses Brown et Sharpe, on admet en service courant et avec des fraises de qualité ordinaire : dans le fer et l'acier, une vitesse linéaire de 12 m et une avance de 40 mm sur une profondeur de 1,5 mm ; dans la fonte, une vitesse linéaire de 15 m et une avance de 40 mm sur une profondeur de 5 mm ; dans le bronze, une vitesse linéaire de 25 m et une avance de 40 mm sur une profondeur de 2 mm.

Avec de semblables fraises, sur les machines Reinecker, on travaille habituellement avec une vitesse linéaire de 16, 16 à 20, et 25 à 32 m pour une avance de 15 à 30, 18 à 35, et 45 à 55 mm, selon qu'on entame de l'acier fondu et de la fonte, du fer forgé ou de l'acier doux, et du bronze ou du cuivre.

Sur une fraiseuse de la Société française de machines-outils, avec une fraise de 90 mm de diamètre et 100 mm de longueur, à 10 dents, ayant une vitesse linéaire de 17 m et une avance de 66 mm par minute, on a enlevé 40 kilogs de copeaux à l'heure, en fraisant à 13 mm de profondeur sur 100 mm de largeur dans de l'acier à 70 kilogs de résistance ; dans de la fonte, la même machine munie de la même fraise ayant alors une vitesse linéaire de 23 m et une avance de 160 mm a enlevé 90 kilogs de copeaux par heure en entamant à la même profondeur et sur la même largeur.

D'après les expériences faites dans divers ateliers, on admet, dans les conditions moyennes du travail :

Pour les pièces d'acier demi-dur, de petite mécanique ou d'armurerie, dans les travaux d'ébauchage, avec des fraises d'un diamètre moyen de 60 mm, une vitesse linéaire de 12 à 16 m, et une avance

Digitized by Google

de 10 à 40 mm, chaque passe enlève de 1,5 à 2 mm d'épaisseur de métal. Dans les travaux de finissage, avec des fraises d'un diamètre moyen de 30 mm, une vitesse linéaire de 20 à 30 m et une avance de 45 à 60 mm, chaque passe enlève de 0,2 à 0,5 mm d'épaisseur de métal, le degré de précision du travail atteignant 1/20 mm.

Pour la fonte, avec une fraiseuse Ingersoll genre raboteuse munie d'une fraiseuse à boutons, du type décrit précédemment, et ayant 100 mm de diamètre engagée sur 6 mm d'épaisseur, et 400 mm de longueur, avec une vitesse linéaire de 9 à 10 m, l'avance atteignait 107 mm par minute.

Pour la taille des engrenages, une fraiseuse Brown et Sharpe munie d'une fraise à profil constant à grosse denture, donnant 18 m de vitesse linéaire découpait dans une roue en fonte des entailles de 25 mm de profondeur sur 10 mm de largeur, et l'avance, qui était de 150 à 200 mm, a pu être portée exceptionnellement à 600 mm sans que la machine parut en souffrir.

Pour le travail des aciers durs ou des aciers trempés, la vitesse de rotation de la fraise et l'avance doivent être diminuées. Avec de l'acier à 25 % de nickel, pour enlever en une passe 2 mm d'épaisseur sur 110 mm de longueur, la vitesse de rotation a du être abaissée à 4 m et l'avance à 5 mm par minute.

Quant aux petits fraisages, comme celui des rainures de clavetage sur des arbres en acier doux, avec une fraise à deux dents travaillant en bout et de côté, on a creusé en une seule passe, en 10 minutes, une rainure de 150 × 28 × 7 mm.

E. Gay.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LE VERRE DE QUARTZ ET LES VERRES SIMILAIRES

Sommaire. — *Bien que la possibilité de travailler le quartz au chalumeau soit connue depuis de nombreuses années, la fabrication d'objets en quartz resta confinée dans quelques laboratoires pendant plus d'un demi siècle. Ce n'est qu'au commencement du XX^e siècle que l'industrie commença à livrer des pièces de verre de quartz. Actuellement, certaines firmes sont outillées de manière à produire le verre de quartz à la demande. — Pour arriver à obtenir un produit moins cher que le verre de quartz, on a eu l'idée de partir de sable siliceux comme matière première et on a imaginé une nouvelle fabrication, moins belle que la précédente, mais moins coûteuse. — Le verre de quartz peut subir de sérieuses modifications dans ses propriétés par addition de corps comme l'anhydride titanique, la zircone. L'industrie livre actuellement des verres de cet ordre sous le nom de siloxydes. — La fabrication du verre de quartz n'a pas encore pris une très grande extension, vu le prix de la matière fabriquée. Elle a trouvé pourtant quelques débouchés, dans les lampes à mercure, par exemple, qui lui permettent de vivre pour le moment.*

Historique. — On sait depuis longtemps que le quartz soumis à l'action de la chaleur ne présente pas un point de fusion net, comme la plupart des corps solides; avant d'atteindre l'état liquide il devient pâteux et reste sous cette forme dans un intervalle de température assez étendu avant de devenir complètement liquide. Il se comporte, en réalité, comme un verre.

Quelques tentatives isolées furent faites par divers savants pour tirer parti de cette singulière propriété. Citons le premier, Gaudin qui, dès 1839, avait confectionné des fils fins de quartz. Trente ans plus tard, M. Armand Gautier réussit à souffler de petits tubes. En 1889, un anglais, M. C. V. Boys, apporta un procédé de fabrication de fils et de tubes très fins en quartz. Pour arriver à une extrême finesse, il envoyait au loin, avec une arbalète, des bâtonnets de quartz maintenus à une extrémité. Ces fils étaient employés dans les appareils de mesure pour remplacer les fils ordinaires de suspension, dans lesquels les changements apportent des perturbations. Par suite du très faible coefficient de dilatation du quartz, cet inconvénient n'a plus lieu avec les fils de quartz. Le travail du quartz resta pendant quelques années exclusivement confiné dans les laboratoires, et ce n'est qu'à l'exposition universelle de 1900 qu'on put voir des échantillons de quartz fondu et soufflé.

Heraeus, de Hanau, avait porté la question sur le terrain industriel dès 1889 ; il était parvenu à fondre des quantités notables de cristal de roche au moyen d'un chalumeau à hydrogène et oxygène. Il employait des récipients en iridium, seule matière ayant un point de fusion assez élevé et une résistance chimique suffisante pour supporter sans inconvénient la température nécessaire pour la fusion du quartz De son côté, la maison Schott, de Iéna, avait réussi, presque en même temps, à fondre du quartz à l'aide de l'arc électrique et en 1900 elle avait exposé une plaque de quartz fondu.

Un peu plus tard, la fabrication des objets de laboratoire en quartz a été décrite avec soin par Shenstone, de la Royal Institution, dans un petit opuscule : *The methods of glass blowing.*

Si le four électrique n'avait pas été mis à contribution par les inventeurs il est probable que le verre de quartz n'aurait pas pris de développement. Dans les premières années du XX^e siècle, les efforts des chercheurs se portèrent sur le chauffage électrique et aujourd'hui le succès de ces recherches a été tel qu'une firme anglaise : *The thermal Syndicate*, deux firmes allemandes : *die W. C. Heraeus Gesellschaft mit beschraenkter Haftung* et *die Quarzgesellschaft* à Beuel am Rhein sont en activité actuellement.

Propriétés. — Avant d'aller plus loin, rappelons les principales propriétés du quartz (1). La silice quartzeuse est moins dure que la calcédoine, mais plus dure que le feldspath, une fois qu'elle a été fondue. Amenée à un état de fluidité suffisant, elle donne une masse qui possède à chaud les propriétés du verre fondu et à froid en garde la transparence. Comme les objets façonnés avec cette matière ont l'éclat et la transparence du verre il est tout naturel qu'on ait

(1) Voir *La Technique Moderne* t. VII, n° 6 (15 septembre 1913), p. 184.

Digitized by Google

donné à ce produit le nom de verre de quartz. Le verre de quartz peut être coupé soit à la lime, soit avec un morceau d'acier affilé et trempé ; on peut le débiter comme le verre ordinaire. Son pouvoir conducteur est très faible. D'après Shenstone, des fils fins de verre de quartz constituent un isolant même dans une atmosphère humide. Le pouvoir isolant du quartz vitreux est lié à sa pureté et à sa propreté tout comme celui du verre. Une fois fondue, la silice a un poids spécifique qui n'est pas très loin de celui de la silice amorphe : environ 2,2. Au point de vue optique, la silice vitrifiée est inactive ; elle possède, comme on le sait, une transparence très prononcée pour les rayons ultra violets. Nous avons dit, en commençant, que le quartz n'avait pas un point de fusion défini. En effet, le quartz peut être chauffé dans un intervalle de température qui, d'après Callendar, s'étend de 1 200° à 1 500°.

La dilatation du quartz n'est pas moins curieuse que sa fusion. Les recherches de Le Chatelier, d'abord, et de Callendar, ensuite, ont montré que le quartz se dilatait quand on le chauffait, mais, qu'à partir d'une certaine température, au lieu de continuer à se dilater quand la température continuait à s'élever, il subissait au contraire une contraction. D'après le premier de ces expérimentateurs, ce serait vers 700° que se produirait cette contraction tandis que, suivant le second, elle ne commencerrait qu'au-delà de 1 000°.

Le verre de quartz possède de très remarquables qualités de résistance aux changements de température. On peut introduire brusquement, dans la flamme du chalumeau, un fragment de cette matière ou plonger dans l'eau ou l'air liquide du verre de quartz chauffé au blanc, sans constater de rupture. Cette résistance extraordinaire aux variations de température est très précieuse pour le travail du verre de quartz ; elle donne la latitude de chauffer inégalement la masse et de la reprendre quand on le désire, sans avoir à redouter d'accidents. Le verre ordinaire n'a pas cette souplesse.

La silice fondue résiste aux acides, en général, sauf à l'acide fluorhydrique. L'anhydride phosphorique corrode le verre de quartz à la longue. Les alcalis fondus et certains sels alcalins ont une action très marquée à chaud. En résumé, tous les corps qui peuvent contribuer à la formation d'un silicate ont une tendance plus ou moins prononcée à détériorer les objets en verre de quartz.

Procédés de fabrication. — Voici comment Shenstone, dans l'ouvrage cité plus haut, décrit le mode de façonnage de ses appareils.

Comme quartz il employait du quartz du Brésil. Ce dernier était d'abord trié, chauffé dans l'eau bouillante, et ensuite jeté dans l'eau froide. Par ce traitement, la masse devenait friable et on recommençait à chauffer et à refroidir brusquement le quartz jusqu'à ce que la matière puisse être réduite aisément en fragments de 2 mm. Une fois le quartz ainsi réduit à de petites dimensions, on examinait soigneusement les fragments et l'on éliminait tous ceux qui présentaient des traces de matière étrangère. Les fragments de quartz étaient placés dans un récipient en platine que l'on chauffait dans un moufle ou un four à réverbère, et une fois portés au rouge orange on les jetait dans l'eau froide distillée. Au besoin, on répétait le traitement et on arrivait ainsi à une matière friable et opaque ayant un peu l'aspect d'un émail blanc.

Cette préparation du quartz est rendue nécessaire par la tendance à l'éclatement du produit naturel quand on le porte brusquement dans la flamme très chaude du chalumeau. Au contraire, le quartz ainsi traité, une fois égoutté et séché, peut être chauffé directement dans le dard du chalumeau, sans précautions spéciales ; avec ces fragments, on prépare une masse par agglomération des particules sous l'action de la chaleur. Il est nécessaire de se protéger les yeux durant le travail au chalumeau, et Shenstone a recommandé dans ce but de choisir des lunettes assez foncées pour que, au début, on ait de la difficulté à s'en servir pendant le travail. Il est même bon de se servir de deux paires de lunettes, car les verres deviennent assez vite suffisamment chauds pour fatiguer les yeux.

Pour faire un tube de verre de quartz, on commence par prendre un fragment de quartz, préparé comme nous avons indiqué plus haut, et on le chauffe dans la flamme en le maintenant à l'aide d'une pince terminée par des bouts de platine. Quand ce morceau de quartz commence à fondre sur un de ses bords, on lui soude un autre morceau en pressant sur la partie fondue, et on chauffe de manière à faire adhérer complètement les deux fragments en formant une masse claire et vitreuse. Ce résultat une fois obtenu, on ajoute un troisième fragment, puis un autre, jusqu'à ce qu'on ait façonné ainsi une petite baguette plus ou moins régulière. On fait une série de ces baguettes, et de chacune d'elles on obtient par étirage des fils. Une fois en possession d'un nombre suffisant de ces fils, on procède à la confection des tubes de faible diamètre de la manière suivante. Sur une baguette de platine d'un diamètre approprié on fixe de ces fils en les maintenant avec des fils de platine, et l'on chauffe graduellement en commençant à une extrémité et finissant à l'autre. On a ainsi un tube de quartz brut de quatre à cinq centimètres. On le ferme à une de ses extrémités et on en fait par soufflage une sorte de bulle, sur le fond de laquelle on applique une baguette de quartz fondu. On rechauffe la bulle et par étirage on la transforme en un tube fin. On souffle une autre bulle à l'extrémité et on l'étire à son tour ; par ce moyen, on arrive à faire un tube de cinq à six centimètres.

Le travail du verre de quartz demande des précautions spéciales que nous ne pouvons qu'esquisser ici. Il faut tenir le verre dans la partie la plus chaude de la flamme ; en ayant ce soin, on peut arriver en peu de temps à traiter une quantité un peu considérable de verre de quartz. Comme le verre de quartz a une tendance à la dévitrification, il faut observer une grande propreté dans les opérations et avoir le soin, quand la dévitrification s'est produite, de réchauffer les endroits blanchis.

Quand il s'agit de faire des tubes un peu grands ou des appareils, on chauffe à une de ses extrémités une baguette de verre de quartz, préparée comme nous venons de l'indiquer, et on l'applique sur une boule soufflée à l'extrémité d'un tube de quartz, de manière à l'enrouler tout autour de sa périphérie en formant une sorte de cordon circulaire. On chauffe la boule et on l'agrandit par soufflage. On peut répéter l'opération, de manière à faire une masse importante dont on peut étirer un long tube. Un autre moyen consiste à faire des tubes du diamètre désiré et de faible longueur et à les souder bout à bout. Pour avoir des tubes à parois épaisses, on n'a qu'à appliquer sur leur surface des fils de silice et à fondre le tout superficiellement. Avec une combinaison de plusieurs chalumeaux, on peut arriver à faire des tubes ayant plusieurs centimètres de diamètre.

Pour la confection d'appareils plus compliqués, on a recours toujours aux mêmes éléments, c'est-à-dire aux fils et aux baguettes que l'on soude, souffle, enroule suivant la nécessité du travail à effectuer. Heraeus de son côté avait fait connaître, au Congrès de chimie appliquée de 1903, des particularités intéressantes du travail du quartz. Le mode opératoire qu'il suivait alors se rapprochait assez de celui indiqué par Shenstone, mais avec des simplifications. Les baguettes de quartz étaient fabriquées dans une capsule d'iridium, d'abord, puis de zircone dans la suite. Mais si les objets fabriqués par ces deux procédés se distinguaient par leur beauté et leur transparence, ils étaient minces et fragiles et de plus fort coûteux. D'après une estimation d'Heraeus, le kilogramme reviendrait à plus de 1 200 francs. Il y a, dans l'obtention des objets en verre de quartz, une difficulté assez grande à surmonter, c'est l'évitement des bulles. Le quartz reste longtemps pâteux et l'élévation de la température n'amène pas d'autre résultat qu'une volatilisation plus prononcée du quartz, déjà notablement volatil à la température où on le travaille. Le point d'ébullition du quartz est, semble-t-il, d'après les recherches de Dufour, Le Chatelier et Callendar, assez voisin de son point de fusion.

Digitized by Google

A la fin de 1901, Bronn avait eu l'idée de tenter le remplacement du quartz comme matière première par le sable quartzeux. Comme matière quartzeuse, il employa du sable du Rhin que consommaient les verreries et qu'il fondait dans l'arc électrique. Il constata qu'ainsi on pouvait obtenir du quartz fondu, mais seulement translucide ; la masse paraissait chatoyante par suite de bulles très petites enfermées dans la matière lors du refroidissement. En petite épaisseur, on pouvait obtenir des fils transparents et vitreux, mais dès que les diamètres du fil dépassaient une certaine limite le verre devenait trouble. D'après le même auteur, le verre ainsi fondu restait aisément fluide au voisinage de l'arc, mais cette masse, qui pouvait se laisser facilement étirer en filaments de la longueur et de la grosseur désirées, ne supportait pas le contact d'un instrument de fer ; ce métal, une fois qu'il touche la silice fondue, lance des étincelles qui se condensent en taches noires à la surface de la masse.

Hutton, presque à la même époque, tenta de son côté d'utiliser le four électrique ; il arriva également à produire un verre ayant de bonnes qualités, mais ne possédant pas l'aspect du verre de quartz. Ses premiers essais avaient été conduits avec du quartz, dans la suite il eut recours au sable quartzeux. Il obtint dans un four, dont l'organe de chauffage était une baguette de charbon, des tubes qui étaient malheureusement souillés par du siliciure de carbone.

Les Zeiss-Abbe-Scottschen Werke d'Iéna avaient reconnu de bonne heure l'importance que présentait le quartz par ses qualités optiques. Herschkowitsch arriva à obtenir la fusion du quartz par un mode opératoire un peu différent des précédents. Une fois le quartz trié et choisi de manière à ne présenter aucune inclusion, on l'introduit dans un creuset de charbon de grandeur convenable et on le chauffe lentement jusqu'à 500° ; ensuite on le porte, aussi rapidement qu'il est possible, dans un four électrique chauffé au rouge blanc dans lequel on le laisse 1 à 2 heures.

Il faut aussi mentionner les tentatives de Shepherd et Day qui, pour avoir du verre de quartz exempt de bulles, fondirent le quartz dans une caisse en graphite enfermée dans une sorte de bombe, où l'on pouvait exercer une pression de 35 atmosphères ; les résultats ne répondirent pas aux efforts des expérimentateurs et ils abandonnèrent leur première idée pour opérer la fusion sans surpression, mais à une température notablement plus élevée qu'il n'était nécessaire, à 2 000°. Une fois le quartz fondu, on maintenait la température pour faciliter le départ de l'air et ensuite on donnait la pression, en diminuant la température. On arriva par ce procédé à faire des plaques mesurant 7,6 × 12,6 × 1,2 cm presque sans bulles.

En résumé, comme on a pu le voir par l'exposé précédent, l'obtention des pièces en verre de quartz de dimensions un peu notables n'est pas encore résolue. Pour arriver à ce résultat, il faudrait disposer d'une source puissante de chaleur comme le four électrique ; l'emploi de chalumeaux puissants n'est pas chose aisée et, si quelques travailleurs habiles ont pu tirer parti de ces appareils, il faut ranger les produits de leur travail parmi les exceptions, car seuls des gens maîtres de leurs nerfs d'une façon absolue peuvent supporter un séjour prolongé à côté de ces chalumeaux puissants.

L'emploi du four électrique n'est pas non plus sans présenter des difficultés, et nous avons vu que les premiers essais avaient donné des résultats intéressants mais inférieurs à ceux que donnaient le chalumeau.

Silice opaque. — Nous avons dit que les essais de Bronn avaient donné comme résultat du quartz fondu, mais opaque et chatoyant. Ses recherches aboutirent à la fabrication d'objets moins chers que ceux en verre de quartz transparent et employables, pour ainsi dire, aux mêmes usages. Avec le concours d'un autre expérimentateur, Bolle, puis de Bottomley et Paget, on arriva à établir d'une façon courante la fabrication de pièces en verre de quartz non transparent. La matière première utilisée par l'usine de la Quarzgesellschaft, à Beuel sur le Rhin, est le sable quartzeux blanc ; on le fond dans des fours électriques à résistance.

Les procédés proposés pour la fusion du quartz ou du sable quartzeux sont nombreux et protégés par des brevets. Citons parmi eux : Heraeus (D. R. P. 175 385-179 570), Vogel (D. R. P. 209 421), Kuech (D. R. P. 172 466 et A. P. 805 303), Bredel (157 464-159 361-168 574-164 619-175 867-190 226), Mehner (D. R. P. 203 712), Bottomley, Paget et Hutton (E. P. 10 670 de 1904 ; D. R. P. 169 958-170 234 ; E. P. 18 437 de 1904 ; D. R. P. 174 509-176 512 204 537-204 853 ; E. P. 5 764 de 1907) (1).

Nous ne pouvons entrer dans le détail de ces procédés et nous nous bornerons à donner seulement une idée du mode opératoire suivi pour certains objets.

La fusion s'effectue au moyen de l'électricité. Le sable est chauffé à l'aide d'une électrode de charbon traversée par le courant. Si le récipient a le profil de l'objet désiré, on comprend que la silice fondue va en épouser la forme ; mais comme la silice n'est que relativement fluide, il est nécessaire de faire agir de l'air comprimé pour que la masse pâteuse s'imprime bien. Au moyen d'une électrode creuse et percée de trous, ceci est possible. On peut aussi chauffer électriquement un tube de charbon entouré de sable quartzeux. Quand le charbon est à une température suffisante, il provoque la fusion de la silice environnante et s'entoure d'une gaîne de silice fondue. A ce moment, on ouvre un orifice inférieur qui permet au sable non fondu de s'écouler. Le tube de charbon entouré de silice fondue est creux et remplit ici l'office de la canne du souffleur. On injecte alors de l'air comprimé, après avoir rabattu le verre de quartz sur les extrémités pour éviter les pertes d'air. Cette manière de faire ressemble à celle suivie dans le procédé Sievert pour le soufflage des grosses pièces de verre.

Une manière plus simple de travailler consiste à supprimer le soufflage direct et à utiliser, pour produire la pression nécessaire, un gaz ou une vapeur qui prend naissance à la température où se trouve le verre de quartz lui-même. Du bois humide, une pomme de terre ou un sel hydraté remplissent les conditions que nous venons d'énoncer. Le marbre peut également être mis à contribution.

Le corps ainsi introduit dégage des gaz qui viennent appuyer le quartz contre les parois du moule. Le moule est ouvert après la solidification, et on coupe les objets à la dimension au moyen de poudre de diamant ou de carborundum. Comme dernier perfectionnement, signalons, pour l'obtention des tubes de grand diamètre, et de grandes capsules, l'introduction dans la masse d'un tissu métallique dans lequel on souffle la masse ; on fait ainsi une sorte de verre armé.

Le verre de quartz proprement dit ou transparent est un produit d'un usage restreint ; son prix moyen serait, d'après les données de fabricants, d'environ 850 francs le kilogramme. On conçoit que, dans ces conditions, son utilisation soit limitée à certaines applications, comme nous le verrons plus loin.

Siloxyde. — Il y a quelque temps, une nouvelle sorte de verre de quartz est venue sur le marché. Nous voulons parler du verre dit *Siloxyde* (terme dont la signification est assez vague).

Le siloxyde est un verre de quartz, dans lequel on a introduit de la zircone ou de l'anhydride titanique. Le premier de ces sucédanés du verre de quartz s'appelle siloxyde A et le second siloxyde T. Les recherches de M. Thomas (2) ont montré que, comparé au verre de quartz, au vitréosil (verre de quartz opaque de provenance anglaise), le siloxyde T possède des qualités supérieures de résistance à l'écrasement et à la traction. Cette résistance semble, jusqu'à une teneur de 2,5 % de zircone accroître avec la teneur en zircone. Le siloxyde T n'a

(1) Nous désignons les brevets en abrégé : allemands D. R. P., anglais E. P., américains, A. P.

(2) *Chemiker Zeitung*, 1912, XXXVI, 25 ; *Moniteur Scientifique*, 1912, 790.

Digitized by Google

qu'une faible tendance à la dévitrification par rapport au verre de quartz ; de plus, il se laisse très bien travailler et souder. Se coupant nettement, il est facile de le débiter sans éclatement, comme cela arrive parfois avec le verre de quartz.

Le siloxyde présente une teinte bleue par suite de la présence de titane dans sa masse. Les propriétés du siloxyde T sont voisines de celles du siloxyde Z. Un verre combiné avec les deux siloxydes n'a pas semblé présenter de qualités bien spéciales.

Ce verre est encore bien nouveau pour qu'on puisse se faire une idée de sa valeur au point de vue pratique. Il nous a semblé néanmoins intéressant à signaler.

Le verre de quartz, quoique ayant vu le jour en France, n'a pas été fabriqué dans notre pays tout d'abord. Actuellement, deux établissements s'appliquent à satisfaire la clientèle française. Citons tout d'abord M. Billon-Daguerre, qui travaille le verre de quartz proprement dit. Il fond le quartz au four électrique et emploie ensuite le chalumeau pour le façonnage. Les établissements Gallois, à Laigneville, s'occupent également de la fabrication d'objets en quartz; leur usine semble se spécialiser surtout dans la fabrication de la lampe en quartz. Seul le verre de quartz opaque reste un produit d'importation étrangère.

Albert GRANGER,
Professeur à l'École de Céramique,
Chef des laboratoires d'essais de la Manufacture de Sèvres.

ÉLECTRICITE INDUSTRIELLE

LES PHÉNOMÈNES DE PROPAGATION D'ONDE ET LES ACCIDENTS CARACTÉRISTIQUES QU'ILS PRODUISENT DANS LES LIGNES ÉLECTRIQUES

(*Suite et fin*) (1)

SOMMAIRE. — *Après avoir terminé la partie théorique de notre étude, nous avons rassemblé une série de photographies relatives aux différents genres d'accidents provoqués, dans les installations électriques, par les phénomènes de propagation d'ondes. — Il est possible de constater aisément que l'effet des ondes à front raides d'une part et celui des phénomènes de réflexion d'ondes d'autre part, sont indépendants de la valeur choisie pour la tension d'exploitation. — Pour combattre l'ensemble des phénomènes dangereux étudiés précédemment, il est indispensable de prévoir des appareils convenablement disposés répondant parfaitement au but proposé.*

IX. — DÉFORMATION DES ONDES DE PROPAGATION PAR LA RÉSISTANCE OHMIQUE, PAR UN CHANGEMENT DANS LES CONSTANTES DE LA LIGNE, PAR LA SELF, PAR LA CAPACITÉ, PAR UNE COMBINAISON DE LA SELF ET DE LA CAPACITÉ (2).

Déformation d'une onde de tension arrivant d'un tronçon de conducteur avec les constantes L_1 *et* C_1 *et pénétrant dans un tronçon, avec les constantes* L_2, C_2. *Effet de la résistance ohmique.* — On peut écrire l'équation (18) sous la forme :

$$e = i\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}.$$

Comme nous l'avons dit précédemment, $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ présente, pour l'onde de propagation, le caractère d'une résistance ohmique. Dans le problème qui nous occupe, nous considérerons cette valeur comme une résistance fictive et nous la combinerons avec d'autres résistances fictives ou réelles (3).

Soit (fig. 18 et 19), deux tronçons de ligne ayant les résistances d'onde $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ et $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$ Nous appellerons :

e_1, la tension de l'onde directe,
e'_1 — — réfléchie,
e_2 — — pénétrant dans le tronçon 2.

On aura :

$$e_2 = e_1 + e'_1$$

et

$$i_2 = i_1 - i'_1$$

On tire de cette dernière relation :

$$e_2\sqrt{\frac{C_2}{L_2}} = e_1\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} - e'_1\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}$$

$$(e_1 + e'_1)\sqrt{\frac{C_2}{L_2}} = e_1\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} - e'_1\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}.$$

L'amplitude de l'onde réfléchie est :

$$(19) \qquad e'_1 = e_1\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} - \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} = e_1\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}.$$

La tension pénétrant dans 2 :

$$(20) \qquad e_2 = 2e_1\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} = 2e_1\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}.$$

Lorsque $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} > \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ l'onde réfléchie est positive ; si la valeur de $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$ est très grande par rapport à $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$, l'expression $\frac{e'_1}{e_1}$ tend vers 1 ; c'est le cas de la ligne avec extrémité ouverte (fig. 20). Si la valeur de $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$ est très petite par rapport à celle de $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$, l'expression $\frac{e'_1}{e_1}$ tend vers — 1; c'est le cas de la ligne mise en court-circuit (fig. 21).

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 9 (1er novembre 1913), p. 289.

(2) Voir G. GILES, *Conférence à l'Association des ingénieurs sortis de l'Institut Montefiore*, 1912 ; — E. PFIFFNER, *Elek. und Maschinenbau*, 1912 ; — K.-E. ERIKSSON, *Teknik Tidskrift Stockholm*, 1912.

Dans ce paragraphe, nous résumons très succinctement les importants travaux de Rüdenberg et de Pfiffner parus en 1912-1913, dans *Elektrotechnik und Maschinenbau* (*Wien*).

(3) Ce qui nous permettra, par exemple, de faire l'étude des interrupteurs à gradins.

Digitized by Google

Remplaçons le tronçon 2 de la ligne par une résistance ohmique R, nous pourrons écrire alors :

$$\frac{e'_1}{e_1} = \frac{R - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{R + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}} \qquad (21)$$

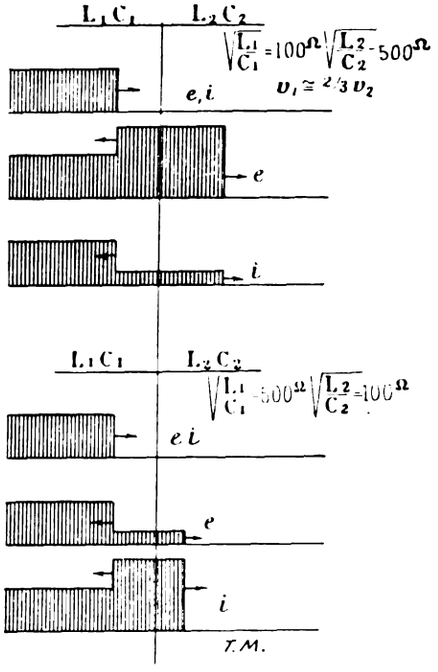


Fig. 18. — Réflexion des ondes de tension et de courant.

et

$$\frac{e_2}{e_1} = 2\,\frac{R}{R + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}} \qquad (22)$$

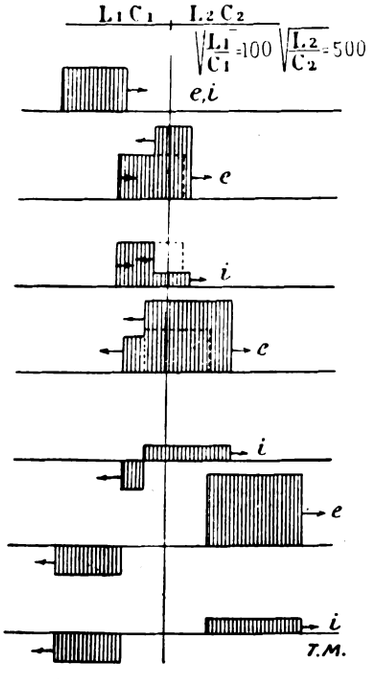


Fig. 19. — Ondes directes et réfléchies.

c'est le cas d'une onde de tension arrivant à un parafoudre ayant une résistance R en série. On remarquera que l'onde réfléchie disparaît lorsque $R = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ (fig. 22).

Si les tronçons de ligne 1 et 2 sont réunis par une résistance ohmique R, on a :

$$\frac{e'_1}{e_1} = \frac{R + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{R + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}. \qquad (23)$$

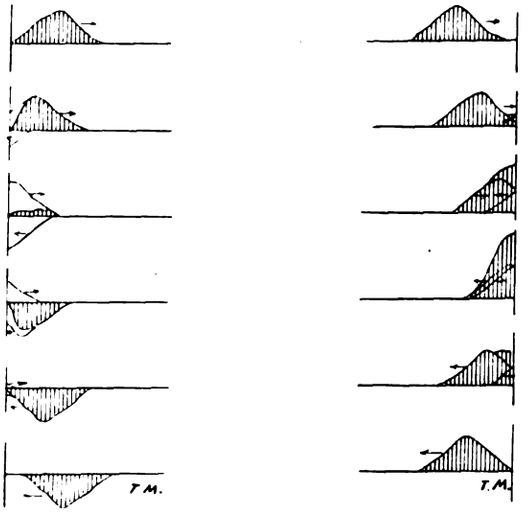


Fig. 20. — Réflexion d'une ligne de tension à l'extrémité d'une ligne en court-circuit — Réflexion d'une onde de courant à l'extrémité d'une ligne ouverte.

Fig. 21. — Réflexion d'une onde de tension à l'extrémité d'une ligne ouverte — Réflexion d'une onde de courant à l'extrémité de la ligne mise en court-circuit.

$$\frac{e_2}{e_1} = 2\,\frac{R + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{R + \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}. \qquad (24)$$

C'est le principe des interrupteurs à gradins (fig. 23).

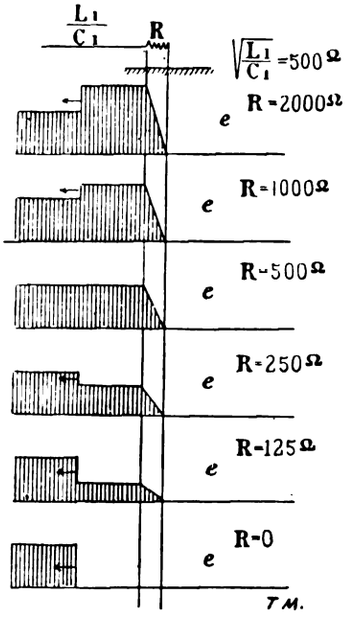


Fig. 22. — Réflexion d'une onde de tension à l'extrémité d'un circuit dérivé par une résistance ohmique.

Ondes qui déferlent. — Nous venons de voir plus haut que lorsque dans un circuit dérivé $R = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$, l'onde réfléchie disparaît.

Digitized by Google

Rüdenberg a trouvé qu'il pouvait se présenter un deuxième cas dans lequel le phénomène de réflexion est supprimé.

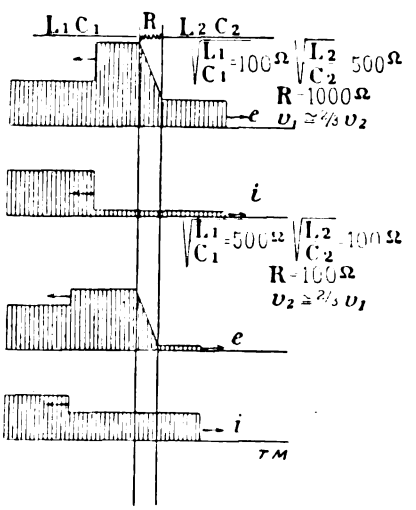


FIG. 23. — Déformation du front d'onde par une résistance.

C'est celui du circuit dérivé, ayant une impédance d'onde variable et tel que (fig. 24)

$$\frac{[e]var}{e} = \sqrt{\frac{[Z]var}{Z}} \qquad (25)$$

Le lecteur saisira certainement l'analogie qui existe entre ce phénomène et celui de la propagation des ondes liquides venant déferler sur une berge.

Dans le phénomène électrique, on peut concevoir qu'il existe des cas où l'on se rapproche suffisamment des conditions théoriques ci-dessus, pour qu'il se produise des surtensions très fortes à l'extrémité d'un circuit dérivé ; nous en donnerons plus loin un exemple.

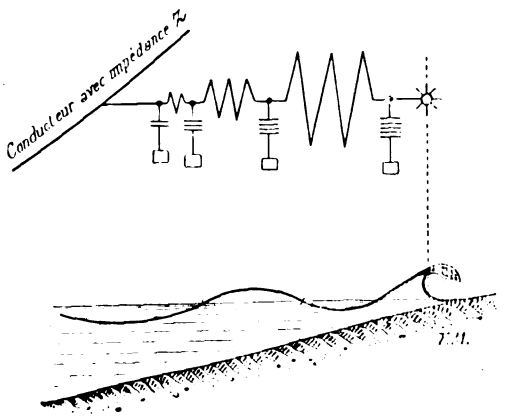


FIG. 24. — Onde électrique « déferlant » en bout de ligne.

Déformation de l'onde par la self. — C'est le cas d'une bobine de self $\mathcal{L}$ entre deux lignes ayant comme constantes L_1, C_1 et L_2 C_2 (fig. 25).

Soit e_1 la tension de l'onde directe, i_1 le courant ;
— e'_1 — — réfléchie i'_1 —
— e_2 — — qui passe dans le tronçon 2, i_2 le courant.

On a :

$$i_1 = i'_1 + i_2,$$

ou

$$e_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} = e'_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + e_2 \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}. \qquad (26)$$

On peut écrire également :

$$e_2 = e_1 + e'_1 - \mathcal{L} \frac{di_2}{dt},$$

ou bien encore :

$$e_2 = e_1 + e'_1 - \mathcal{L} \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} \cdot \frac{de_2}{dt},$$

et

$$e'_1 = e_2 - e_1 + \mathcal{L} \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} \cdot \frac{de_2}{dt},$$

Remplaçant e'_1 par sa valeur dans (26) on obtient l'équation différentielle du premier ordre :

$$\frac{de_2}{dt} + e_2 \frac{1}{L} \left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \right) - 2e_1 \cdot \frac{1}{L} \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = 0. \qquad (27)$$

dont la solution est :

$$e_2 = \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right)t} \cdot \left[\frac{2e_1 \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} \cdot \varepsilon^{+\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right)t} + A \right]. \qquad (28)$$

A est une constante d'intégration à déterminer en partant des conditions limites $t = 0$. Pour $t = 0$, $e_2 = 0$, et alors :

$$A = - \frac{2e_1 \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}$$

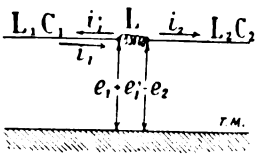


FIG. 25.

La tension e_2 de l'onde qui passe dans le tronçon 2 est donc :

$$e_2 = 2e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} \cdot \left[1 - \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right)t} \right] \qquad (29)$$

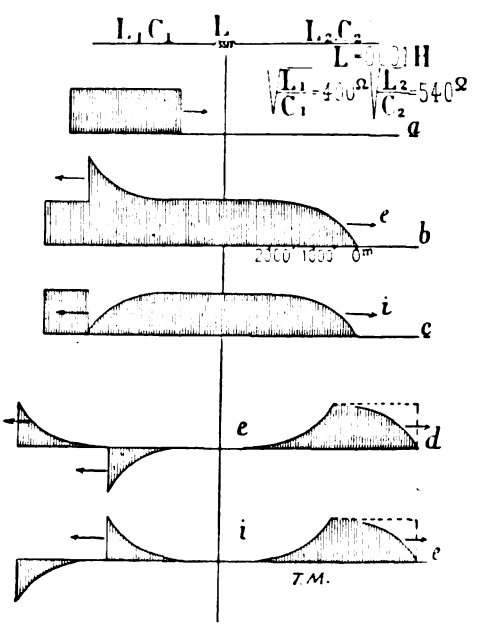


FIG. 26. — Déformation du front d'onde par la self.

On trouverait de même :

$$i_2 = 2e_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} \cdot \left[1 - \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right)t} \right]. \qquad (30)$$

Pour la tension réfléchie :

$$e'_1 = e_1 \left[\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} + 2 \frac{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}+\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right)t} \right]. \qquad (31)$$

Digitized by Google

(32)
$$i_1'' = e_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \left[\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} + 2 \cdot \frac{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right) t} \right].$$

En se reportant à la figure 26, le lecteur se rendra compte de la manière avec laquelle se fait la déformation du front de l'onde, lorsque cette dernière pénètre dans le self. On comprendra aisément qu'une onde de charge arrive à se transformer de la sorte, parce qu'une certaine quantité d'énergie en est retranchée pour venir s'emmagasiner dans le champ magnétique L de la bobine.

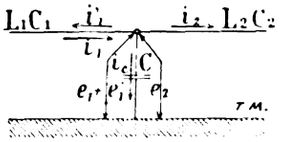


FIG. 27.

Le calcul montre que, pour étaler les ondes à front raide sur une assez grande longueur de ligne, pour les rendre inoffensifs au moyen de self-inductions, il faudrait leur donner des dimensions considérables qu'il n'est pas possible de réaliser pratiquement.

On remarquera également qu'au cours de ces derniers calculs

$$\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}$$

apparaît comme facteur de pénétration de l'onde directe, tandis qu'au contraire,

$$\frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}{\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}$$

pourrait être appelé *facteur de réflexion*.

La chute de tension au front de l'onde est donnée par :

$$-\frac{de_2}{dx} = -\frac{1}{v}\frac{de_2}{dt}$$

v étant la vitesse de propagation de l'onde.

La variation dans l'amplitude de la tension est donc

$$\frac{de_2}{dt} = 2\, e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\mathfrak{L}} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{L}\left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}\right) t};$$

elle atteint un maximum pour $t = o$. La chute de tension, au front de l'onde, aura alors la valeur

$$\frac{de_2}{dx} = -\frac{2\, e_1}{v} \cdot \frac{\sqrt{\frac{L_2}{C_2}}}{\mathfrak{L}}.$$

EXEMPLE : Dans le cas d'une ligne aérienne $\sqrt{\frac{L_2}{C_2}} = 500\,\Omega$, avec $v = 2,9.10^5$ km/sec. l'application d'une self-induction $\mathfrak{L} = 10^{-4}\ \mathcal{H}$ provoquera une inclinaison du front d'onde vertical

$$-\frac{de_2}{dx} = \frac{2\, e_1}{2,9.10^5} \cdot \frac{500}{10^{-4}} = 35,5.\, e_1 \text{ . Volt/km.}$$

Déformation de l'onde par la capacité (fig. 27). — Un condensateur est dérivé cette fois au point de jonction de deux lignes ayant comme constantes L_1C_1 et L_2C_2.

Nous pouvons écrire dans ce cas :

$$i_1 = i_1' + i_c + i_2.$$

En outre

$$e_2 = e_1 + e_1'.$$

Or

$$i_1 = e_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}}; \qquad i_1'' = e_1' \sqrt{\frac{C_1}{L_1}}; \qquad i_c = C \sqrt{\frac{de_2}{dt}}; \qquad i_2 = e_2 \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}.$$

En transposant

(33)
$$\frac{de_2}{dt} + e_2 \cdot \frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) - 2\frac{e_1}{C}\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} = 0.$$

Cette équation différentielle est de même forme que l'équation (28) ; sa solution est :

$$e_2 = \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t} \left[2e_1 \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \cdot \varepsilon^{+\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t} + A \right].$$

La constante d'intégration se détermine comme dans le premier cas :

$$t = 0, \qquad e_2 = 0, \qquad A = -2e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}}.$$

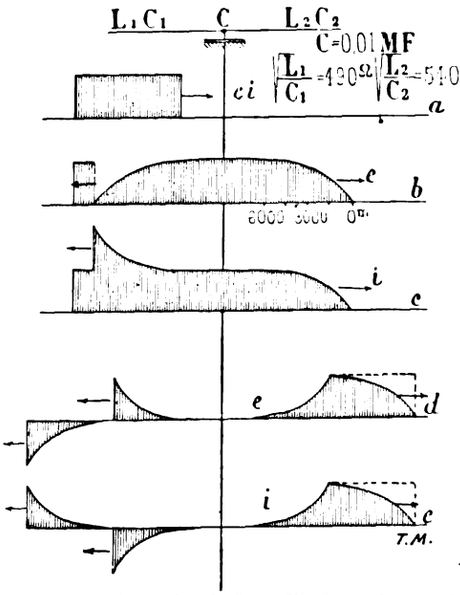


FIG. 28. — Déformation du front d'onde par la capacité.

On a donc pour e_2 tension de l'onde pénétrant dans le tronçon 2, après son passage au point de branchement du condensateur

(34)
$$e_2 = 2e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \cdot \left[1 - \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t}\right].$$

Le courant :

(35)
$$i_2 = 2e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \cdot \left[1 - \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t}\right].$$

Tension de l'onde réfléchie :

(36)
$$e_1' = e_1 \left[\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} - \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} - 2\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t} \right].$$

Le courant :

(37)
$$i_1'' = e_1 \cdot \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \cdot \left[\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} - \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} - 2\frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C_1}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right) t} \right].$$

La réflexion partielle et la déformation du front de l'onde directe sont représentées dans un cas particulier (fig. 29). On voit que dans ce cas l'onde de charge, passant du tronçon 1 de la ligne dans le tronçon 2, perd une partie de son énergie ; cette

Digitized by Google

dernière vient s'emmagasiner dans la capacité du condensateur. La calcul montre qu'il est possible d'étaler les fronts d'onde

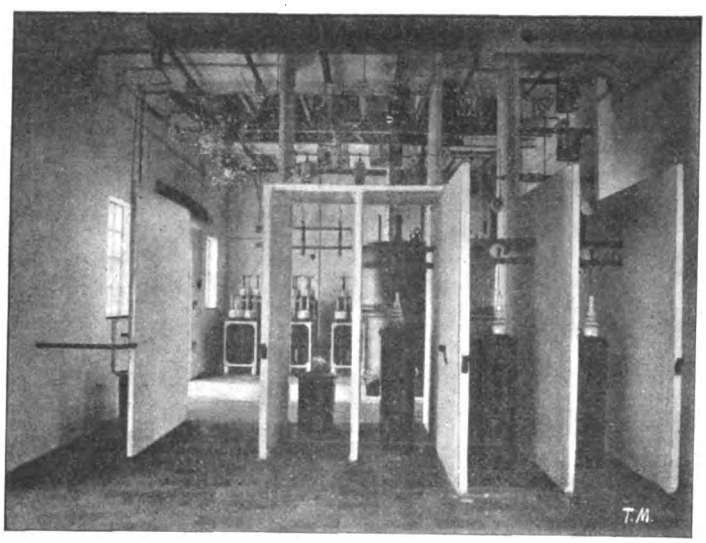


FIG. 29. — Protection d'une station transformatrice de 600 KVA 50 000 volts, par les condensateurs électriques de la Société Générale des condensateurs de Fribourg.

verticaux sur une très grande longueur de ligne avec une valeur de la capacité très réduite.

La variation d'amplitude de l'onde de tension est :

$$\frac{de_2}{dt} = 2\,e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{C} \cdot \varepsilon^{-\frac{1}{C}\left(\sqrt{\frac{C}{L_1}} + \sqrt{\frac{C_2}{L_2}}\right)t}$$

ou

$$\left(\frac{de_2}{dt}\right)_{max} = 2e_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_1}{L_1}}}{C} = \frac{2e_1}{C \cdot \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}}$$

EXEMPLE : Dans le cas d'une ligne aérienne en branchant une capacité C = 0,01 mf on aurait :

$$-\frac{de_2}{dx} = \frac{2e_1}{2{,}9.10^5} \cdot \frac{1}{0.01.10^{-6}.500} = 1{,}28e_1 \text{ volt/km } (1).$$

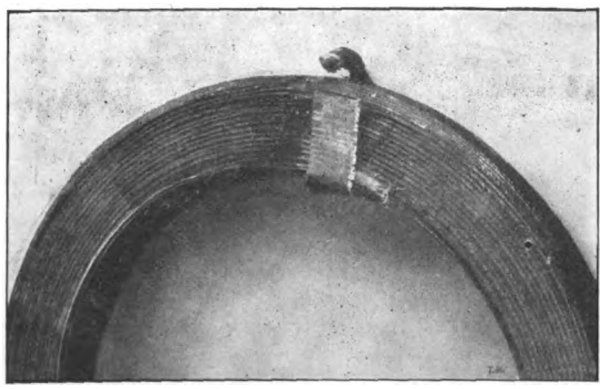


FIG. 30. — Première bobine d'un transformateur à 27 000 volts claquée entre spires par une décharge atmosphérique.

Self et capacité combinées. — Pratiquement, pour la protection des installations électriques contre les effets destructifs des ondes à front raide et contre les décharges à haute fréquence, on combine la self avec la capacité.

L'étude mathématique du phénomène a été traitée complètement par Pfiffner (2) auquel on se rapportera avec fruit (fig. 29).

(1) Avec une capacité de 0,02 mf, l'action du condensateur serait environ 50 fois plus forte que celle d'une self de 10^{-4} $\mathcal{H}$ qui est à peu près le maximum de ce qui est employé d'habitude.

(2) E. PFIFFNER: *Elektrotechnik und Maschinenbau* (Wien), nos 47, 48 et 49, 1912. Nous remercions l'auteur de ces articles, qui a bien voulu nous autoriser à les résumer dans notre travail et à reproduire les figures accompagnant son texte.

X. — ACCIDENTS CARACTÉRISTIQUES PRODUITS PAR LES PHÉNOMÈNES DE PROPAGATION D'ONDES.

L'étude générale que nous venons de faire, nous conduit, enfin, à mettre sous les yeux du lecteur quelques photographies, par

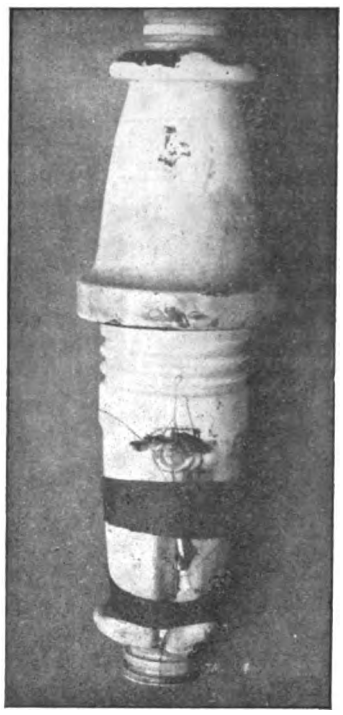


FIG. 31. — Isolateur d'introduction d'un transformateur de 15 KVA à 10 000 volts, claqué par un phénomène de réflexion d'onde. La partie claquée a 8 millimètres d'épaisseur. L'arc s'est produit dans l'huile. L'enroulement du transformateur n'était pas claqué.

FIG. 32. — Introduction en porcelaine d'un transformateur sur poteau de 10 KVA, 10 000 volts, claqué sous la cuve par un phénomène de réflexion d'onde. L'enroulement du transformateur n'a pas été endommagé.

lesquelles il se rendra compte aisément des conséquences graves qui peuvent résulter de l'existence des phénomènes décrits.

La figure 30 représente une bobine de transformateur à 27 000 volts claquée par une décharge atmosphérique. Comme on peut le voir, l'appareil a été endommagé par un phénomène de haute fréquence ou par une onde à front raide puisqu'il s'est produit de fortes différences de potentiel *entre spires* ayant conduit à des courts-circuits entre fils.

Les phénomènes de réflexion d'onde produisent fréquemment le claquage des isolateurs d'introduction des interrupteurs et transformateurs à haute tension.

Dans la fig. 31, nous avons représenté un isolateur de transformateur à 10 000 volts claqué, comme on le verra, sous le couvercle de l'appareil (8 mm d'épaisseur de porcelaine) ; il est à remarquer que l'enroulement du transformateur n'a pas été endommagé.

Pour montrer qu'il ne s'agit pas là d'un cas exceptionnel, nous donnons également une autre photographie (fig. 32) représentant l'introduction en porcelaine d'un transformateur

FIG. 33. — Introduction en porcelaine d un transformateur à 45 000 volts claqué par une onde de grande amplitude.

Digitized by Google

à 10000 volts, d'une autre construction claqué de la même manière.

On peut se rendre compte, par plusieurs exemples, qu'il se produit parfois des surélévations de tension très fortes au point de rebroussement des ondes perturbatrices. La fig. 33 représente l'introduction, en porcelaine, d'un transformateur à 45000 volts claquée par une onde de grande amplitude.

FIG. 34. — Cylindre en carton de 8 mm dans lequel était placé l'isolateur de la figure 33.

L'arc a dû traverser en ce cas les épaisseurs suivantes : 2 cm de porcelaine, 5 mm d'air, 8 mm de carton (voir fig. 34) et 3 à 4 cm d'air. L'enroulement du transformateur n'était pas endommagé, comme dans les cas précédents.

Il nous a été possible de relever dans une installation, en Saxe, à 110 000 volts la trace d'arcs nombreux s'étant

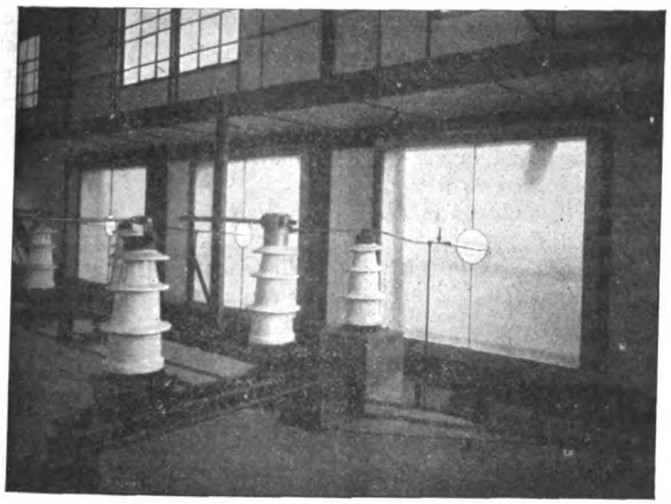


FIG. 35. — Amorçage d'arcs à des distances de 1 m 300 dans une installation à 100 000 volts. Les endroits où les arcs se sont établis sont marqués par des flèches.

amorcés d'une manière identique, à des distances dépassant parfois 1m,300 entre conducteurs et terre (fig. 35).

FIG. 36. — Introduction en porcelaine d'un interrupteur à 5 000 volts claquée par une décharge atmosphérique dans un circuit secondaire.

La figure 36 représente l'introduction en porcelaine d'un interrupteur à 5 000 volts claqué d'une manière intéressante. Sur le schéma de la fig. 37, nous avons représenté les différentes phases de l'accident.

Un coup de foudre direct tombe sur une ligne à basse tension (120 volts), le transformateur de 24 KVA, branché à l'extrémité de cette ligne, agit comme une bobine de Ruhmkorff, le coupe-circuit 1 saute, la boîte à câble 2 éclate en même temps et l'isolateur d'introduction de l'interrupteur 3 est brisé: enfin la *dernière* bobine de l'alternateur 4 est claquée à la masse; toutefois, en ce qui concerne l'accident de l'alternateur, il est difficile d'en tirer des conclusions, car l'enroulement présentait des défauts d'isolation.

L'aspect du phénomène est tout différent lorsqu'il s'agit d'une

FIG. 37. — Schéma de l'accident.

décharge oscillatoire de grande amplitude ; sur la fig. 38, on voit un isolateur d'interrupteur aérien à 10 000 volts. Au cours d'une tempête, deux fils sont entrés en contact, créant un court-circuit direct de toute l'installation dans le voisinage de cet interrupteur.

Les conducteurs se séparant brusquement, il y a eu rupture instantanée d'un court-circuit, ce qui a donné naissance à un phénomène oscillatoire de très grande amplitude.

Nous avons publié au commencement de cette année (1) le cas d'un accident assez typique produit par un phénomène oscillatoire se fermant par les enroulements d'alternateurs et engendré par des parafoudres à cornes non amortis (fig. 39).

Les effets destructifs des arcs à la terre apparaissent clairement dans la figure 40; un isolateur d'une ligne à 10 000 volts est vitrifié de la sorte par suite de l'élévation considérable de température au point de court-circuit.

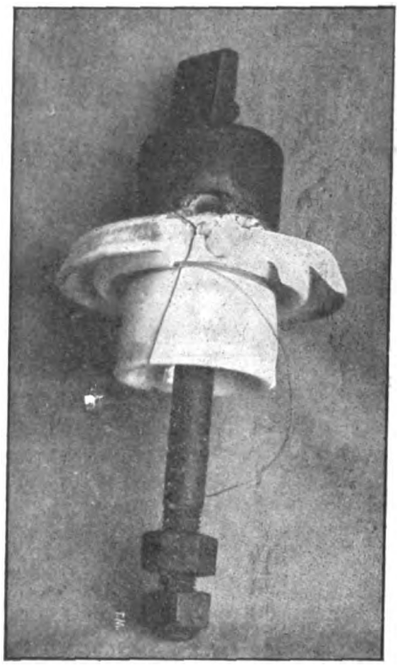


FIG. 38 — Isolateur d'un interrupteur de mât, 10.000 volts, claqué par un courant oscillatoire de grande amplitude. Au cours d'une tempête, deux conducteurs se sont touchés, provoquant un court-circuit direct coupé instantanément au moment où les deux fils se sont écartés.

XI. — PROTECTION DES INSTALLATIONS CONTRE LES EFFETS DES ONDES PERTURBATRICES.

Comme nous venons de le voir, les surtensions peuvent apparaître de deux manières, les unes dans le sens longitudinal du conducteur, créant des différences de potentiel très fortes entre des points voisins d'un même circuit, les autres, dans le sens radial du conducteur, créant des surélévations de tension entre conducteurs et terre ou entre différents conducteurs.

FIG. 39. — Partie d'une bobine d'alternateur de 2 000 KVA, 8 000 vols, claquée en plusieurs points par les courants oscillatoires engendrés par une corne non amortie.

Contre les premières, il n'y a qu'un seul moyen de protection : c'est d'étaler le front de l'onde sur une grande longueur de ligne, au moyen d'un condensateur. Il n'existe aucun autre appareil permettant d'atteindre pleinement ce résultat ; l'emploi de la self-induction permet d'obtenir une certaine déformation du front de l'onde, mais ne suffit pas, dans la pratique, pour réaliser une protection efficace.

Tous les appareils comprenant une distance explosive seront

(1) *Bulletin de l'Association Italienne des Electriciens* (1913).

Digitized by Google

donc sans effet pour ces phénomènes ; les parafoudres électrolytiques, qui sont reliés au réseau par l'intermédiaire d'une corne, seront donc également sans valeur pour la diminution de la raideur des ondes de propagation.

Contre les surtensions de grande amplitude, dans le sens radial du conducteur, il y aura à adopter différentes dispositions d'après la nature des phénomènes observés (1). Les appareils, pour être efficaces, devront avoir une impédance du même ordre de grandeur que celle du circuit à protéger. Dans une étude précédente, nous avons vu (2) qu'il était difficile de réduire pratiquement la valeur absolue d'une surtension, au moyen d'un parafoudre à cornes au-delà de 20 à 25 %.

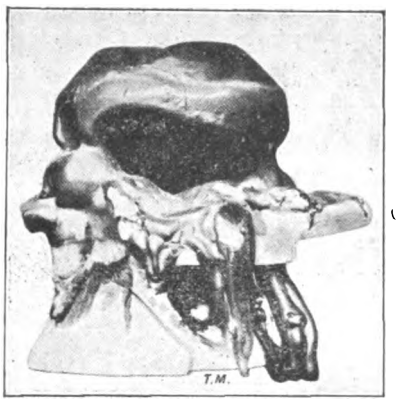


Fig. 40. — Isolateur d'une ligne à 10 000 volts claqué par un arc à la terre.

D'une part, si la résistance en série avec le parafoudre à cornes ou à rouleaux est élevée 2 000 ou 3 000 Ω, par exemple, la réduction de la valeur absolue de la surtension est insignifiante ; au contraire, si elle est trop faible 200 ou 300 Ω, le fonctionnement de l'appareil peut créer des perturbations graves (fig. 39) et dans les deux cas, la protection sera illusoire.

Il semble qu'il y ait là un cercle vicieux; on a pu facilement en sortir en constituant un appareil agissant à la façon d'un rhéostat qui intercale progressivement au moment du développement de la surtension des résistances de plus en plus faibles pour les supprimer ensuite de la même façon.

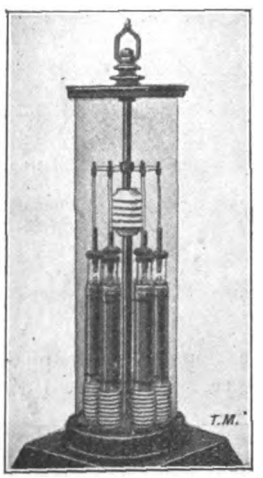


Fig. 41. — Vue de la soupape système Giles.

Ce principe a été appliqué dans la soupape Giles (3) qui est entrée aujourd'hui complètement dans le domaine de la pratique (fig. 41).

Signalons que cet appareil a l'avantage de présenter un très fort amortissement, ce qui empêche toute perturbation de nature oscillatoire de se produire au moment de l'intercalation successive des éléments en parallèle. On arrive à ce résultat en mettant un grand nombre de distances explosives en série, ce qui conduirait à une tension d'amorçage élevée. Mais, pour éviter cet inconvénient, une disposition spéciale permet d'amorcer les distances explosives les unes après les autres, au lieu de les amorcer toutes ensemble comme dans les autres appareils.

Il semble démontré aujourd'hui que l'application des parafoudres électrolytiques n'a pas donné, au contraire, les résultats qu'on en attendait. Et cela tout naturellement, car l'appareil étant branché au réseau par l'intermédiaire d'une corne, il en résulte toute une série d'inconvénients sur lesquels Giles (4) a attiré l'attention.

Au moment du fonctionnement de la distance explosive, on crée un circuit de résonance entre la capacité du condensateur, la capacité et la self-induction de l'enroulement (fig. 42).

L'appareil étant composé de plaques d'aluminium séparées par un électrolyte, pour les tensions inférieures à celles de la formation, il fonctionnera comme condensateur.

Pour les tensions supérieures, le condensateur crève et fonctionne comme une capacité shuntée par une résistance ohmique (fig. 43). Si la valeur de la tension atteint une très grande valeur, le condensateur est complètement crevé et il ne reste plus que la résistance de l'électrolyte.

Faisons donc les diverses hypothèses qu'il est possible de faire :

1° Pour les ondes à front raide dont l'amplitude est inférieure à la tension d'amorçage de la corne, l'appareil sera sans effet ;

2° Si au moment du soufflage de l'arc, la résistance R de l'appareil a une valeur infinie, ce dernier fonctionne comme condensateur et, par suite, peut engendrer des effets de résonance dangereux, à cause de l'existence de la corne en série ;

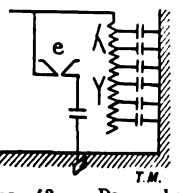


Fig. 42. — Danger des parafoudres électrolytiques dans les réseaux à courants alternatifs.

3° Si le condensateur a crevé par la surtension et n'est pas reformé, la résistance R au moment du soufflage est sensiblement celle de l'électrolyte, c'est-à-dire très faible.

On peut donc avoir, au moment du soufflage de l'arc, rupture brusque d'un court-circuit à la terre. La surtension engendrée de la sorte peut atteindre une valeur excessivement dangereuse, comme nous l'avons vu précédemment ;

4° Si le condensateur a crevé par la surtension et est partiellement reformé, R, peut avoir une valeur quelconque. Si elle est très faible, on retombe dans le troisième cas ; si elle est forte, l'appareil fonctionnera comme une capacité et on reviendra au deuxième cas.

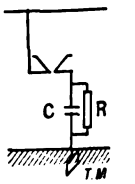


Fig. 43. — Autre cas dans lequel le parafoudre électrolytique peut être dangereux.

La pratique a d'ailleurs montré qu'il en était bien ainsi :

Piazzoli (1) cite le cas de la protection au moyen de cet appareil des stations transformatrices du transport d'énergie de Ternit à Rome, à 25 000 volts.

Quand on forme les appareils électrolytiques, les limiteurs ordinaires de la centrale s'amorcent à leur tour, signe évident qu'il se produit des surtensions très fortes dans l'installation.

M Poggi a fait des constatations analogues dans les installations à 70 000 volts de Savona (Italie) : il nous a appris qu'au moment de la formation journalière des cellules en aluminium, toutes les introductions en porcelaine des transformateurs d'intensité ont claqué les unes après les autres par des décharges oscillantes caractéristiques (2).

Phénomènes de résonance permanents.— Dans les réseaux aériens à haute tension très étendus et faiblement chargés, on observe souvent des phénomènes de résonance permanents caractéristiques, contre lesquels il n'existe aucun appareil de protection directe.

Nous connaissons plusieurs installations dans lesquelles on a pu observer ces phénomènes. A propos de la mise en exploitation de la ligne à 50 000 volts Albula-Zurich, le directeur des services électriques de la ville de Zurich, M. Wagner, a décrit (3) un cas typique : « Nous avons eu beaucoup de difficulté avec les surtensions d'origine interne dans notre réseau se produisant par suite des variations de charge, par des phénomènes de fermeture et d'ouverture, par mises à terre, résonances, etc. Il en résultait des amorçages d'arc qui, à l'origine de l'exploitation, ont provoqué de graves perturbations. Nous avons eu des cas où des arcs se sont amorcés à des isolateurs à gorges de 25 cm de hauteur ; à notre avis, nous avons constaté dans notre réseau l'existence de surtensions non mesurables. »

(1) Nous ne faisons pas allusion ici aux élévations de tension engendrées par les phénomènes atmosphériques statiques.

(2) *La Technique Moderne*, t. IV, n° 2 (15 janvier 1912), p. 52.

(3) *La Technique Moderne*, t. IV. n° 4 (15 février 1912), p. 137.

(4) G. Giles : *La protection des réseaux de distribution* (1910). Voir aussi *Elektrotechnische Zeitschrift* (1913), n° 7, p. 169.

(1) E. Piazzoli : *Sovratensioni negli impianti elettrici* (1913), p. 318.

(2) C'est là également une sujétion continuelle dans l'exploitation. C'est pourquoi, en raison de ces divers inconvénients, ils sont de moins en moins employés.

(3) Wagner (1911), *Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, p. 57 et 58.

Digitized by Google

L'application de résistances hydrauliques dans le neutre des transformateurs a supprimé radicalement ces inconvénients ; les résistances employées avaient des valeurs suffisantes pour limiter le courant de court-circuit à 150 ampères.

L'introduction de ces résistances dans le neutre des transformateurs permet d'obtenir un amortissement très grand des phénomènes oscillatoires. La capacité des enroulements par rapport à la masse est shuntée par une résistance ohmique qui transforme la décharge oscillante sous la forme apériodique.

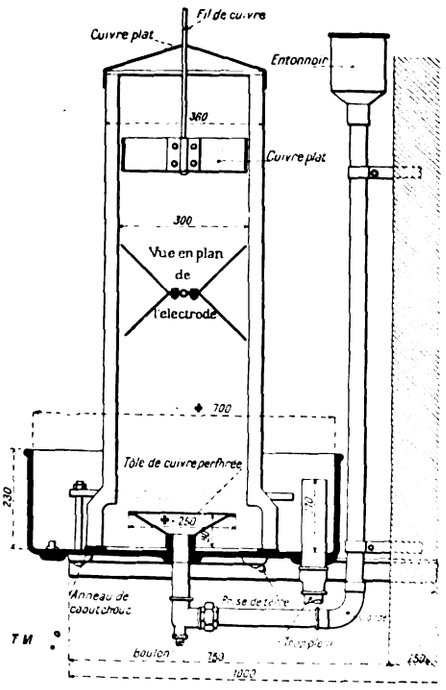


Fig. 44. — **Résistances hydrauliques d'amortissement des phénomènes oscillatoires.**

La Société Kraftwerke Beznau-Lôntsch, qui avait rencontré des difficultés du même genre dans ses réseaux aériens à 25 000 et 47 000 volts, a appliqué avec succès le même genre de protection (1).

La figure 44 représente la résistance hydraulique à circulation d'eau pour le réseau à 25 000 volts, d'environ 650 Ω. Dans le réseau à 47 000 volts, la valeur de cette résistance est doublée.

XII. — Conclusions.

Au point de vue du danger qu'elles présentent pour la conservation du matériel, les ondes de tension qui se produisent sur les réseaux sont de deux espèces : les unes, qui sont dangereuses en raison de leur forte amplitude, c'est-à-dire qui donnent de grandes différences de potentiel entre conducteurs ou entre conducteurs et terre, les autres, qui sont dangereuses en raison des grandes différences de potentiel qu'elles créent entre points voisins d'un même circuit.

Certaines ondes peuvent présenter à la fois ces deux caractéristiques.

Si maintenant on considère la première espèce d'onde, il faudra prévoir des appareils limitant l'amplitude des ondes de tension en telle sorte qu'elle ne puisse jamais atteindre une valeur dangereuse pour la sécurité du matériel. L'amplitude admissible sera x fois la tension du réseau, x étant le coefficient de sécurité adopté pour le matériel.

De plus, ces ondes à forte amplitude sont en général créées par de violentes perturbations dans le régime des distributions tels, par exemple, que ruptures de court-circuits, faux couplage en parallèle, mise à terre, résonance, etc.

Un certain nombre de ces phénomènes mettent en jeu tout ou partie de l'énergie des centrales branchées sur le réseau. Il est donc évident qu'un limiteur de tension devra, pour être efficace, écouler momentanément une énergie du même ordre de grandeur.

Il devra donc avoir une résistance comparable à l'impédance du réseau.

Pour réaliser ces conditions, on est forcé d'employer des appareils à distances explosives, car ceux-ci devant avoir une faible résistance laisseraient passer toute l'énergie s'ils étaient directement connectés en réseau.

D'autre part, en raison de cette faible résistance, ils ne pourront être introduits que progressivement, au fur et à mesure que l'onde se développe, car sans cela, ils produiraient sur le réseau l'effet d'un court-circuit brusque et déclancheraient de ce fait des résonances ou des surtensions dangereuses.

Il est bien entendu que tout dispositif composé d'une distance explosive et d'une capacité en série devra être rejeté, car ce serait une source de haute fréquence analogue à celle qu'on constitue pour créer les ondes employées en télégraphie sans fil. Ce serait donc aller juste à l'inverse du but proposé, qui est de supprimer les ondes de cette nature.

Un cas particulier des ondes à grande amplitude, se présente dans les phénomènes de résonance. Ils proviennent, comme on l'a vu, de ce que les constantes de capacité et de self-induction de tout ou partie du réseau sont telles que les impulsions successives de la tension vont en s'ajoutant.

On peut ainsi arriver à un voltage énorme, égal à un grand nombre de fois la tension normale du réseau.

Il est évident que si ces conditions de résonance sont permanentes, aucun limiteur quelconque ne pourra être efficace, car il devrait absorber constamment une partie de l'énergie du réseau, ce qui est pratiquement irréalisable.

On arrivera au résultat en changeant les constantes du réseau et l'un des moyens que l'on peut employer consiste à shunter la capacité des enroulements par une résistance ohmique de valeur réduite. Pratiquement, on réunit le point neutre à la terre par une résistance ohmique d'une valeur convenable (§ 11).

Examinons maintenant ce qui se passe avec les ondes de la deuxième espèce.

Ici, nous avons affaire à des ondes qui sont dangereuses parce qu'elles sont à front raide et donnent des différences de potentiel relativement grandes entre points voisins des conducteurs.

Il faudra diminuer ces différences de potentiel jusqu'à ce qu'elles soient en proportion de ce que peut supporter l'isolation des parties de conducteurs entre eux.

En d'autres termes, on risque de développer entre des spires voisines ou superposées dans les enroulements des différences de voltage de plusieurs milliers de volts, alors que l'isolation n'est faite que pour des centaines de volts.

Comme il n'y a aucun rapport entre l'isolation entre spires dans les appareils et le voltage du réseau, il sera illusoire de placer un limiteur fonctionnant à une valeur égale ou supérieure à sa tension de régime.

La conclusion, c'est que pour cette nature d'onde, tout appareil à distance explosive est inefficace, puisqu'il sera forcément réglé pour fonctionner à une valeur plus grande que celle de la distribution.

Il faut trouver un moyen de diminuer la différence de potentiel entre parties voisines du conducteur, c'est-à-dire *qu'il faut étaler* le front d'onde.

L'unique appareil connu qui puisse remplir complètement cette fonction est le condensateur.

On peut assimiler le phénomène du front d'onde raide au coup de bélier dans la conduite d'eau, dont on évite les effets destructifs par l'intercalation d'un réservoir à paroi élastique qui absorbe momentanément l'énergie développée d'une façon brutale pour la restituer lentement.

Le condensateur remplace ce réservoir à paroi élastique et étale les fronts d'onde sans qu'il y ait lieu de détruire de l'énergie (1).

G. Capart.

(1) Discussion à la Séance de l'Association Suisse des électriciens, le 14 avril 1912 (Bulletin de l'Association n° 7, 1912, p. 173).

(1) Rappelons à ce sujet que la Société des Condensateurs Electriques à Fribourg (Suisse), applique depuis 1904 les condensateurs et les soupapes à la protection des réseaux. L'expérience avait donc sanctionné les déductions de la théorie, que nous venons de résumer, avant même que celle-ci ne fût complètement établie.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Les nouveaux agrandissements de la gare de l'Est à Paris.

La nécessité d'agrandir périodiquement les grandes gares terminus parisiennes est un fait bien connu de tous ceux qui sont appelés à suivre ou à constater le constant accroissement du trafic auquel doivent faire face les Compagnies de chemin de fer.

Après les Compagnies du P.-L.-M., de l'Orléans et du Nord, en 1900 et, actuellement, l'Ouest-Etat, c'est la Compagnie de l'Est qui va remanier les installations de sa gare de Paris ; bientôt, sans doute, verrons-nous le Compagnie du P.-L.-M. exécuter à nouveau d'importants travaux.

Récemment, quelques journaux de la presse parisienne ont fait connaître les intentions de la Compagnie de l'Est et ont sommairement indiqué le mécanisme des conventions à passer avec la Ville de Paris pour déterminer, au point de vue financier notamment, les moyens à mettre en œuvre.

Certaines critiques ont été formulées ; on a reproché à la Compagnie de l'Est d'avoir profité, pour engager ses projets, du moment où la Ville de Paris élaborait le programme de travaux de voirie aux abords de la gare ; il semble cependant qu'il n'y avait que d'excellentes raisons de lier des projets entre lesquels existait une telle connexité ; qu'aurait-on dit si la Ville et la Compagnie du chemin de fer avaient isolément arrêté des dispositions incompatibles ?

On a protesté contre la disparition d'une partie actuelle du faubourg Saint-Martin et l'on n'a pas compris que la Ville prêtât son concours à la Compagnie de l'Est.

Nous ne voyons pas comment il aurait été possible d'envisager un élargissement de quelque importance de la gare de l'Est sans prévoir une déviation de la rue du Faubourg Saint-Martin, et tout le monde reconnaîtra, sans doute, qu'en raison de l'énorme intérêt qu'ont tous les Parisiens à ce que les Compagnies de chemins de fer soient mises à même de développer leurs installations au fur et à mesure de l'accroissement du trafic ; il est parfaitement équitable et nécessaire que la Ville de Paris leur donne le plus large concours.

Des procédés semblables à ceux que d'éternels mécontents critiquent aujourd'hui, auraient sans doute évité les difficultés sans nombre qui se sont produites à la gare Saint-Lazare et dont la population parisienne gardera longtemps le fâcheux souvenir.

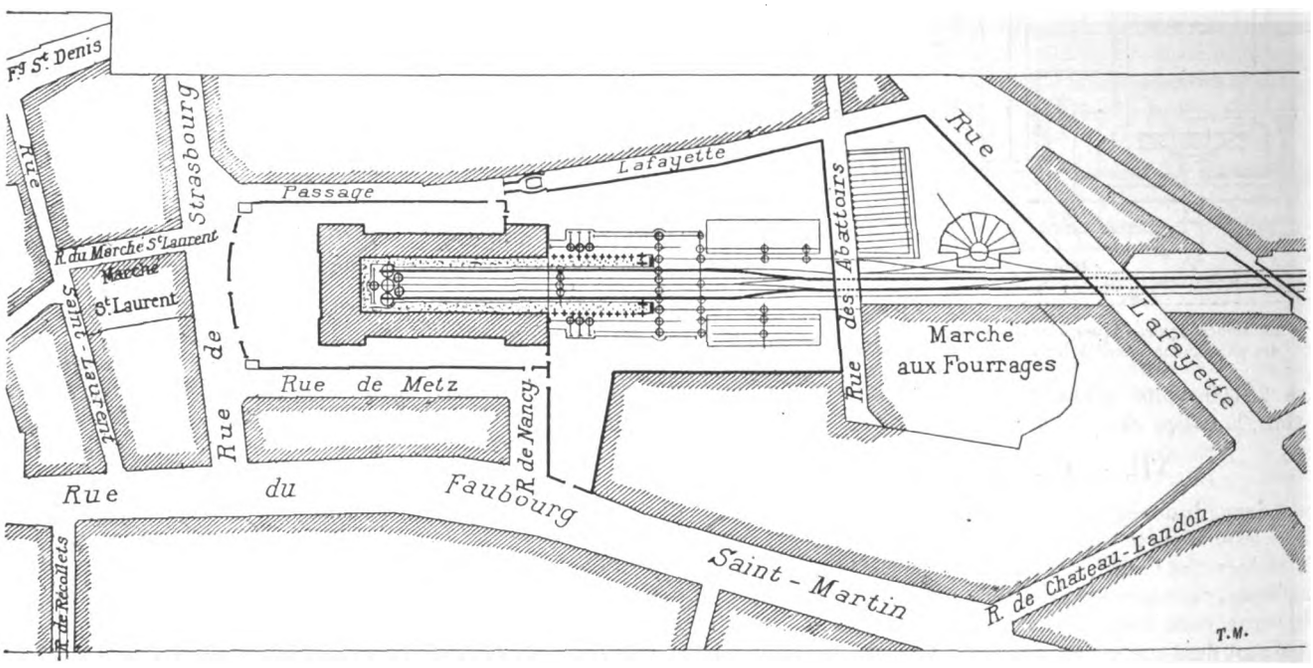


FIG. 1. — Les installations de la Gare de l'Est de Paris à son origine, en 1855.

L'accroissement du nombre des voyageurs expédiés de la gare de l'Est est actuellement de plus de 780 000 par an, et tout fait prévoir que cet accroissement s'élèvera, d'une manière constante, attendu qu'il n'était précédemment que de 380.000 pour la période de 1890 à 1900 et de 138 000 pour la période de 1877 à 1890.

Le tableau I indique le nombre des voyageurs expédiés par an depuis 1901 et l'accroissement moyen annuel.

TABLEAU I. — STATISTIQUE DES VOYAGEURS EXPÉDIÉS ANNUELLEMENT DE LA GARE DE L'EST DE 1901 A 1910.

ANNÉES	NOMBRE DE VOYAGEURS expédiés	ACCROISSEMENT moyen annuel
1901	8 059 000	
1905	9 030 000	243 000
1906	9 467 000	437 000
1907	10 009 000	542 000
1908	10 607 000	598 000
1909	11 294 000	687 000
1910	12 074 000	780 000

Digitized by Google

Si l'on compare le trafic de la gare de l'Est à celui des autres grandes gares de Paris, on constate les résultats suivants (Tableau II) :

TABLEAU II. — ETAT COMPARATIF DES VOYAGEURS EXPÉDIÉS PAR LES PRINCIPALES GARES DE PARIS DE 1910 A 1911.

GARES	NOMBRE de voyageurs expédiés		ACCROISSEMENT de 1901 à 1910	NOMBRE DE voies à quai	NOMBRE MOYEN de voyageurs expédiés par voie à quai	
	en 1901	en 1910			en 1910	Accroissement de 1901 à 1910
St-Laze	23 156 000	27 343 000	4 187 000	25	1 094 000	167 000
Nord	11 663 000	15 870 000	4 207 000	27	588 000	156 000
Est	8 059 000	12 074 000	4 015 000	16	755 000	251 000
P-L-M	5 000 000	6 745 000	2 745 000	13	519 000	211 000

L'accroissement du nombre des voyageurs expédiés par la gare de l'Est est donc nettement supérieur à celui de la gare du P.-L.-M., et à peu près égal à celui de Saint-Lazare et du Nord ; en considérant l'intensité du trafic assuré sur chaque voie, la gare aucun agrandissement, de sorte que, de 1890 à 1910, le nombre des voies à quai n'a été accru que de deux, alors, que le nombre des voyageurs expédiés passait de 3 867 000 à 12 074 000.

Le programme actuellement envisagé comporte :

1° L'augmentation du nombre des voies à quai, à porter de 16 à 24 ;

2° L'allongement des quais et leur élargissement ;

3° L'élargissement de la plate-forme de l'avant-gare ;

4° L'agrandissement des cours et l'amélioration des voies d'accès.

La réalisation de prévisions semblables exige évidemment un élargissement notable de la façade, actuellement resserrée entre la rue d'Alsace, et le faubourg Saint-Martin, et qui ne mesure que 130 m, alors qu'à la gare de P.-L.-M. et à la gare Saint-Lazare, on trouve 185 m, et 267 m à la gare du Nord ; la largeur nécessaire pour loger les 24 voies prévues et donner aux quais une largeur de 7 m est de 170 m, et l'élargissement des emprises actuelles de 40 m au moins ; l'impossibilité de chercher, vers la rue d'Alsace, l'élargissement nécessaire a conduit à prévoir une déviation du faubourg Saint-Martin, permettant de donner à la façade une largeur de 180 m.

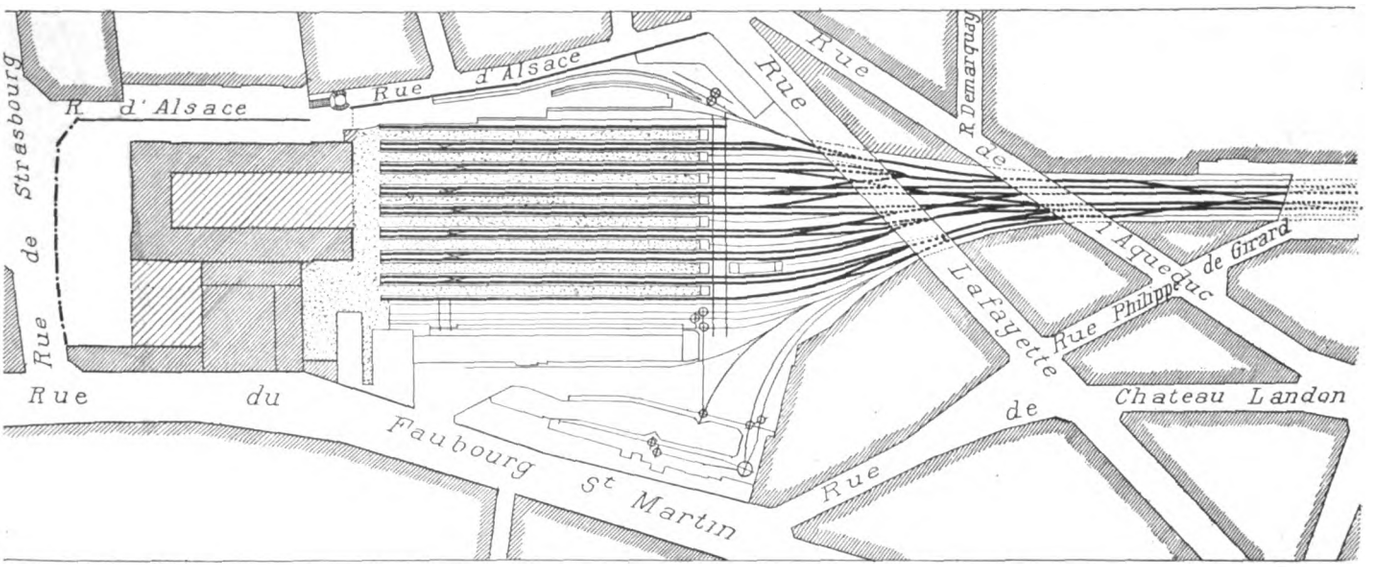


FIG. 2. — Les installations de la Gare de l'Est de Paris en 1900.

de l'Est est supérieure à la gare du Nord et à celle du P.-L.-M. ; elle est certes, inférieure à Saint-Lazare, mais il n'y a pas de déduction à tirer de ce fait, étant donné l'insuffisance des installations de cette dernière gare ; c'est d'ailleurs à l'Est que l'accroissement moyen par voie à quai est le plus élevé, de sorte qu'il n'est pas surprenant qu'on ait été amené à envisager la nécessité d'extensions prochaines.

Tirant de la statistique toutes les déductions rationnelles auxquelles elle peut conduire, les Ingénieurs de la Compagnie de l'Est ont été amenés à conclure que, dans un délai de six ou sept ans, le nombre des voyageurs expédiés par la gare de l'Est serait à peu près égal à celui des voyageurs actuellement expédiés au Nord, et que les installations seraient, par conséquent, tout à fait insuffisantes si on n'avait pas, en temps utile, procédé aux agrandissements nécessaires.

Le délai de six ou sept ans étant à peu près égal au temps nécessaire à l'accomplissement des formalités administratives et à l'exécution des travaux, il n'est pas douteux que la Compagnie de l'Est a fait preuve de la plus sage prévoyance en commençant dès maintenant ses études.

La gare de l'Est fut construite en 1855 ; elle comportait alors deux voies à quai (fig. 1) ; quelques agrandissements successifs portèrent le nombre des voies à quai de 8 en 1877 à 14 en 1890 et à 16 en 1900 (fig. 2) ; depuis cette époque, la gare n'a subi

Toutefois, pour réduire cette déviation au minimum inévitable, les services à l'arrivée ont été prévus en souterrain.

La figure 3 représente les installations prévues au niveau des voies, et la figure 4 les dispositions souterraines des services à l'arrivée.

Les voies, au nombre de 24 ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, seront desservies par 12 quais de 210 m environ de longueur et de 7 m de largeur ; les quais actuels, de 175 m de longueur et de 4m,30 et 6 m de largeur, sont tout à fait insuffisants.

En tête des voies sera établie une vaste plate-forme de 20 m environ de largeur et de 170 m de longueur ; la grille de contrôle sera disposée de manière qu'il soit possible, en cas d'affluence d'augmenter le nombre des portes pour permettre la sortie rapide des voyageurs.

Au centre du bâtiment sera établie, pour les bagages au départ, une vaste salle de 60 m de longueur, dans laquelle 15 bascules permettront le pesage rapide des colis que des tapis roulants conduiront aux fourgons en passant sous les quais ; les voyageurs ne seront plus ainsi gênés par la circulation des tricycles à bagages.

Les billets seront distribués dans deux vestibules disposés de part et d'autre de la salle des bagages ; pour les grandes lignes, les guichets seront situés sous le hall actuel ; un nouveau hall sera construit vers le faubourg Saint-Denis et affecté à la distribution des billets de banlieue.

Digitized by Google

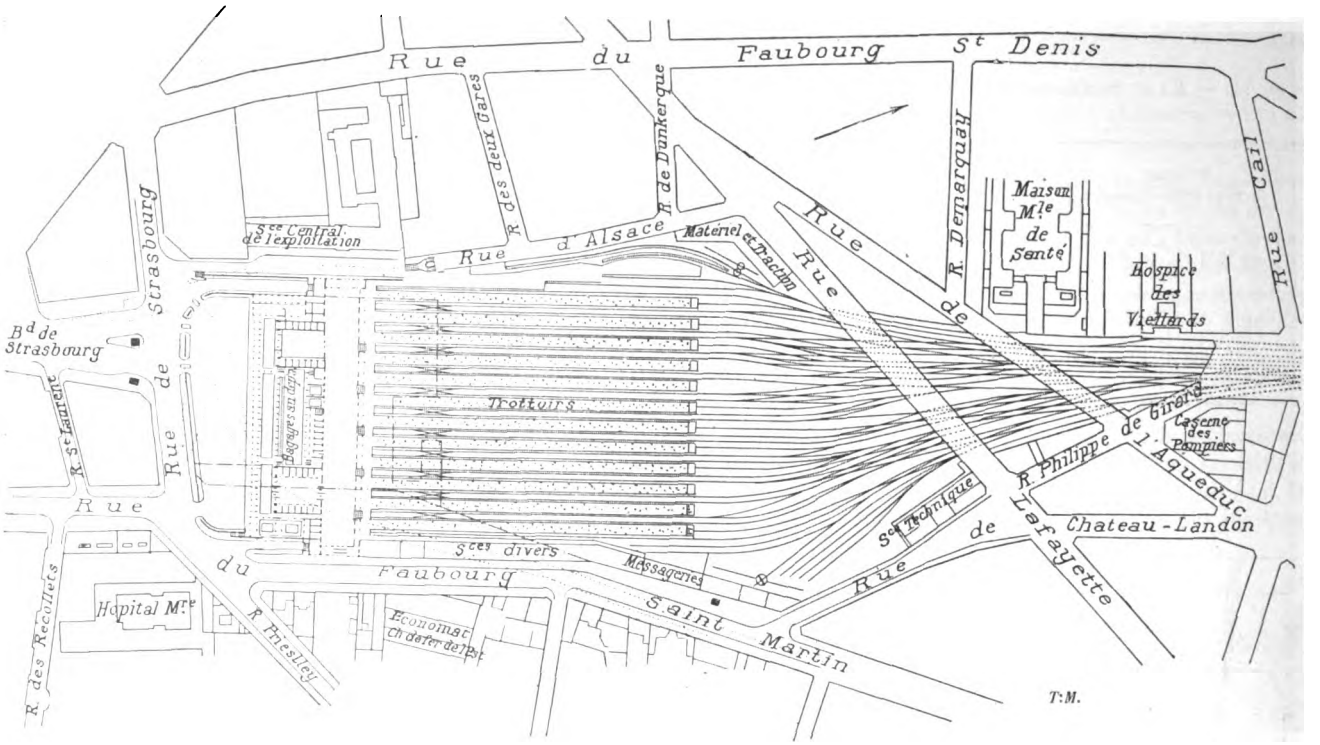


FIG. 3. — Installations prévues au niveau des voies.

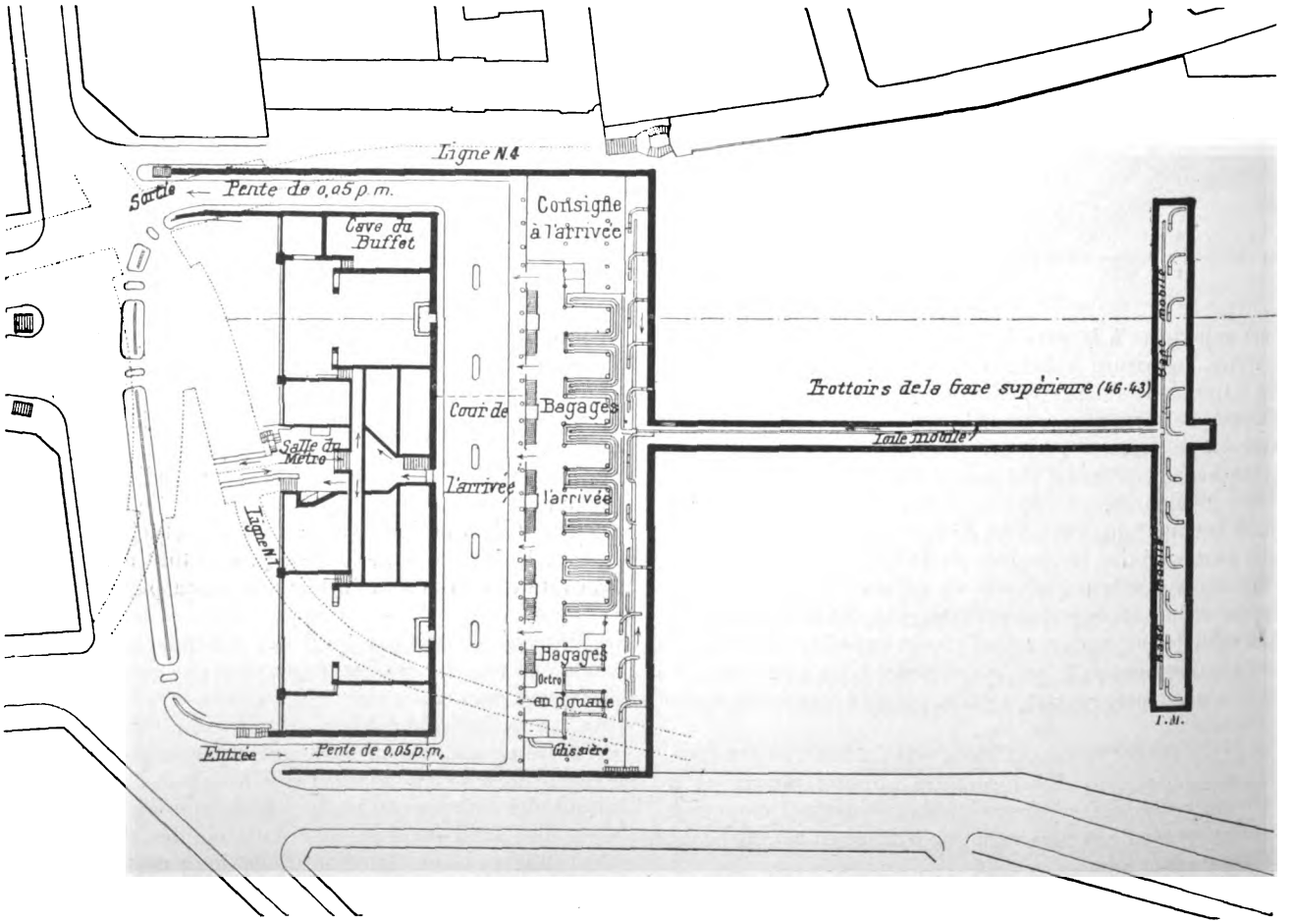


FIG. 4. — Dispositions souterraines prévues pour les services de l'arrivée.

Digitized by Google

La consigne au départ sera établie dans le pavillon nouveau voisin du faubourg Saint-Martin ; le pavillon de la rue d'Alsace sera utilisé pour l'aménagement d'un buffet.

Les salles d'attente seront établies sur le quai de tête.

Les voyageurs arrivant par le Métropolitain pourront, s'ils ont leur billet, accéder directement au quai de tête ; s'ils ne l'ont pas, ils se rendront aux guichets par des escaliers débouchant, l'un près du hall des grandes lignes, l'autre près du hall de banlieue.

A l'arrivée, les voyageurs disposeront de trois sorties : rue d'Alsace, où stationneront les voitures privées, rue du Faubourg Saint-Martin où sera la station des voitures publiques, et enfin vers le Métropolitain par un escalier prévu au centre du quai de tête.

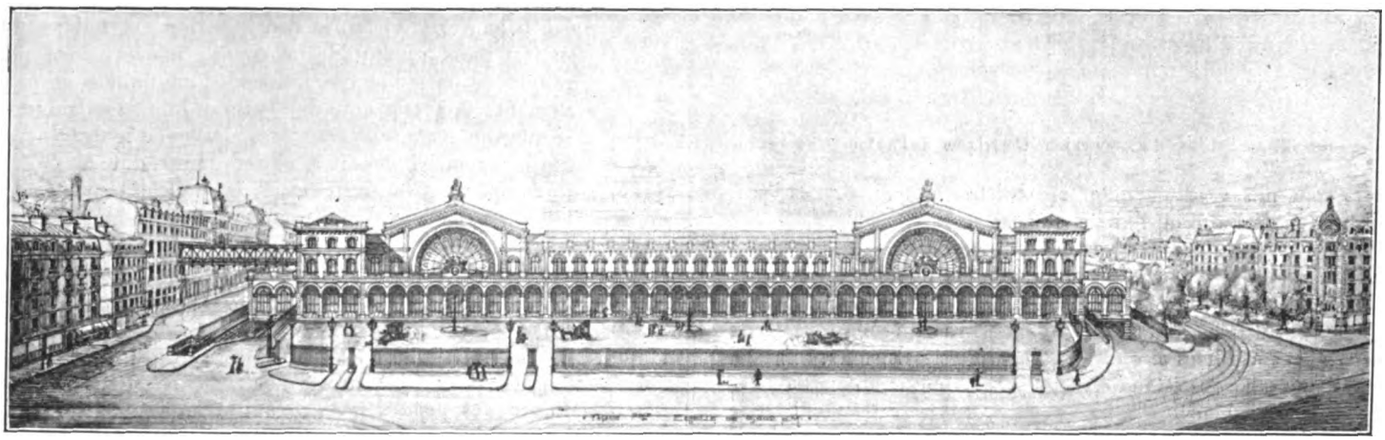


Fig. 5. — Vue d'ensemble de la façade de la Gare de l'Est de Paris, telle qu'elle sera après les agrandissements projetés.

Les voyageurs pourvus de bagages se rendront à la salle souterraine par des escaliers, situés près de la grille de contrôle ; les bagages arriveront à cette salle par des plans inclinés les amenant directement du fourgon aux tables de livraison ou à la salle de Douane ; des tapis roulants souterrains conduiront les bagages déchargés en queue des trains.

La cour souterraine, accessible aux voitures par deux chaussées extrêmes, aura 180 m de longueur et 26 m de largeur.

Dans l'avant-gare, la plateforme sera élargie de manière à permettre la pose de huit voies : trois pour les départs, trois pour les arrivées, et deux pour les manœuvres de machines et de matériel vide.

La façade du bâtiment (fig. 5) sera établie suivant l'architecture actuelle, l'élargissement étant obtenu par la construction d'un corps central de 60 m environ de longueur, et, vers le Faubourg Saint-Martin, d'un second hall et d'un pavillon semblables au hall et au pavillon actuels, voisins de la rue d'Alsace.

Il est permis de se rendre compte, par la description sommaire qui précède, que le projet envisagé par la Compagnie de l'Est est de nature à faire de la gare de Strasbourg, comme on l'appelait autrefois, l'une des plus commodes de Paris, sans rien sacrifier du cachet d'élégance auquel il a été si souvent rendu hommage.

Il est d'ailleurs possible que les prévisions jusqu'à ce jour envisagées, soient encore améliorées, et que le projet définitif ne soit pas, dans ses détails, rigoureusement identique aux dispositions représentées sur les figures annexées à la présente description.

L. Lachapelle.

Automotrice benzo-électrique.

L'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft a fourni dernièrement au gouvernement égyptien un train spécial destiné au service du Khédive (1). Le train se compose de deux voitures, dont l'une est un salon destiné au Khédive, et l'autre sert pour la suite du prince.

Chacune de ces voitures possède un moteur à explosion et un équipement électrique. La conduite peut se faire de l'une ou l'autre extrémité du train, et en marche normale c'est toujours le groupe qui est en avant dans le sens du mouvement, qui est moteur. En cas d'avarie, on se sert du groupe en bon état et la vitesse est alors réduite. En palier, le train peut atteindre 64 km/h. Le poids total sans passagers est de 100 t.

Chaque voiture est à deux bogies. Les équipements électriques sont placés sur les bogies extrêmes et les moteurs à benzol sont montés sur des châssis suspendus. Chaque moteur est accouplé à sa génératrice par un joint élastique à courroie en cuir. Ce sont des quatre cylindres donnant 120 chevaux, à 700 tours par minute, pouvant être alimentés au benzol ou au pétrole.

La mise en marche est assurée par de l'air comprimé. La circulation d'eau se fait par pompe et le refroidissement a lieu dans un radiateur à nid d'abeille, placé sur le toit de la cabine du mécanicien. Le combustible vient d'un réservoir fixé au châssis et soumis à la pression d'un gaz inerte (anhydride carbonique ou azote), contenu dans une bouteille munie d'un détendeur.

La vitesse est limitée par un régulateur centrifuge. A l'arrêt, le moteur peut tourner au tiers de sa vitesse normale, afin d'économiser le combustible. L'allumage se fait à haute tension. L'échappement s'opère dans une espèce de cheminée munie d'un silencieux.

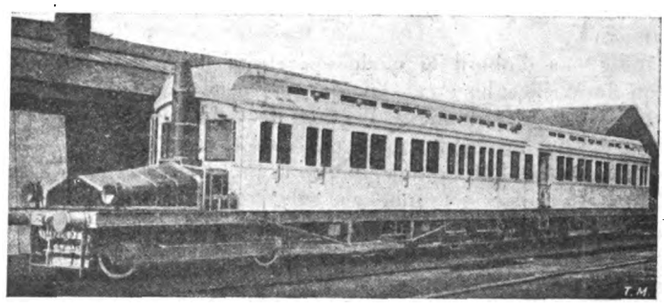


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'automotrice benzo-électrique.

Chaque génératrice de courant peut donner 80 kilowatts pendant une heure et, en marche normale, elles fournissent 50 kw.

Chaque excitatrice prend 3 kw 5 sous 60 volts. Le refroidissement des deux machines est obtenu par un ventilateur monté sur le même arbre. Le voltage normal est de 300 volts et la dynamo peut supporter 500 ampères au départ.

Les moteurs commandent les roues au moyeu d'engrenages réducteurs ; leur vitesse se règle en agissant sur le voltage de la génératrice (système Léonard). Les circuits des moteurs de chaque

(1) *The Engineer*, 5 septembre 1913.

Digitized by Google

voiture sont complètement séparés et une dynamo ne sert que pour les deux moteurs de la même voiture (fig. 2).

Les inducteurs des dynamos sont en parallèle dans le circuit d'une des excitatrices à travers une résistance commune, dont les

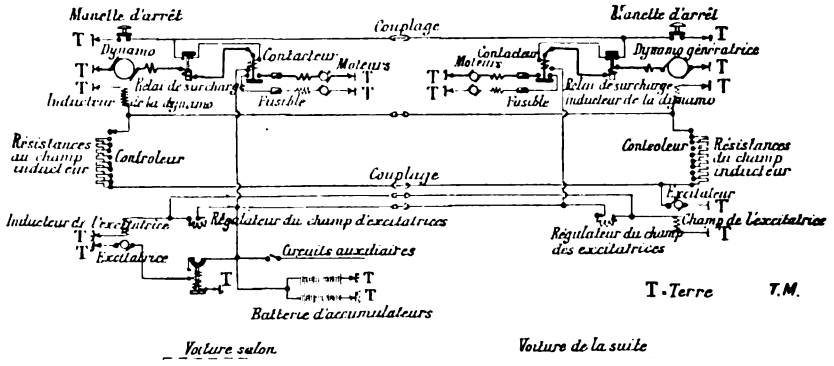


Fig. 2. — Schéma des connexions électriques de l'automotrice benzo-électrique.

plots sont mis graduellement en court-circuit au départ, par le contrôleur de l'une ou l'autre voiture.

Les inducteurs des excitatrices connectés en parallèle sont alimentés par une batterie d'accumulateurs de 68 ampères-heure, à 60 volts. La deuxième excitatrice peut être branchée en parallèle sur la batterie. Lorsque la machine va lentement, cette excitatrice est mise hors circuit automatiquement. Enfin, la batterie peut être rechargée en marche, par cette deuxième excitatrice.

J. B.

CHIMIE INDUSTRIELLE

Une nouvelle méthode de dosage du tannin.

Pour doser le tannin dans ses solutions, on peut avoir recours à plusieurs méthodes, qui sont d'ailleurs plus ou moins exactes, mais dont quelques-unes, lorsqu'elles sont exécutées toujours dans les mêmes conditions, donnent des résultats comparables entre eux.

La méthode à la poudre de peau est la plus généralement employée.

En voici une autre, qui est due à Wislicenius et que vient de modifier heureusement M. Kohn-Abrest. Elle repose sur la fixation du tannin par de l'alumine préparée dans de certaines conditions.

Indiquons d'abord le mode opératoire primitif, c'est-à-dire celui de Wislicenius :

Lorsqu'on abandonne à l'action de l'air de gros morceaux d'aluminium fortement amalgamé, ils s'oxydent et il se forme de l'hydrate d'alumine, qui jouit de la propriété curieuse de fixer quantitativement le tannin en solution et de n'avoir aucune affinité pour les substances végétales, qui l'accompagnent ordinairement. Cet oxyde d'aluminium conserve cette propriété même après calcination.

Pour faire le dosage, on additionne donc la solution de tannin d'un excès d'hydrate d'alumine (environ 2 à 3 fois le poids de tannin présumé), on laisse en contact durant 24 heures, puis on filtre à la trompe ; le précipité recueilli est ensuite lavé deux fois à l'eau. Les liquides clairs qui passent sont concentrés et ramenés au volume primitif. On en prélève une portion déterminée et on l'évapore ; on sèche à 100° C le résidu et on le pèse. En soustrayant le poids ainsi obtenu du poids du résidu provenant de l'évaporation à sec du même volume de liquide primitif, on a le poids de tannin contenu dans la prise d'essai.

Lorsqu'on opère avec l'oxyde anhydre provenant de l'hydrate calciné au rouge et qui porte le nom de tannalithe, on procède d'une façon analogue, mais, dans ce cas, c'est le précipité formé qui, après avoir été débarrassé par un lavage soigneux des substances étrangères qu'il peut retenir superficiellement, est séché à 100° C, puis pesé. On le calcine ensuite et on pèse à nouveau. La différence des deux pesées correspond au poids de tannin fixé.

Voici maintenant la modification apportée au procédé par Kohn-Abrest.

On mesure 100cmc d'une solution, qui doit contenir de 0,5 à 1 % de tannin, et on y plonge une lame d'aluminium épaisse de 1 millimètre, pesant à peu près 3 gr. et qu'on a activée en l'immergeant durant 3 minutes dans une solution aqueuse de bichlorure de mercure à 1 % après quoi on l'a rincée à l'eau. Le contact doit durer jusqu'à ce que tout le tannin ait été précipité, ce qu'on reconnaît à ce que le liquide épuisé ne donne plus de coloration avec le perchlorure de fer. Après 4 à 5 heures environ, la précipitation est finie, si elle se fait dans un liquide en repos ; elle est bien plus rapide si on l'effectue au sein d'un liquide en mouvement. Au contact de l'aluminium amalgamé, il se dégage naturellement des bulles d'hydrogène. Si ce dégagement venait à cesser avant que la précipitation soit complète, il faudrait retirer la lame et, après l'avoir rincée, l'activer à nouveau par trempage dans le bichlorure de mercure.

Une fois la précipitation du tannin terminée, on évapore une portion de la solution et l'on termine comme dans le procédé de Wislicenius.

La méthode, telle qu'elle vient d'être décrite, donne déjà de très bons résultats. On peut encore augmenter sa précision, en tenant compte des petites quantités d'alumine (quelques milligrammes) qui, au cours de l'opération, se dissolvent dans la solution. Pour cela, lorsque les deux prises d'essai de liquide primitif et épuisé auront été évaporées et que les deux résidus auront été pesés, on calcinera ces deux résidus et on en pèsera les cendres ; on trouvera que les cendres du liquide épuisé sont un peu plus lourdes que celles du liquide primitif. On retranchera l'excès de quelques milligrammes, ainsi déterminé, du poids de l'extrait sec à 100° du liquide épuisé et on fera le calcul sur cette nouvelle base.

M. B.

MINES

Le contrôle du lavage du charbon.

Les compagnies minières rencontrent souvent, dans leur exploitation, des veines pour lesquelles le lavage paraît absolument nécessaire(1). Il importe, néanmoins, avant de faire les dépenses parfois considérables d'installations de lavoir, d'être fixé sur les résultats pratiques qu'on pourra obtenir et de connaître, avec une approximation suffisante, les rendements sur lesquels on devra compter. Les essais en grand, faits dans un lavoir existant déjà, nécessitent des frais assez élevés de main-d'œuvre, sont souvent très gênants, et finalement ne donnent que des résultats approximatifs. Il était donc intéressant de chercher les méthodes de laboratoire d'une application commode et susceptibles de donner des indications suffisamment précises. Il est relativement facile de connaître, au moyen d'une série d'essais, la décomposition du charbon suivant les grosseurs, ainsi que les densités des divers

(1) *Bibliographie*: R.-A. Henry : Le lavage des charbons, *Congrès International des Mines*, Liège 1905, Section des mines, tome II, fascicule II, p. 451.

S. Hanappe : Préparation des charbons, cendrées, minerais, etc., 1910.

H. Reinhardt : Charaktéristik der Feinkohlen und ihrer Aufbereitung mit Rücksicht auf das groszte Ausbringen, *Glückauf*, février 1911, nos 6 et 7.

F. Blanc : Étude analytique et comparative des charbons, 1909.

Digitized by Google

constituants du charbon brut. Il est important et plus difficile de prévoir les rendements en charbon lavé aux diverses teneurs en cendres, de déterminer le mode de lavage le plus avantageux, d'être fixé sur l'utilité du relavage des mixtes, en un mot, de prévoir la marche la plus économique du lavoir. Il faut noter également que, le lavoir une fois en route, il importe de contrôler les résultats obtenus et de vérifier qu'ils correspondent bien aux chiffres indiqués par les essais de laboratoire ; ces essais doivent d'ailleurs être renouvelés fréquemment, le charbon envoyé au lavoir pouvant varier d'une manière très sensible.

Nous ne ferons que signaler la méthode indiquée par M. Charvet (1). Les résultats sont traduits par des courbes dans l'espace qui sont d'une application délicate.

Nous exposerons la méthode proposée par M. Henry et reprise par M. Hanappe, directeur de la maison Beer. Cette méthode, basée sur l'équivalence, est simple et facile, et donne des résultats qui correspondent en général d'une manière exacte avec ceux de la pratique. Nous terminerons par l'exposé d'une méthode de contrôle, basée sur l'emploi de liquides de densités croissantes et utilisée assez souvent en Belgique et en Allemagne. Nous l'appellerons la méthode des densités.

I. *Méthode de l'équivalence.* — Un tuyau d'environ 80 mm de diamètre intérieur et de 250 mm de longueur est fermé, à l'une de ses extrémités, par une tôle perforée que deux tiges permettent de faire coulisser dans le tuyau. Les trous de la tôle de fond sont en rapport avec les dimensions des charbons essayés ; en pratique, il suffit d'un jeu de trois tôles à trous de 1,4 et 8 mm.

Un échantillon d'environ 200 gr de charbon, bien tamisé, étant placé sur la tôle de fond, on enfonce brusquement le tuyau dans l'eau d'un seau. Le charbon est soulevé et retombe par son propre poids, les schistes tombant plus rapidement que les morceaux de charbon pur. On répète une trentaine de fois la même opération, de manière à imiter les secousses que subit le charbon dans l'eau d'une caisse à laver. On obtient ainsi un classement aussi parfait que possible : le charbon sale introduit dans le tuyau est classé en couches superposées, de densités croissantes, donc en général de teneurs en cendres croissantes (2).

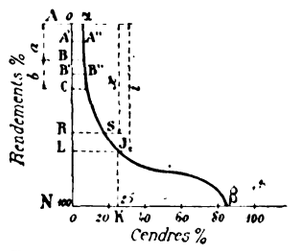


Fig. 1. — Courbe fondamentale.

On relève alors la tôle de fond au moyen des deux tiges, de manière à faire sortir du tuyau une couche d'environ 1 cm qu'on recueille soigneusement, qu'on sèche, qu'on pèse et dont on détermine la teneur en cendres On continue à fragmenter la colonne de charbon en couches horizontales qu'on traite de la même manière que la première. Soient P le poids de l'échantillon et A, B, C,... M les poids des tranches obtenues. On a :

$$P = A + B + C + \ldots + M$$

Pour plus de commodité, ramenons ces nombres à un pourcentage :

$$100 = a + b + c + \ldots + m.$$

Sur un axe vertical, portons à une échelle déterminée (fig. 1) des longueurs AB = a, BC = b, etc. Nous obtenons ainsi une représentation du lit de lavage décomposé en tranches dont nous connaissons les poids et les teneurs en cendres. Par les milieux A', B', C'... de chacune des divisions, portons des horizontales A'A", B'B", etc., représentant, à une échelle déterminée, les teneurs en cendres des couches. En joignant les points A", B", C", etc., ainsi construits, on obtient une courbe $\alpha\beta$, qui donne la teneur en cendres d'une couche élémentaire en fonction du poids des couches qui lui sont superposées. Dans la pratique, il est bon de faire sur le même charbon plusieurs essais, de construire les différents points A", B", etc., de manière à pouvoir tracer une courbe $\alpha\beta$ qui représente les résultats moyens des essais. Le poids AN = 100 °/₀ peut être divisé en deux fractions : AR = x °/₀ et RN = (100 — x) °/₀. La fraction x renferme tous les morceaux ayant une teneur en cendres inférieure à RS ; la fraction (100 — x) renferme tous les morceaux ayant plus de RS de cendres.

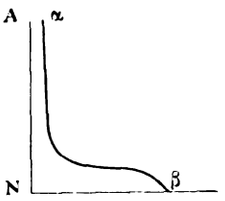


Fig. 2. — Courbe relative à un charbon facile à laver.

Cette première courbe $\alpha\beta$ permet donc, dans certains cas, de prévoir le rendement du lavage ; pour les produits de choix, noisettes ou têtes de moineaux, on veut que le charbon lavé ne renferme aucune impureté, par exemple, des barrés à 25 °/₀ de cendres. En portant NK = 25, on trouve le point J et par suite le point L. Le rendement en lavé sera AL = i °/₀ et la perte en schistes : LN = (100 — i) °/₀.

La courbe $\alpha\beta$ suffit pour caractériser le charbon étudié ; un charbon facile à laver, renfermant du charbon pur et des schistes purs, a une courbe analogue à celle de la figure 2, comprenant une partie sensiblement verticale et une partie oblique se rapprochant de l'horizontale. Un charbon qui renferme des barrés, qui est donc difficile à laver, présente une courbe s'éloignant progressivement de l'axe AN (fig. 3).

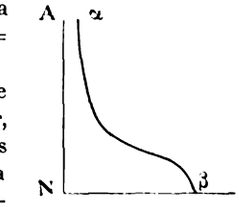


Fig. 3. — Courbe relative à un charbon difficile à laver.

En général, on s'impose dans le lavage une *teneur moyenne* en cendres ; par exemple, des fines lavées 5-13 peuvent renfermer des mixtes à 40 °/₀ de cendres, pourvu que la teneur moyenne ne dépasse pas 8 °/₀. La courbe $\alpha\beta$ va permettre de construire une nouvelle courbe donnant le rendement en fonction de la teneur moyenne en cendres.

Divisons AN en 10 parties égales (fig. 4) et supposons le lit de lavage divisé de la même manière.

La première couche a une teneur moyenne en cendres de aa', la deuxième de bb', etc. Par le point de division 10, portons une longueur 10 a_1 = aa'. Ceci représente qu'en lavant à une teneur en cendres de 10 a_1, le rendement en charbon lavé sera de 10 °/₀.

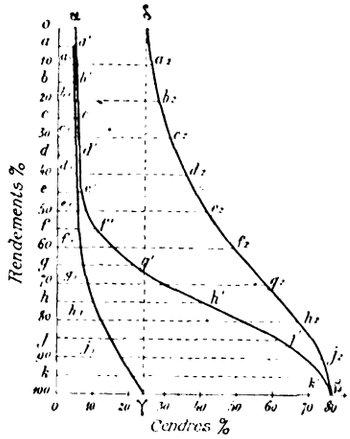


Fig. 4 — Construction des courbes caractéristiques pour l'étude d'un charbon.

Supposons que nous voulions obtenir un rendement de 20 °/₀ ; il faudra prendre une couche à aa' °/₀ de cendres et une couche de poids égal, ayant bb' °/₀ de cendres. Portons par le point 20 une longueur :

$$20\ b' = \frac{aa' + bb'}{2}$$

Pour un rendement de 70 °/₀, nous aurons une teneur moyenne en cendres égale à :

$$70\ g_1 = \frac{aa' + bb' + \ldots + gg'}{7}$$

(1) Considérations sur le lavage des charbons, *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 4e série, tome II, 2e livraison, 1903.

(2) Certains charbons renferment en proportions notables de la pyrite de fer, qui s'oxyde lors de l'incinération et donne un poids de cendres inférieur à celui qu'on pouvait prévoir en se basant sur la densité.

Digitized by Google

Finalement, pour un rendement de 100 °/₀ :

$$100\,\gamma = \frac{aa' + bb' + \ldots + kk'}{10}$$

Il faut noter, comme vérification, que le point γ est connu : prendre pour le lavé un rendement de 100 °/₀ revient à considérer comme lavé tout le charbon brut. N γ est donc la teneur en cendres du charbon brut qu'on peut déterminer par un essai préliminaire.

La courbe $\alpha\gamma$ obtenue en joignant les points $a_1, b_1 \ldots, j_{11}$ donne donc le rendement en charbon lavé pour une teneur en cendres déterminée et inversement.

De même, il est intéressant de connaître la teneur moyenne en cendres des schistes en fonction du rendement. La courbe relative aux schistes s'obtient de la même manière que la précédente. En faisant 10 °/₀ de schistes, la teneur moyenne des schistes est $90\ j_2 = KK'$.

Si on fait 20 °/₀ de schistes, la teneur moyenne sera :

$$80\ h_2 = \frac{kk' + jj'}{2}$$

etc.

Finalement, en faisant 100 °/₀ de schistes, la teneur moyenne en cendres est :

$$A\delta = \frac{kk' + jj' + \ldots + aa'}{10}$$

Comme vérification, les points γ et δ doivent se trouver sur la même verticale. Aδ représente la teneur en cendres des schistes pour un rendement en schistes de 100 °/₀; c'est donc, de même que Nγ, la teneur en cendres du charbon brut.

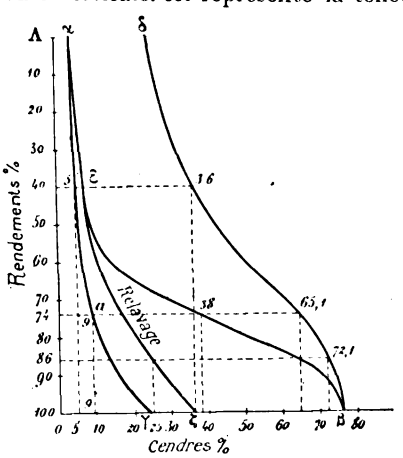


Fig. 5. — Courbes pour l'étude d'un charbon à laver.

Les trois courbes $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$, $\beta\delta$ ainsi obtenues, donnent sur le charbon étudié tous les renseignements dont on peut avoir besoin. Considérons en effet le charbon caractérisé par les courbes de la figure 5. On veut savoir par exemple quels seront les résultats donnés par un lavage à 9 °/₀ de cendres. Le rendement en lavé à 9 °/₀ est donné par le point a; il est de 74 °/₀; les schistes auront une teneur en cendres de 65,1 °/₀; enfin le lavé contiendra tous les morceaux à teneur inférieure à 38 °/₀.

Il est ainsi possible de prévoir les résultats que donnera le lavage d'un charbon déterminé et de vérifier qu'un lavoir en marche donne bien son maximum de rendement.

Comme exemple d'application, nous allons étudier le relavage des schistes donnés par un premier lavage, puis nous examinerons le problème de la réincorporation du poussier brut à des fines lavées.

Relavage. — On pratique en général le relavage des schistes de manière à récupérer, pour l'usage intérieur de la compagnie minière, tout le combustible sale qu'on peut encore utiliser dans les chaufferies. La teneur en cendres généralement adoptée pour ce combustible est d'environ 25 °/₀. Les courbes caractéristiques nous renseignent également sur l'utilité du relavage.

Dans le cas étudié précédemment d'un lavage à 9 °/₀ de cendres, nous avons vu que le lavé renfermait tous les morceaux à teneur inférieure à 38 °/₀. Il est donc inutile de chercher à récupérer un mixte à 25 °/₀ dans les schistes de premier lavage.

Supposons au contraire que, pour répondre à certains besoins spéciaux, fabrication de briquettes marines, par exemple, on doive laver beaucoup plus proprement : à 5 °/₀. Les courbes nous indiquent un rendement en lavé de 40 °/₀, une teneur en cendres des schistes de 36 °/₀, et la présence dans ces schistes de charbon à 7 °/₀. Le relavage devient alors intéressant.

Nous pouvons considérer les schistes comme un charbon brut, dont nous connaissons deux des courbes caractéristiques : $\alpha\beta$ et $\beta\delta$. Il est facile de construire la troisième courbe $\varepsilon\zeta$, analogue à $\alpha\gamma$. Le rendement en charbon à 25 °/₀ est de 86 — 40 = 46 °/₀; la teneur en cendres des schistes est de 72,1 °/₀.

Ceci nous permet de déterminer aisément le procédé de lavage le plus avantageux. Soient en effet :

a, le prix de vente des fines lavées à 9 °/₀
b, — — — 5 °/₀
c, — — des charbons de chaufferie à 25 °/₀.

Les deux procédés de lavage étudiés rapportent :

le premier : $74 \times a$;
le second : $40 \times b + 46 \times c$.

Il suffit de comparer ces deux quantités.

Addition de poussier brut au charbon lavé. — Dans les lavoirs modernes, on tend de plus en plus à éliminer à l'état brut le pulvérulent, le 0-1 par exemple, dont le lavage présente de graves difficultés et entraîne la formation de schlamms. Ce pulvérulent est réincorporé en tout ou en partie dans le charbon lavé. Pour faire par exemple des fines à coke 0-10, on lave le 1-10 et, après lavage et égouttage, on lui ajoute le 0-1 brut. Les courbes caractéristiques permettent d'étudier complètement le problème, de savoir si pour obtenir dans le mélange une teneur en cendres déterminée, il est possible d'ajouter tout le poussier et, dans ce cas, la teneur à laquelle on doit laver le charbon. Supposons en effet qu'on veuille faire des fines lavées avec un charbon composé de :

0-1, 25 °/₀ à 15 °/₀ de cendres ;
1-10, 75 °/₀ à 21 °/₀ de cendres.

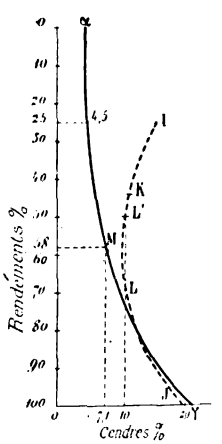


Fig. 6. — Courbes relatives à l'addition de poussier brut au charbon lavé.

Le 0-1 n'est pas lavé. La courbe des teneurs moyennes du lavé 1-10 est $\alpha\gamma$ (fig. 6).

Supposons le 1-10 lavé avec un rendement de 0 °/₀. On n'aura dans le 0-10 que les 25 parties de 0-1 à 15 °/₀ de cendres ; d'où un premier point de la courbe des mélanges : le point I de coordonnées 25 et 15. En lavant le 1-10 à 100 °/₀ de rendement, le mélange contient 25 °/₀ de 0-1 à 15 °/₀ et 75 °/₀ de 1-10 à 21 °/₀. La teneur moyenne est 19,5 °/₀ ; d'où le point J de coordonnées 100 et 19,5.

La courbe IJ se construit ainsi point par point. Supposons le 1-10 lavé à 25 °/₀ de rendement ; la courbe $\alpha\gamma$ indique une teneur en cendres de 4,5 °/₀. Le rendement du mélange est alors de

$$25 + 75 \times 0{,}25 = 43{,}75\ \%$$

et sa teneur en cendres :

$$\frac{25 \times 15 + 75 \times 0{,}25 \times 4{,}5}{43{,}75} = 10{,}5\ \%$$

d'où le point K de coordonnées 43,75 et 10,5.

La courbe I J une fois construite, nous voyons qu'elle ne coupe pas la verticale d'abscisse 8 ; il sera donc impossible, en réincorporant au lavé tout le poussier brut, d'obtenir des fines à moins de 8 °/₀ de cendres.

Cherchons la teneur à laquelle il faut laver le 1-10 pour que le mélange 0-10 ait 10 °/₀ de cendres. Ceci correspond à deux points L et L'. Le point L' correspond à l'addition de charbon très pur,

Digitized by Google

mais en très faible quantité. Nous considérerons plutôt le point L qui correspond à un rendement supérieur par l'emploi de charbon lavé moins proprement. Le point L indique un rendement de 69 °/₀ ; le poussier fournit déjà 25 °/₀; le lavé entre donc dans le mélange dans la proportion de 69-25=44 parties, ce qui implique un rendement de lavage de 44 : 75 = 0,58. Le point M de la courbe $\alpha\gamma$ correspondant au rendement de 58 °/₀ fournit la teneur en cendres : 7,1 °/₀ à obtenir pour le charbon lavé.

II. — *Méthode des densités.* — Le principe de la méthode consiste à immerger le charbon à étudier dans un liquide dont on peut, par mélange, faire varier la densité. On emploiera par exemple de l'acide sulfurique qui, par addition d'eau, donne une série de liquides dont les densités varient entre 1,85 et 1,15. Nous conseillerons de préférence l'emploi du tétrachlorure de carbone de densité 1,60, additionné de benzine de densité 0,89. Il est facile d'obtenir par mélange des liquides de densités de 1,2 à 1,6, qui présentent le grand avantage d'être extrêmement volatils ; ceci permet de réduire la durée des essais en abrégeant le temps nécessaire pour la dessiccation.

Supposons préparées les diverses solutions de densités 1,2 — 1,3 — 1,4 — 1,5 et 1,6. L'échantillon à étudier est versé dans la solution de densité 1,2 et se sépare en deux parties ; l'une qui surnage, l'autre qui plonge. On les recueille séparément, on pèse la partie légère et on détermine sa teneur en cendres. La partie lourde, après dessiccation, est versée dans la solution de densité 1,3. On opère comme pour le premier essai, et on continue ainsi jusqu'à séparation de l'échantillon en 6 fractions de densités et de teneurs en cendres croissantes. On peut alors construire une courbe analogue à la courbe $\alpha\beta$ de la méthode précédente.

Il importe néanmoins de remarquer qu'on n'obtient ainsi que des résultats approximatifs au point de vue du lavage. Tandis en effet que la méthode de l'équivalence tend à se rapprocher des conditions mêmes du lavage, la seconde méthode ne fait intervenir, dans le classement du charbon, que la densité sans tenir compte de la forme des grains. Les morceaux de schistes plats qui, grâce à leur forme, flottent dans la caisse à laver et sont entraînés avec le charbon, sont ici classés à la place qu'ils doivent occuper d'après leur teneur en cendres. La méthode indique ainsi la possibilité d'obtenir des charbons lavés à un degré de pureté qu'on ne pourra pas atteindre dans la pratique.

Si, à notre avis, cette méthode est dangereuse pour l'établissement des prévisions des résultats de lavage, elle peut être utile pour le contrôle d'une installation en activité, et c'est ainsi que nous l'avons parfois vu employer.

Il est possible, à la suite d'une longue série d'essais, de déterminer, pour un charbon donné, les densités maxima que doivent avoir les diverses catégories sortant du lavoir ; le charbon lavé doit, par exemple, avoir une densité inférieure à 1,4 et le charbon relavé, destiné aux chaufferies, ne doit pas dépasser 1,6. On vérifie alors que les schistes de premier lavage ne renferment aucun morceau flottant dans le liquide de densité 1,4. De même, les schistes relavés doivent tous plonger dans le liquide de densité 1,6.

Le contrôle du charbon de chaufferie est particulièrement intéressant et permet, en une seule opération, de vérifier la marche du lavoir. De ce que la teneur en cendres de ce charbon est normale, on ne peut conclure que le lavage est parfait ; un tel charbon peut en effet renfermer, outre les véritables intermédiaires, un mélange de bon charbon et de schistes ; c'est ce qu'il est facile de vérifier en utilisant les liquides de densités 1,4 et 1,6.

L'emploi des deux méthodes que nous venons d'exposer brièvement permet de contrôler à chaque instant la marche d'un lavoir par la comparaison des résultats obtenus avec ceux qu'indique la théorie.

On arrive ainsi à faire du lavage une véritable opération scientifique et à le tirer de l'empirisme où il est si longtemps resté.

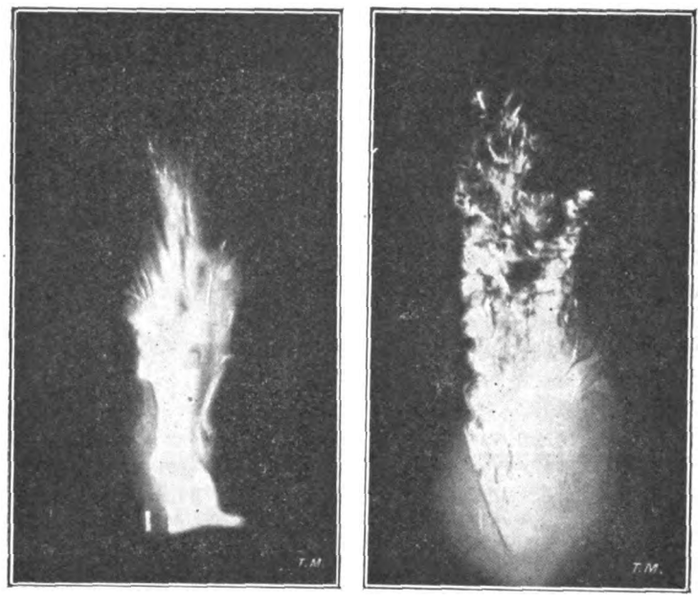
H. S.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Explosion d'un mélange d'air et de poussière de papier.

On sait que l'air et les matières organiques réduites en poussières forment des mélanges qui peuvent détoner au contact d'une flamme ou par une étincelle.

On a déjà enregistré des catastrophes, causées dans les mines, par la poussière de charbon, et des accidents très graves dus à des poussières de farine, de sucre, d'amidon, de fécule, de liège, etc... Dans ces industries, le danger étant connu, on a pris des précautions spéciales pour empêcher l'inflammation des mélanges



Réduction au 1/12 des flammes obtenues à la station d'essais de Liévin avec :

Fig. 1. — 1 gramme de poussière de papier.

Fig. 2. — 1 gramme de poussière de charbon de Liévin.

détonants qui existent. Il vient de se produire dans une fabrique de tubes en papier de Tourcoing, un grave accident causant la mort de deux hommes, montrant que là aussi, il y a lieu de prendre des mesures de sécurité. Dans cette usine, il se forme environ 100 kgs de poussière par jour. Des meules appelées *gratteuses* amincissent des bandes de papier, sur le bord, pour former un biseau permettant un bon collage, dans la fabrication du tube de papier. Chaque meule est recouverte en partie par un carter. Un collecteur souterrain aspire les poussières et les conduit dans une chambre à poussières.

Des filtres nombreux installés dans cette chambre arrêtent les poussières, et l'air s'échappe par deux cheminées.

Les filtres sont nettoyés tous les lundis, car l'air ne pourrait plus passer. En effet, la pression dans la chambre est de 7 à 8 mm après nettoyage. A la fin de la semaine, elle atteint 35 à 40 mm.

Le nettoyage se fait par battage des filtres et on procède à la mise en sac.

Dans cette opération, qui a lieu lorsque le ventilateur est arrêté, il se forme un brouillard 4 à 5 fois plus intense que celui qui existe lorsque l'air, chargé de poussière, arrive dans la chambre.

C'est en procédant à ce nettoyage qu'un accident s'est produit.

Digitized by Google

Les ouvriers avaient chacun une lanterne. Est-ce là la cause de l'explosion ? C'est fort possible. C'est la conclusion de l'expert.

Afin de savoir si les poussières de papier sont inflammables, et si elles forment, avec l'air, un mélange explosif, l'industriel a envoyé, à la station d'essais de Liévin, des échantillons moyens de poussières.

Les résultats furent les suivants :

A. — La poussière soufflée en nuage avec de l'air sur la flamme de l'inflammateur donne, pour 1 gramme de poussière, une flamme de 17 cm de longueur.

B. — Le degré d'inflammabilité de la poussière de papier (contenant en moyenne 17,35 % de cendres) est un peu inférieur à celui de charbon pur de Liévin (30 % de matières volatiles, 7 à 8 % de cendres, réduit en poussières passant au tamis 200).

Les fig. 1 et 2 donnent au 1/12 des photographies des flammes fournies.

Donc les expériences sont concluantes pour montrer que les poussières de papier sont inflammables et peuvent produire, avec une certaine proportion d'air, une explosion dans un endroit clos, au contact d'une flamme.

D'après des expériences faites, l'étincelle électrique n'a jamais produit l'inflammation d'un mélange de poussières de farine et d'air, qui est plus inflammable que le mélange d'air et de poussière de papier. Le contact d'une flamme est donc nécessaire.

Une première précaution à prendre est alors de se servir de lampes électriques à incandescence. Les lampes de mineur auraient l'inconvénient de s'obstruer par les poussières.

L'interdiction de fumer est évidente et existait d'ailleurs déjà dans cette usine.

Nous espérons ainsi, en signalant aux industriels les accidents possibles, qu'ils pourront prendre les mesures destinées à les éviter.

J. B.

TRAVAUX PUBLICS

Conditions économiques du travail à la pelle à vapeur.

Les pelles à vapeur sont très répandues, non seulement dans les travaux publics pour l'exécution des grands travaux de terrassements, mais aussi dans les installations minières, soit pour l'extraction directe du minerai, soit pour les manutentions dans les mises en tas; nous ne nous occuperons ici que de leur emploi dans les travaux publics.

Lorsque les travaux ont une importance justifiant l'acquisition d'un ou de plusieurs de ces engins, le choix du type à adopter et les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours des problèmes faciles à résoudre, et il nous a été donné de constater que si les résultats, dans certains cas, n'ont pas été en rapport avec les sacrifices consentis par les entrepreneurs, c'est qu'à la base il existait souvent un défaut capital dans la conception, qui a eu sa répercussion sur l'ensemble pendant toute la durée de l'exploitation. Nous voudrions, dans cette note succincte, mettre en relief les facteurs importants qui doivent être l'objet d'une étude approfondie de la part de l'entrepreneur, qui a le souci de mener à bien le travail qui lui a été confié et d'en retirer le bénéfice maximum.

Ces facteurs sont : 1° l'importance du travail ; 2° la configuration du terrain ; 3° la nature du sol ; 4° le matériel roulant et le matériel de voie destinés à desservir la pelle ; 6° la main-d'œuvre et la direction des travaux.

L'importance du travail fixera sur le nombre de pelles à mettre en service, la configuration du terrain sur le type à adopter, la nature du sol sur la puissance de l'engin et la capacité du godet. Le matériel roulant disponible, la puissance des locomotives de traction, le type de la voie sont des facteurs quelquefois primordiaux, car n'oublions pas que l'entrepreneur de travaux publics dispose presque toujours d'un matériel important qu'il est nécessaire d'utiliser à nouveau, ou profite souvent d'une occasion qui se présente, d'un lot de wagons, de locomotives, ou de voies usagés.

Enfin, un autre facteur devra être envisagé à l'avance, c'est le prix de revient possible du mètre cube de déblai eu égard au prix porté sur le devis estimatif. Si nous nous en rapportons à l'expérience des Américains, qui sont passés maîtres dans l'emploi de ces engins, nous nous rendrons compte, par la formule donnée plus loin, que l'impossibilité de déterminer par avance un certain nombre de termes de cette formule rend le problème extrêmement délicat ; il importe donc que le directeur des travaux soit véritablement un homme compétent, très au courant, non seulement des appareils, mais des méthodes de travail, et il devra également être d'un labeur infatigable, afin de parer à tous les aléas d'une importante exploitation.

La formule pouvant servir à l'établissement du prix de revient d'un travail à la pelle à vapeur est la suivante (1) :

Soient d le temps en minutes pour charger 1 m³ avec le godet ;
c la capacité en m³ d'un wagon ;
n le nombre de wagons dans chaque train ;
f le temps nécessaire au déplacement d'un wagon ;
e le temps nécessaire pour le remplacement d'un train plein par un train vide ;
g le temps nécessaire pour déplacer la pelle ;
L la distance parcourue par la pelle à chaque déplacement ;
N le nombre de déplacements de la pelle par jour ;
M le nombre de minutes de travail par jour, déduction faite du temps perdu par suite d'accidents ;
A la superficie de la section transversale excavée par la pelle en m².
C la dépense journalière en centimes sur la pelle, non compris les frais généraux.
R le coût par m³ de déblai sur wagon en centimes.

Le cube journalier sera LAN ;
Le temps pour charger 1 wagon sera dc.
Le temps de chargement d'un train $ndc + nf + e$.
Le nombre de trains pour un déplacement de pelle $\frac{LA}{nc}$.

Le temps compris entre le commencement d'un déplacement de la pelle et le suivant sera :

$$(ndc + nf + e)\frac{LA}{nc} + g$$

on aura donc :

$$N\left[(ndc + nf + e)\frac{LA}{nc} + g\right] = M$$

$$N = \frac{M}{\left(dc + f + \frac{e}{n}\right)\frac{LA}{c} + g.}$$

Les Américains en ont alors déduit la formule expérimentale :

$$R = \frac{27\ Cd}{M} + \frac{27\ C}{M}\left(\frac{f}{c} + \frac{e}{nc} + \frac{g}{LA}\right)$$

Cette formule représente une ligne droite, car en posant

$$m = \frac{27\ C}{M}$$

$$b = m\left(\frac{f}{c} + \frac{e}{nc} + \frac{g}{LA}\right)$$

(1) Cette formule est due à l'expérience du service de construction de la Bucyrus Steam Shovel Company de Milwaukee (U. S. A.). Elle a été extraite du *Handbook of Steam Shovel Work* édité par cette compagnie. Cet aide-mémoire contient un grand nombre de rapports sur l'exécution de travaux dans tous terrains, et de ce fait présente un intérêt incontestable.

Digitized by Google

il vient

$$R = md + b.$$

On remarquera que toutes les quantités entrant dans la composition de m et b sont constantes ou doivent être constantes dans une entreprise bien conduite. Le prix de revient est donc fonc-

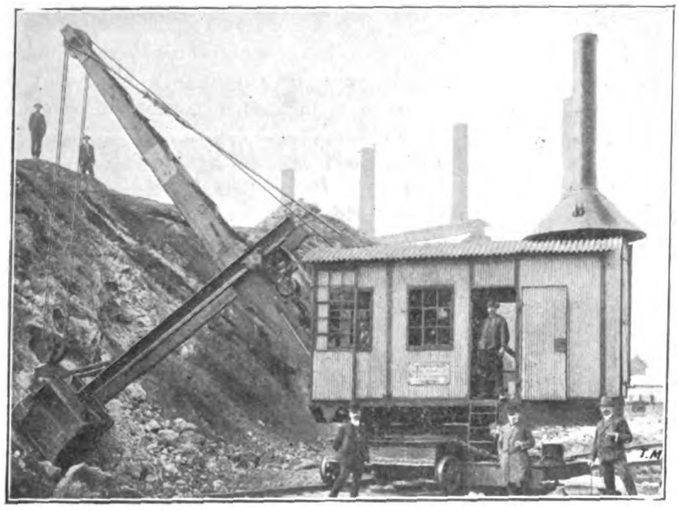


Fig. 1. — Pelle à vapeur à rotation totale.

tion linéaire du temps nécessaire au chargement de 1 m³ de déblai avec le godet.

On peut se rendre compte que les quantités entrant dans les constantes seront elles-mêmes variables pendant les premiers mois de travail, et que tous les efforts de la direction devront tendre, non seulement à les rendre constantes, mais encore minima ou maxima suivant leur nature.

Cette formule est une vivante expression de tout l'ensemble du travail de la pelle à vapeur et par cela même est fort intéressante.

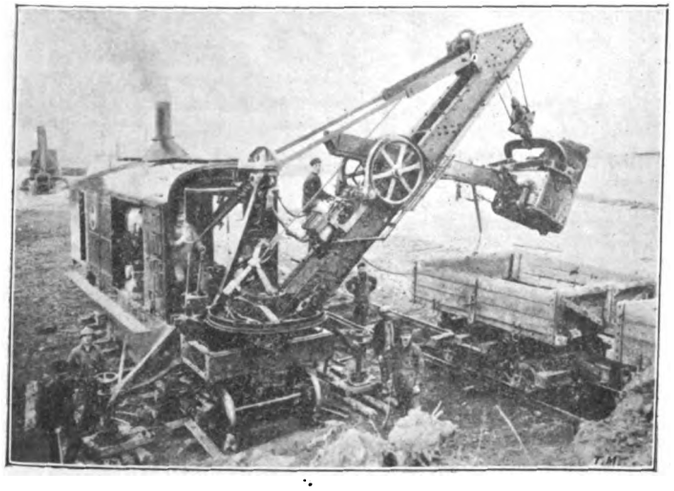


Fig. 2. — Pelle à vapeur américaine à rotation de flèche.

Choix de l'appareil. — Examinons maintenant très rapidement les différents types de pelles en faisant ressortir leurs avantages et leurs inconvénients.

Il n'existe que deux types de pelles à vapeur :

1° La pelle à rotation totale ;

2° La pelle américaine dont la flèche seule est mobile.

Le premier type (fig. 1), le plus connu en France, est exactement semblable comme mouvement à une grue, dont la flèche serait munie d'un bras coulissant portant un godet ; elle peut effectuer un tour complet. Le deuxième type surtout employé en Amérique (fig. 2) est essentiellement différent ; la flèche seule est mobile, tandis que tout le mécanisme, machine et chaudière, est monté sur un chariot roulant généralement sur voie normale. La rotation est limitée à 260°.

La puissance d'une pelle est déterminée par l'effort au crochet. Les pelles à vapeur de 8 t à 15 t sont généralement à rotation totale, pour les puissances variant de 15 t à 30 t, les deux types se construisent, lequel adopter ? Lorsqu'il s'agit d'un travail dans un emplacement restreint, par exemple l'enlèvement d'une butte, la pelle à rotation totale présente un avantage incontestable ; on peut, en effet, placer une voie derrière l'appareil, ce qui permet d'avoir au moins trois voies de chargement avec les deux voies placées de chaque côté de l'engin.

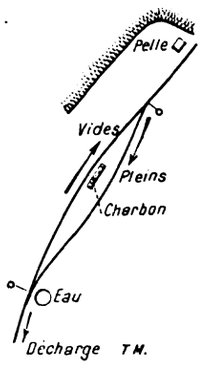


Fig. 3. — Disposition de la voie desservant une seule pelle à vapeur.

Dans l'exécution d'une grande tranchée en terrain dur, permettant l'emploi de pelles devant donner des efforts au crochet de 25 à 30 t, les appareils américains présentent de nombreux avantages. En premier lieu, la masse mise en mouvement est moins considérable ; le travail se fait alors plus rapidement ; en second lieu, les appareils, de cette puissance, à rotation totale, sont établis sur voie de 2m,60 ou de 2m,90 de largeur, et posée sur traverses jointives, tandis que les pelles américaines roulent sur voie normale. Le chariot contenant le treuil et la chaudière a 9 m de longueur en général, ce qui présente plus de garanties au point de vue de la stabilité longitudinale ; la stabilité transversale est assurée par des vérins facilement relevables au moment du transport.

De gros efforts ont été faits en Allemagne et en Angleterre pour perfectionner les pelles à vapeur au point de vue mécanique.

Ces engins sont maintenant munis de trois moteurs, un pour le levage, un pour l'orientation, et un pour la manœuvre du bras de godet : ce dernier moteur est placé sur la flèche ; les chaudières possèdent des surchauffeurs et réchauffeurs d'eau d'alimentation. La course du godet est de 3m,70, ce qui porte à 9m,50 la portée maximum de la pelle, comptée depuis l'axe du pivot jusqu'au point le plus éloigné de déversement. Les godets sont munis de portes freinées ou de portes coulissantes permettant de diminuer le choc du déblai sur le fond des wagons de déchargement.

Les Américains ont étudié depuis longtemps tous ces perfectionnements ; ils les ont considérés la plupart comme inutiles ; leurs pelles ont 2 moteurs, un pour le levage et l'orientation de la flèche, et un pour la manœuvre du bras de godet placé également sur la flèche ; la portée est plus faible que dans les pelles à rotation totale, car ils ont limité à 3 m la portée du bras de godet ; la chaudière est une chaudière de locomotive, mais, attendu que le charbon est très bon marché en Amérique, il n'y a aucun surchauffeur ; enfin les godets sont munis uniquement d'une porte battante s'ouvrant par déclic. Un conducteur habile peut, en effet, décharger un godet à déclic sans choc. Le fond du godet vient reposer sur la paroi latérale du wagon, et le conducteur donne un léger mouvement d'ascension au godet en même temps que l'ouvrier chargé de la manœuvre du bras de godet, déclanche le verrou de fermeture ; de cette façon, le déblai glisse dans le wagon et tombe sans endommager le fond du wagon.

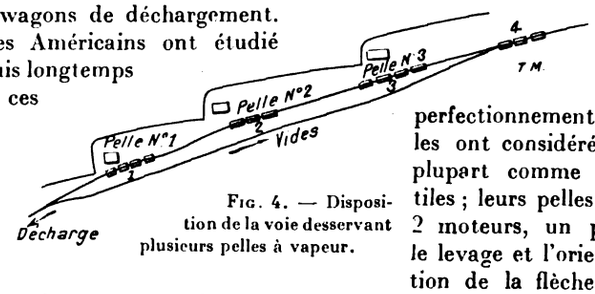


Fig. 4. — Disposition de la voie desservant plusieurs pelles à vapeur.

Digitized by Google

Enfin, une distinction caractéristique existe entre les pelles allemandes et anglaises et les pelles américaines ; alors que les premières ont des flèches entièrement métalliques, toutes les pelles américaines ont des flèches en bois armé, qui présentent une élasticité plus grande au moment où le godet entre dans le sol, et cette élasticité permet d'amortir dans une certaine mesure le choc qui se produit.

En résumé, la pelle américaine pourra être employée avantageusement chaque fois qu'il n'y aura pas impossibilité à placer les voies latéralement à la pelle.

Plus la disposition des voies sera simple, meilleur sera le résultat ; la figure 3 donne une disposition très employée.

Lorsque plusieurs pelles travaillent simultanément, une disposition de voie assez élégante est représentée sur la figure 4 ; elle a été appliquée avec succès aux travaux du Canal de Panama.

Lorsque le train 1 est plein, il part à la décharge, le train 2 avance immédiatement pour prendre sa place et il est fini de remplir par la pelle n° 1 ; le train 3 vient remplacer le train 2 et le train 4 vide vient prendre la place du train 3 ; une seule voie suffit ainsi pour assurer le service avec une demi-lune pour le retour des trains vides.

Chaque cas particulier amènera une disposition de voie spéciale, mais l'entrepreneur devra toujours s'attacher à ce qu'elle soit le plus simple possible.

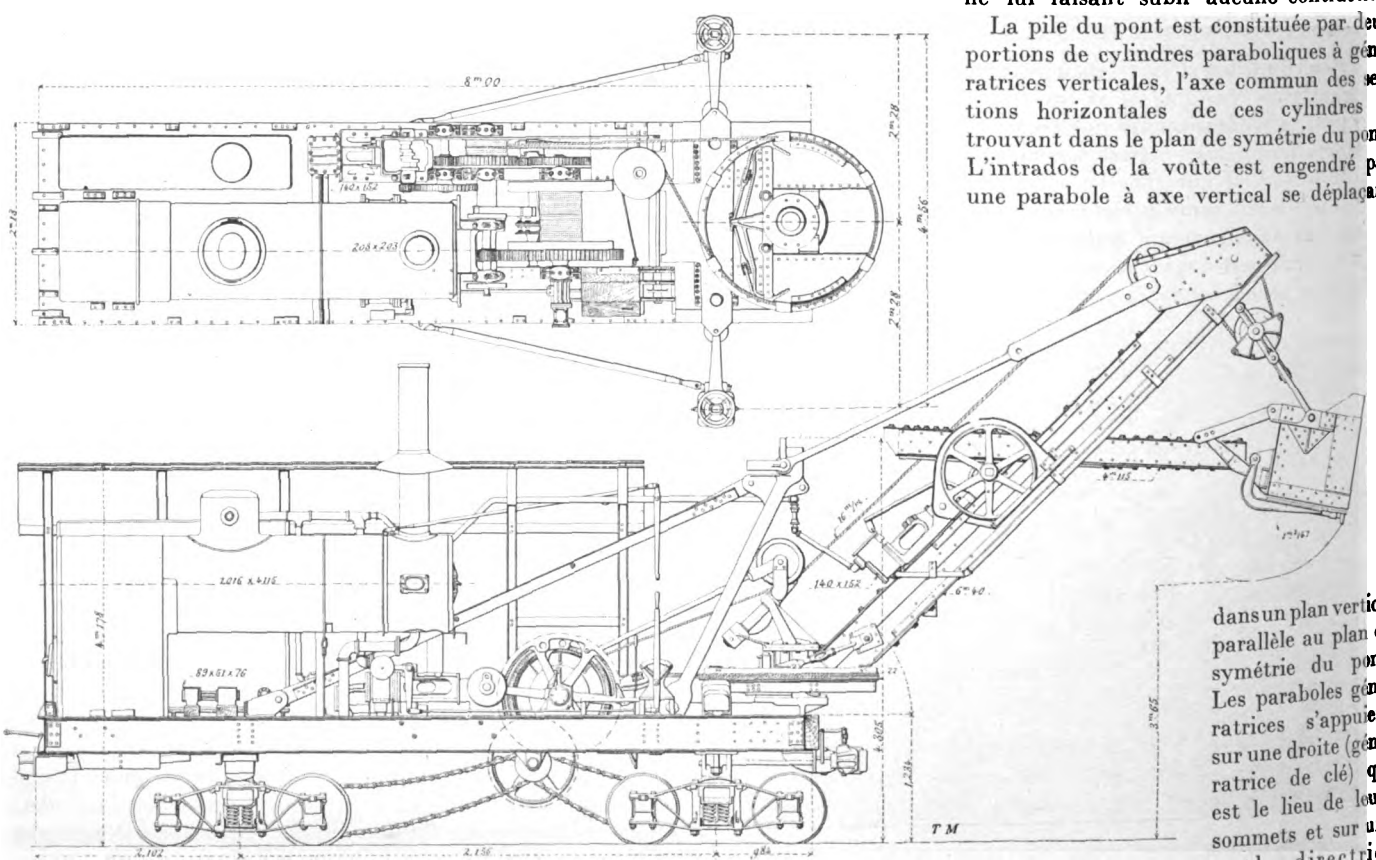


FIG. 5. — Pelle à vapeur système Bucyrus de 18 tonnes d'effort au crochet.

La nature du sol fixera sur le choix de la puissance à donner à la pelle, ainsi que sur la capacité du godet.

Pour un travail important, dans un terrain mou, une pelle de 15 à 20 t d'effort au crochet avec un godet de 2 à 3 m³ sera convenable ; lorsque le terrain sera constitué par de l'argile dure ou de la roche, les pelles devront avoir au moins 25 à 30 t d'effort au crochet, avec des godets de 2 m³.

Dans le cas de la roche dynamitée, on peut être amené par l'expérience à réduire la capacité du godet à 1m³,50. Il importera de surveiller très attentivement le chargement de trous de mines, de façon à obtenir une roche bien débitée et facile à charger. Cette question est très importante si l'on ne veut pas voir diminuer dans de larges proportions le débit de la pelle.

Enfin, toutes les considérations précédentes devront être mises en harmonie avec la quantité et le type des wagons disponibles. Les wagons peuvent avoir en général de 3 m³ à 7 m³ de capacité ; il faut avoir soin de veiller à ce que ces wagons se déchargent facilement : tout temps perdu à la décharge a une répercussion immédiate sur le rendement de la pelle, ou sur le prix de revient si l'on est obligé d'augmenter outre mesure le nombre de wagons et de locomotives.

H. VILLETARD.
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Un nouveau type de pont en maçonnerie.

Le mouvement tourbillonnaire produit par les eaux au passage d'un pont, crée, en amont, des perturbations dans le régime d'un fleuve. Celles-ci sont souvent très importantes, surtout lorsque le plan d'eau est relevé d'une façon sensible.

M. Moreau, Ingénieur des Ponts et Chaussées (1), s'est proposé d'établir un pont où les eaux ne rencontrent que des surfaces très obliques par rapport à la direction du courant. La courbure de ces surfaces varie régulièrement et la veine liquide passe, somme toute dans un ajutage convergent-divergent ne lui faisant subir aucune contraction.

La pile du pont est constituée par deux portions de cylindres paraboliques à génératrices verticales, l'axe commun des sections horizontales de ces cylindres se trouvant dans le plan de symétrie du pont. L'intrados de la voûte est engendré par une parabole à axe vertical se déplaçant dans un plan vertical parallèle au plan de symétrie du pont. Les paraboles génératrices s'appuient sur une droite (génératrice de clé) qui est le lieu de leurs sommets et sur une courbe directrice tracée sur la pile.

Il est intéressant de se rendre compte de l'influence qu'aurait eue un pont, conçu dans cet esprit, sur le régime de la Seine pendant les grandes crues de janvier 1910. Les calculs auxquels s'est livré l'auteur montrent qu'au Pont Royal le remous aurait diminué de moitié. Si l'on veut bien considérer que les ponts sont très rapprochés dans la traversée de Paris, il en résulterait que, les effets se cumulant, le désastre eût été amoindri dans une très large mesure.

H. V.

(1) *Nouvelles annales de la Construction*, juillet 1913.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

La résistance de l'air sur des sphères en chute. — Le Dr G. A. Shakespeare a fait des expériences, dans une tour de l'édifice de l'Université de Edgboston, pour déterminer électriquement le temps de chute d'une sphère creuse en celluloïd de 3 cm,7 de diamètre, pour différentes hauteurs et des poids différents de la sphère. On peut déterminer la résistance de l'air, en la supposant égale au poids de la sphère, lorsque la vitesse limite est atteinte. Une deuxième série d'expériences, faites avec des sphères de 2 à 7,5 cm, montre que si la résistance est $R = KSV^2$, où S est la surface du grand cercle en centimètres carrés et V la vitesse en centimètres par seconde, la valeur de K diminue lorsque la vitesse et le diamètre diminuent. Elle passe de $2,85.\ 10^{-4}$ grammes par centimètre cube à $2,58.\ 10^{-4}$, lorsque les diamètres diminuent de 7,5 à 2 cm, pour une vitesse de 1030 cm/s. Elle passe de $2,66.\ 10^{-4}$ à $2,50.\ 10^{-4}$ lorsque la vitesse décroît de 1320 à 850 cm/s, pour le diamètre de 3,70 cm.

(Communication du Dr *G. A. Shakespeare,* British Association, septembre 1913.)

CHIMIE

Electrolyse des solutions de cyanures. — Le traitement des minerais réfractaires d'or et d'argent par procédé aux cyanures est de plus en plus général ; cependant, on constate encore de nombreuses lacunes dans l'étude scientifique de cette méthode et particulièrement des procédés d'électrolyse à y appliquer ; la question a beaucoup d'intérêt pratique ; l'école des mines de l'université de Columbia l'a mise à l'étude.

(Communication de MM. *E. F. Kein, G. H. Clevenger,* W. *L. Hall.,* American Electrochemical Institute, Denver, septembre 1913.)

Les acides saturés de l'huile de lin. — M. Haller a le premier observé la présence de l'acide stéarique dans l'huile de lin. Quand on chauffe celle-ci en présence d'oxyde de plomb, il se sépare au refroidissement une partie solide, dont la quantité augmente si l'on ajoute du pétrole ou de la térébenthine.

Les sels de plomb ainsi obtenus sont fournis par les acides stéarique et palmitique et une trace d'acide oléique qu'il est très difficile de séparer. Il est intéressant de constater la présence de deux acides saturés (les deux premiers), concurremment avec les acides linoléique, linolique et oléique non saturés.

(Communication du Dr *R. S. Morrell,* British Association, septembre 1913.)

Les syntanes, nouvelles matières tannantes artificielles. — Ce sont des produits de condensation obtenus soit en chauffant les phénols avec la formaldéhyde en solution légèrement acide et en rendant solubles par l'acide sulfurique les produits résineux formés, soit en sulfurant les phénols et en les condensant avec la formalhéhyde dans des conditions telles que seuls des produits solubles dans l'eau soient formés. Les syntanes ressemblent aux extraits tannants végétaux de couleur claire. L'un d'eux le néradol D actuellement mis dans le commerce par la Badische Anilin und Soda Fabrik produit un cuir doux de couleur blanche à fibre très solide. On peut combiner le tannage au néradol avec le tannage végétal ou le tannage au chrome.

(Communication de M. *Z. Stiasny,* Society of Chemical Industry, section du Yorkshire, 5 mai 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Progrès dans la fabrication des lampes à incandescence. — Depuis 1908, la robustesse des lampes à fil de tungstène a augmenté de plus de 300 % ; on peut ainsi faire fonctionner ces lampes avec des rendements supérieurs sans nuire à leur durabilité ; les vapeurs chimiques que l'on introduit dans les ampoules évitent le noircissement ; elles diminuent les dimensions d'ampoule nécessaire et réduisent ainsi le prix des lampes ; la variété de formes possibles a été augmentée par l'adoption des fils enroulés en spirale ou hélice ; on a aussi réalisé des lampes tubulaires et des lampes à concentration, qui donnent d'excellents résultats pour certaines applications (éclairage des étalages, des projecteurs, etc.) ; ces types simplifient la confection des réflecteurs ; ils se prêtent à des applications nouvelles du plus haut intérêt.

(Communication de MM. *Harrison* et *Edwards,* Illuminating Engineering Society, Pittsburgh, Pa., septembre 1913.)

La lampe au tungstène. — On arrive actuellement à faire fonctionner des lampes au tungstène sur des circuits à 110 volts avec une consommation de 0,9 w, sans que, après 900 heures, la consommation augmente de 1 % ; des lampes de 400 watts, fonctionnant avec un rendement de 1,01 watt, ont pu brûler 6 000 heures ; on s'attache actuellement à faire en sorte que la durée commerciale soit uniformément de 1 000 heures, et l'on règle les rendements en conséquence ; la fabrication des lampes est actuellement d'une précision extraordinaire, au point que les différences lumineuses d'intensité, que l'on constate entre les lampes d'une même fabrication, sont comprises dans les limites d'erreur des appareils photométriques. Les lampes de 0,5 watt par bougie que l'on réalise aujourd'hui sont des lampes à azote ; l'azote refroidit le fil par conduction ; il est particulièrement avantageux s'il s'agit de construire des lampes de grande puissance ; on a établi des lampes de ce genre donnant 500 bougies et même 5 000 bougies et l'on pourrait facilement en construire de 10 000 bougies, si le besoin s'en faisait sentir.

(Communication de M. *Howell,* Illuminating Engineering Society, Pittsburgh, Pa, septembre 1913.)

Fils de connexion pour lampes à incandescence. — L'effet réfrigérateur des fils de connexion sur le fil éclairant dépend principalement de la résistivité calorifique de ces fils, de la partie refroidie du filament, de la température maximum de celui-ci et de son diamètre.

(Communication de M. *T. H. Amrine,* Illuminating Engineering Society, Pittsburgh, Pa, septembre 1913.)

La lampe au Néon (1). — Les propriétés du néon sont remarquables : son spectre est excellent ; malheureusement il est très sensible à l'influence des gaz étrangers, qui en annihilent les qualités ; on peut absorber ces gaz au moyen de charbon de bois refroidi par l'air liquide. La lampe au néon est beaucoup plus efficace que la lampe à azote de Moore ; la tension qu'elle demande est trois fois moindre que celle requise par la lampe Moore ; un tube de 6 m de longueur demande une tension de 800 volts ; il fournit 200 bougies par mètre, au lieu de 60, et sa consommation spécifique est de 0,6 w par bougie au lieu de 1,7. Comme la lumière donnée par la lampe au néon est trop rouge, on la complète en y adjoignant celle de lampes à arc de mercure ; le rendement global est de 0,8 à 0,9 w par bougie ; on peut aussi introduire des gaz étrangers dans le tube.

(Communication de M. *Claude,* Illuminating Engineering Society Pittsburgh, Pa, septembre 1913.)

Production de la lumière. — L'étude théorique de la production de la lumière montre que le but doit être de faire application du rayonnement sélectif ; à moins que l'on ne découvre une substance qui présente ce phénomène à l'état solide, le rendement de l'arc électrique doit être supérieur à celui de la lampe à incandescence ; l'arc-flamme, l'arc métallique et les autres arcs à vapeur conductrices éclairantes sont encore dans la première période de leur développement ; ils sont certainement appelés à un grand avenir.

(Communication de M. W. *A. Darrah,* Illuminating Engineering Society, Pittsburgh, Pa, septembre 1913.)

L'éclairage des voitures de tramways. — L'emploi des lampes à fil de carbone pour l'éclairage des voitures de tramway devrait être abandonné ; des lampes à fil de tungstène donneraient de bien meilleurs résultats ; employées avec de bons réflecteurs, elles permettraient de donner 80 % de lumière en plus, avec une consommation d'énergie de 50 % moindre ; on utiliserait des réflecteurs-écrans, qui supprimeraient l'éclat désagréable des installations actuelles.

(Communication de M. *S. G. Hibben,* Illuminating Engineering Society, Pittsburgh, Pa, septembre 1913.)

(1) Voir *La Technique Moderne,* t. III, n° 7 (juillet 1911), p. 430.

Digitized by Google

Les contacts entre conducteurs électriques. — Quand un courant électrique passe à travers un contact imparfait, la relation entre la force électromotrice appliquée et le courant qui passe, n'est pas linéaire. Les actions calorifiques, qui sont particulièrement fortes entre les corps mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, surfaces oxydées de métaux ou oxydes et sulfures natures, jouent un rôle important. Il faut aussi considérer les effets Joule, Thomson, Peltier. Si les deux corps sont identiques, il n'y a pas d'action électrique et la courbe $\frac{E}{C}$ sera influencée surtout par la variation de résistivité due à la chaleur.

Si les corps sont différents, il y aura des forces thermo-électriques qui prédomineront. Si les résistances passives dans le circuit sont faibles, une partie de la courbe a un coefficient rectangulaire négatif (courbe I, fig. 1). Si les résistances sont importantes, cette partie se rapproche plus ou moins de la verticale (courbe II). Quand des ondes électriques sont reçues dans un circuit à faibles résistances, tel que le premier, la valeur du courant croît d'une manière transcendante depuis la valeur locale atteinte pour E_1, jusqu'à une valeur A, et pour retrouver les conditions premières, le circuit doit être interrompu momentanément ou bien la force électromotrice réduite. Dans le cas de II, le cohéreur se rétablit de lui-même. L'existence de la partie renversée de la courbe I peut être mise en évidence en connectant un condensateur et un circuit d'induction en dérivation avec le contact. Les oscillations engendrées dans la dérivation par un courant continu, à travers le contact, peuvent être perçues dans un téléphone relié aux bornes de la bobine, et on peut jouer des airs simples, en faisant varier la capacité du condensateur.

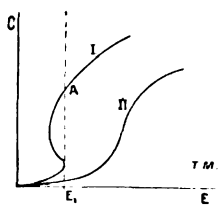


FIG. 1.

(Communication du Dr *Eccles*, British Association, septembre 1913.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Récents progrès du chauffage au gaz. — A l'origine, les poêles à gaz étaient construits de façon à imiter les feux de charbon : une rangée de becs Bunsen était disposée à la partie inférieure et la flamme chauffait des bouquets de fils d'amiante. Pour diminuer les pertes de chaleur qui étaient considérables, on ménageait dans le poêle des chambres ou de longs tuyaux, mais les courants de convection, qui prenaient naissance dans ces chambres, desséchaient et viciaient l'air de la pièce, ce qui fit beaucoup de tort aux poêles à gaz.

L'auteur changea complètement la forme de ces appareils : il réduisit beaucoup la profondeur de la chambre de convection et entoura la flamme de chaque bec d'une colonne creuse en terre réfractaire formant radiateur, mais ne touchant pas le cône intérieur de la flamme. Une combustion parfaite fut ainsi réalisée ; la chaleur rayonnante étant absorbée par les murs, la pièce se chauffe complètement.

Depuis 1907, on a mesuré l'énergie rayonnante par la méthode de Bone et Stroud, appliquée à l'université de Leeds, au moyen d'un calorimètre à radiation et d'une pile thermo-électrique. La détermination fut difficile, car chaque appareil, seul, était insuffisant. L'énergie rayonnante était passée de 30 à 48, 50 et même 55 % de la chaleur nette produite par la combustion du gaz.

On donna aussi de plus grandes dimensions aux poêles à gaz : 40 à 50 cm de large.

Il faut naturellement combiner le chauffage au gaz avec un bon aérage, et le poêle doit toujours communiquer avec une cheminée. Toutefois, pour éviter un excès d'air froid sur la partie supérieure des radiateurs, l'auteur maintient une distance verticale convenable entre le haut des radiateurs et le bas de la voûte, au lieu de faire descendre celle-ci presque jusqu'à recouvrir les radiateurs. L'auteur donne des résultats de ses expériences comparatives à ce point de vue avec des hauteurs de voûte variables. Il a mesuré la chaleur rayonnante et la chaleur perdue par la cheminée et a trouvé la chaleur de convection par différence, connaissant la chaleur totale fournie par le gaz. Dans ces expériences, les tuyaux avaient été bouchés ou avaient été laissés ouverts.

(Communication de M. *H. James Yates*, British Association, septembre 1913.)

L'industrie du gaz et l'économie de combustible. — Le Dr Harold G. Colman, de Londres, s'est proposé de montrer comment l'industrie du gaz aidait à l'emploi économique du combustible. Les choses ont changé complètement depuis 1887. Alors, tout le gaz était brûlé dans des becs simples et le gaz pour l'éclairage et le chauffage devait avoir un pouvoir calorifique modéré ; il devait être de composition constante et contenir peu de gaz inerte, non pas tant à cause de son emploi dans les moteurs qu'à cause de la distribution à grande distance à de petits consommateurs, celle-ci devenant très coûteuse si le gaz était dilué.

Le pouvoir lumineux était autrefois tout à fait essentiel ; aujourd'hui, son importance a diminué, malgré que les règlements s'en préoccupent encore actuellement plus que de son pouvoir calorifique. Le prix du gaz a baissé à cause de sa production croissante. Les installations modernes, qui carbonisent à haute température, obtiennent un gaz contenant 25 % du pouvoir calorifique du charbon ; 50 % ou même davantage restent dans le coke, 5 % dans le goudron et les derniers 20 % sont employés à la production du gaz. Le goudron a actuellement une valeur supérieure à ce qu'il vaut comme combustible ; presque tout le soufre contenu dans le charbon est récupéré, mais on ne récupère que 20 % de l'azote.

La production du gaz à l'eau carburé a bien diminué en raison de son prix élevé de fabrication. Elle donnait, sous forme de gaz épuré, 65 % des calories renfermées dans les matières premières (coke et huiles) ; 4 ou 5 % se retrouvait dans l'huile de goudron.

A Sheffield, en 1912, on a construit 98 grands fours industriels chauffés au gaz de houille. A Birmingham, 83 millions de m³ de gaz, soit 8 % de la production, sont utilisés de cette façon, et 8 millions de m³ sont distribués sous une pression voisine de 1 kg par cm², au même prix que le gaz ordinaire, par des fours de fusion, de verrerie, etc., et cet usage du gaz industriel est encore appelé à se développer par la suite.

(Communication du Dr *Harold G. Colman*, British Association, septembre 1913.)

HYGIÈNE

La pollution de l'atmosphère par la poussière. — M. G. W. J. Russell, afin d'obtenir la quantité de poussières contenues dans l'air, filtre cet air à travers du coton, ou de la laine d'amiante et mesure l'augmentation du poids du filtre. Le Comité de Recherches sur la pollution de l'air recueille la pluie tombant dans une jauge, l'évapore et pèse le résidu ; la méthode est simple, mais ne sépare pas les poussières sèches et humides. Aitken compte les particules. Cohen à Leeds examine l'opacité des plaques de verre ; on recueille ainsi les suies goudronneuses. Cette méthode peut être modifiée en faisant arriver un jet d'air sur une plaque de verre, pendant un temps suffisant pour obtenir une opacité déterminée. A Glascow, l'air est envoyé sur du papier filtre dont on détermine la décoloration : cette méthode simple est influencée par la couleur de la poussière. On peut déterminer directement l'opacité de l'air par comparaison. Enfin, on peut recueillir la poussière dans des boîtes et les analyser, comme le fait P. Fyfe à Glascow.

(Communication du Dr J. *S. Owens*, British Association, septembre 1913.)

MÉTALLURGIE

L'utilisation des gaz de hauts-fourneaux et de fours à coke en métallurgie. — Bien que les conditions d'emploi du gaz de haut-fourneau soient connues depuis longtemps, c'est seulement depuis quelques années qu'on a commencé à s'occuper sérieusement d'utiliser leur pouvoir calorifique au chauffage des fours industriels.

Quant aux gaz de fours à coke, on s'est d'abord préoccupé uniquement d'en récupérer les sous-produits, mais on a vite reconnu leur énorme valeur au point de vue du chauffage, et maintenant ils peuvent être classés parmi les plus importants des combustibles industriels.

L'auteur passe en revue l'application de ces deux gaz à la métallurgie, et plus particulièrement leur emploi au chauffage des mélangeurs, des fours à sole pour l'acier et des fours de réchauffage.

Tout d'abord, il donne quelques chiffres relatifs à la combustion des gaz, leur pouvoir calorifique et leur température de combustion, suivant qu'on les emploie froids ou chauffés à différentes températures, l'air qui sert à la combustion pouvant lui-même être froid ou réchauffé par son passage à travers des chambres de récupération.

Bien que ces chiffres soient en eux-mêmes du plus haut intérêt, il ne faut pas perdre de vue que, dans chaque cas particulier, il faudra faire une étude spéciale afin d'adopter la solution la plus économique.

L'auteur donne ensuite une formule de la valeur calorifique V_f du gaz de fours à coke, par unité de volume, par rapport à celle V_g du gaz de gazogène, en fonction de la température de combustion de ces deux

Digitized by Google

gaz, de leur température d'utilisation et du nombre de calories apportées par chacun d'eux dans l'unité de temps. Par exemple, dans certaines conditions, pour un four Martin, il trouve $Vf = 1{,}75\ Vg$ et, comme on peut calculer le prix de revient de Vg pour une usine donnée, on peut en déduire la valeur de Vf en centimes. Dans l'exemple indiqué, l'auteur trouve $Vg = 0{,}8$ centime d'où $Vf = 1^c{,}4$.

Cependant, les gaz envisagés ne sont jamais que des sous-produits, et l'on se précocupe avant tout d'obtenir de bonne fonte ou du coke de bonne qualité.

Le métallurgiste doit donc tâcher de tirer le meilleur parti possible des gaz récupérés, tels qu'ils sont mis à sa disposition.

Pour les gaz de hauts fourneaux, leur emploi croissant dans les moteurs à gaz pauvre suffit à prouver les avantages considérables qu'on trouve à les utiliser de la sorte. On peut mentionner aussi leur emploi en fonderie pour sécher les moules et les noyaux et nombre d'autres usages. Enfin, aux usines Cockerill, M. Greiner a trouvé qu'on récupérait encore 13 % de la puissance des moteurs à explosion en utilisant les gaz d'échappement à produire, dans des chaudières spéciales, de la vapeur à 8 k pour alimenter par exemple des turbo-générateurs (1).

Dans tous les cas, les gaz de hauts fourneaux doivent être, aussi soigneusement que possible, débarrassés de leurs poussières.

Les *gaz de fours à coke* sont susceptibles d'un très grand nombre d'emplois.

Dans les moteurs à gaz, ils donnent un très bon résultat, mais pour obtenir une puissance électrique d'un cheval, la dépense de calories est un peu plus grande qu'avec le gaz de haut fourneau. Pour le chauffage d'un four à acier, le rendement calorifique du gaz de fours à coke est bien supérieur à celui du gaz de gazogène. D'ailleurs, son emploi est tout indiqué quand on a besoin d'une température de combustion élevée.

Remarquons qu'on ne peut l'employer à sécher les moules de fonderie à cause de la vapeur d'eau formée dans la combustion.

Enfin, on a un moyen simple, bien qu'un peu coûteux malheureusement, de l'emmagasiner pour en avoir une réserve, c'est d'employer un gazomètre. L'auteur montre que, pour un gazomètre de 50 000 m³ amorti en 15 ans, le gaz récupéré paie les frais d'installation et d'entretien, sans compter les avantages qui en résultent pour l'usine.

La Société Cockerill possède *sept hauts-fourneaux* et produit en moyenne 1 000 t de fonte par 24 heures. Les 60 % des gaz sont absorbés par le service des hauts-fourneaux et par les pertes. En comptant une production de 4 500 m³ de gaz par tonne de fonte, on trouve, pour le volume de gaz utilisable, 1 800 000 m³ ou 75 000 m³ à l'heure, et, au taux moyen de 875 calories par m³, 65 625 000 calories à l'heure, ce qui correspond environ à 28 500 chevaux électriques. On en utilise 16 200 dans les stations centrales et 2 400 pour les machines soufflantes. Le reste est utilisé actuellement sous des batteries de chaudières de réserve, susceptibles d'être également chauffées au charbon. Enfin, on prévoit l'utilisation d'une partie de ce gaz au chauffage d'un mélangeur.

Gaz de fours à coke. — La Société Cockerill possède 5 batteries de fours à coke, dont une à récupération. Elle y passe 1 065 t de charbon, qui donnent 800 t de coke, soit un rendement de 75 %. On obtient un volume de gaz de 90.000 m³ par jour, soit 3 740 m³ à l'heure, dont la totalité est utilisée dans divers appareils.

Un gazomètre en construction de 50 m de diamètre, formé de trois sections télescopiques pouvant donner une hauteur totale de 40 m, permettra d'emmagasiner 50 000 m³ de gaz. Il donne au gaz une pression de 175 à 275 mm d'eau, et un régulateur de pression maintient celle-ci à 150 mm.

La gaz est débarrassé de son sulfure d'hydrogène jusqu'à ne plus noircir le papier à l'acétate de plomb.

Les mélangeurs. — Depuis quelque temps, on a compris la nécessité de chauffer les mélangeurs à la fois pour ne pas avoir à refondre la fonte du dimanche, et aussi pour faire fondre les additions froides que l'on fait maintenant dans les mélangeurs de premier affinage, lesquels nécessitent une température plus élevée que les mélangeurs ordinaires.

On peut employer trois modes de chauffage : le gaz de gazogène chauffé, ainsi que l'air de combustion, comme pour les fours Martin, du gaz de haut fourneau et de l'air, chauffés tous deux, enfin du gaz de fours à coke, froid, avec de l'air chauffé.

Il est bon, pour la conservation de l'appareil, d'employer un mélange dont la température de combustion n'atteigne pas 2 165°.

A la Georgsmarienhütte (Stahl u. Eisen 1910), il y a un mélangeur de 150 t chauffé au gaz de haut-fourneau, et l'on en prévoit un autre de 250 t. La fonte reçoit dans ces appareils une addition de 10 à 15 % de minerai et 4 à 5 % de calcaire.

Les applications de ce genre sont aussi nombreuses que variées. Les gazogènes, employés à l'origine, tendent de plus en plus à céder la place au gaz de haut-fourneau ou de fours à coke.

Comme la température de travail ne doit pas dépasser 1 200 à 1 250°, on peut employer même le gaz de haut fourneau froid et, en tous cas, il suffira d'une simple chambre de récupération de chaque côté du mélangeur.

On peut encore, quand les circonstances le permettent, employer pour la combustion l'air chaud des cowpers.

L'auteur donne le dessin d'un brûleur destiné à un mélangeur de 600 t de la Société Cockerill. Le gaz de hauts fourneaux arrive froid par un tuyau qui a d'abord la direction de l'axe du mélangeur, et monte ensuite à la partie supérieure par un coude articulé. L'air, qui vient des cowpers, arrive par un autre tuyau, dont la partie terminale est concentrique à celle du précédent. Ces deux tuyaux portent intérieurement des surfaces hélicoïdes de sens inverses, afin d'assurer un mélange intime de l'air et du gaz.

Fours à acier sur soles. — L'utilisation des gaz de fours à coke au chauffage des fours Martin s'est maintenant considérablement développé dans toutes les grandes usines d'Europe. Le seul inconvénient est que des installations prévues pour marcher au gaz de gazogène ne peuvent prétendre à la complète utilisation du gaz de fours à coke.

Un problème important se présente quand il faut prévoir que le débit du gaz peut diminuer ou même cesser complètement, ce qui peut arriver dans de petites usines ayant seulement une ou deux batteries de fours à coke. Il ne peut être question d'avoir des gazogènes comme chauffage de secours, ce qui serait une solution aussi mauvaise en théorie qu'en pratique. Les deux seules solutions possibles sont :

1° Double chauffage au moyen de brûleurs à goudron, à huile de goudron, ou à quelque autre combustible liquide ;

2° Construction d'un gazomètre.

La première solution est simple et généralement facile à appliquer, mais la seconde est préférable dans la plupart des cas.

Les principaux avantages que présente le chauffage au gaz froid de fours à coke des fours à sole pour acier sont les suivants :

1° Augmentation de la production ;

2° Simplification de la construction ;

3° Diminution des réparations, principalement pour la voûte et les chambres ;

4° Possibilité d'employer une charge moins coûteuse ;

5° Facilité de conduite des opérations.

Fours de réchauffage. — C'est surtout pour les fours de réchauffage qu'il est intéressant d'employer le gaz en excès des hauts-fourneaux ou des fours à coke laissé disponible par les applications précédentes.

On peut se demander si, dans ce cas, les gazogènes ne sont pas préférables.

Pour obtenir la même température de combustion : 1 680° avec du gaz de haut-fourneau, il faudrait le chauffer, c'est-à-dire construire des chambres de récupération. Si on ne veut pas changer l'installation, on ne peut employer que du gaz de fours à coke. En calculant sa valeur comme nous l'avons vu, au début, on trouve :

$$Vf = 1{,}52\ Vg \text{ et, pour } Vg = 0{,}8 \text{ centime, } Vf = 1{,}22 \text{ centime.}$$

Après quelques considérations sur l'emploi du gaz de haut-fourneau ou de fours à coke pour les fours de réchauffage, l'auteur fait remarquer que, dans les deux cas, il est nécessaire de construire des fours à réchauffer de forme spéciale et pourvus de chambres de récupération.

Il en existe d'ailleurs un grand nombre, qui donnent d'excellents résultats, et dont plusieurs sont chauffés au gaz de haut-fourneau.

Pour la récupération, on emploie tantôt le système continu, tantôt le système à renversement des courants gazeux, et il est bien difficile de se prononcer en faveur de l'un ou de l'autre. Cependant, le second, à cause de sa robustesse et de son moindre entretien, a été préféré à Seraing, où l'on a construit deux fours chauffés au gaz de haut-fourneau. L'un dessert une presse à forger les arbres, l'autre un laminoir à bandages. Le récupérateur simple consiste en deux chambres de 15 m³ de capacité avec 7 m³ d'empilages.

Le renversement des courants gazeux se fait au moyen d'un appareil simple et étanche.

L'auteur cite ensuite un four continu construit par Ch. M. Stein et

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 7 (1er octobre 1913), p. 237.

Digitized by Google

Cie, de Paris, et disposé de façon à pouvoir être alimenté au gaz de fours à coke et chauffé par l'air seul.

Pour la récupération, on emploie le système continu, avec des carneau verticaux pour le passage de l'air secondaire.

Dans un autre four analogue, il y a deux chambres à empilages qui servent alternativement. L'ouverture d'une de ces chambres et la fermeture de l'autre se font au moyen de portions de tuyaux montées sur un trolley.

La maison Huth et Roettger, de Dortmund, a construit une fosse à 24 trous pour le réchauffage des lingots par le gaz de haut-fourneau. Avec des lingots provenant chauds de l'aciérie, on obtient 600 à 700 t par poste, avec une dépense de 60 à 80 m³ de gaz par tonne de lingots traités. Naturellement, quand la température nécessaire est atteinte et que les lingots arrivent suffisamment chauds, on peut couper l'arrivée des gaz.

Dans un four à réchauffer des mêmes constructeurs, on chauffe à la fois l'air et le gaz avant la combustion.

D'autre part, M. F. Siemens a appliqué le chauffage par le gaz de haut-fourneau seul, à huit fours construits pour une production de 40 à 180 t d'acier par poste de 10 ou 12 heures. Dans ces fours on atteint les températures suivantes :

Température de l'air et du gaz.....	1 150° à 1 250°
— du four au foyer.....	1 500°
— à la cheminée.....	400°

En général, les gaz disponibles, après qu'on a alimenté les moteurs à gaz et les fours à acier, trouvent un meilleur emploi dans les fours à réchauffer que sous des chaudières. Mais naturellement, des dispositions bien étudiées du four et des brûleurs ne manqueront pas d'augmenter le rendement des gaz, en particulier de celui des fours à coke.

Il faut surtout ménager le gaz des fours à coke et le réserver pour les emplois qui demandent une température de combustion élevée. Si l'on a à construire de nouvelles batteries, on devra les construire avec récupération de la chaleur, et l'on devra étudier si l'emploi d'un gaz étranger pour chauffer la partie inférieure des fours à coke ne serait pas avantageuse, en permettant d'utiliser sous une autre forme le gaz provenant de la distillation.

Si les fours sont annexés à une houillère, par exemple, il ne faut pas oublier que l'on dispose de combustibles inférieurs : poussier de charbon ou de coke, dont l'emploi dans un gazogène est souvent possible et avantageux. On pourra ainsi disposer de la plus grande partie du gaz des fours; reste à en tirer le meilleur parti, et l'on devra d'abord s'attacher à obtenir une combustion complète au moyen de brûleurs, disposés de manière à mélanger l'air et le gaz aussi intimement que possible.

Le goudron est un sous-produit intéressant : on peut l'employer par exemple dans des moteurs Diesel pour une station centrale, si le gaz de haut-fourneau vient à manquer.

D'autre part, on peut, au moyen de brûleurs spéciaux, l'utiliser au chauffage de toute sorte de fours industriels, même des fours à acier, soit sous forme de brai, soit à l'état d'huile lourde obtenue par distillation. On a calculé, par exemple, pour la Société Cockerill, que le brai récupéré, à raison de 22 kg par tonne de charbon traité, suffirait à alimenter deux fours à acier de 15 t.

Pour terminer, l'auteur considère le cas d'une usine produisant par jour 1 000 t de coke, dans des fours à récupération de la chaleur, et 1 000 t de fonte.

Les gaz des hauts-fourneaux pourront donner une force motrice de 28 500 chevaux.

Les gaz de fours à coke permettront de fabriquer 625 t par jour d'acier sur sole ou de réchauffer, à une température convenable, 1 150 t de lingots ou de produits à moitié usinés.

Enfin, le brai récupéré pourra permettre de fabriquer 150 t d'acier sur sole.

En somme, la tendance actuelle des grandes aciéries qui fabriquent le coke et la fonte, transforment celle-ci en acier et l'acier en produits laminés, est de suffire à leurs besoins de combustibles uniquement au moyen du charbon qu'elles transforment en coke pour les nécessités de la fonderie.

(Communication de M. *E. Houbaer,* Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Méthodes modernes d'essai des métaux. — Il est de plus en plus nécessaire de connaître les propriétés des métaux employés en construction civile et dans les machines, et la distribution des efforts dans ces métaux.

Les constructeurs de grands monuments anciens, ne faisaient aucun calcul, ils se basaient sur des exemples, et étaient conduits à construire trop solide. Mais, depuis le XVIIIe siècle, des savants et ingénieurs nombreux ont apporté une contribution à l'étude de la résistance des matériaux et de sa théorie mathématique. La nécessité de construire avec économie, conduisit à des recherches expérimentales et analytiques surtout depuis les 30 dernières années. Il a fallu améliorer les méthodes expérimentales, pour créer des machines d'essai puissantes et précises, spécialement pour les chocs et les efforts alternatifs.

La métallographie est venue contribuer au développement de ces connaissances.

A part les méthodes d'essais des matériaux, il importe de signaler les essais directs que l'on fait en soumettant les pièces qui doivent travailler, dans les conditions mêmes de ce travail, à des efforts supérieurs à ceux qui se produisent. On obtient ainsi la confirmation des formules employées et des hypothèses faites. (Ponts soumis à des surcharges types, essais des chaudières sous des pressions supérieures à celles désirées). Pour les matériaux de construction, comme le ciment, on fait des essais de tension alors que les efforts qu'il aura à subir sont des efforts de compression. De même, on a tendance à substituer, pour le fer et l'acier, des essais de dureté, ou essais de tension. Ces essais, que l'on peut appeler indirects, moins coûteux et plus simples, sont souvent préférés, quoiqu'ils soient moins précis que les essais directs. Ces derniers, cependant, fournissent de nombreux renseignements sur les limites d'élasticité, de rupture, les coefficients d'élasticité, les allongements, etc..

L'expérience montre que la préparation et la conduite d'un essai influent sur les résultats. Donc, il est nécessaire d'avoir des règlements internationaux fixant des méthodes uniformes pour les différents matériaux.

C'est le but que poursuit l'Association internationale pour les essais des matériaux, mais ce but est encore loin d'être atteint.

Le plan du Comité Français pour les méthodes d'essais des matériaux est le suivant :

1° Essais chimiques : Ils sont effectués, pendant la fabrication, pour vérifier la composition et la pureté du produit, et aussi par l'acheteur dans ses essais de réception ;

2° Essais physiques : C'est l'examen externe, et l'étude des cassures, fortement éclairées. On fait également l'examen micrographique après attaque de la surface polie par un réactif. Ce procédé permet de voir les effets des traitements thermiques et du travail à froid. C'est un guide important pour le travail du fer, de l'acier et des alliages utilisés en mécanique. Les variations des propriétés du métal sous l'influence des changements de température, de la trempe, du recuit, du revenu, l'étude des propriétés magnétiques électriques et sonores ont donné des résultats importants ;

3° Essais mécaniques : Ces essais sont relatifs à la tension, à la compression, au cisaillement, à la flexion, à la torsion, ainsi qu'au pliage, au forgeage, au choc, au perçage et sont conduits selon l'usage du métal. Les essais de traction sont connus, ainsi que les machines employées, mais ils sont coûteux. On a recherché des méthodes plus rapides et moins chères, un peu aux dépens de l'exactitude. Telles sont les méthodes de Frémont, sur la pénétration et la dureté.

On fait pénétrer un corps dur sur la surface du métal par pression ou choc. Brinnel employa une bille dure et détermina le coefficient de dureté. La bille doit avoir 10 mm de diamètre et la pression doit être de 3 000 kgs pour le fer ou l'acier. Au bout de 5 minutes, la surface maximum de l'empreinte est atteinte. Mais il n'y a pas de relation bien définie entre le coefficient de dureté et le coefficient de traction. Cependant, il n'est pas inutile de faire cet essai. On peut adopter certains coefficients, variables selon les aciers. On a proposé de substituer la profondeur de l'empreinte à son diamètre, pour avoir le coefficient.

Au point de vue de la résistance à l'usure, de deux métaux ayant même résistance à la traction, celui qui est le plus dur résiste le mieux à l'usure. La méthode du scléroscope est également intéressante ; on mesure la hauteur de rebondissement d'une bille d acier tombant sur la surface à essayer. De même, on a utilisé la photographie des étincelles produites par l'acier sous l'action d'une meule d'émeri.

Une action importante à considérer est celle résultant des efforts alternatifs déterminant la « fatigue » des métaux. Ces efforts peuvent être des pliages, des flexions, des chocs. Cela conduit à examiner la résistance au choc ou résilience.

L'Association internationale pour l'essai des matériaux, fondée en 1895, tint depuis plusieurs Congrès, et son accroissement a été rapide.

Digitized by Google

Le Congrès de Bruxelles, en 1906, forma plusieurs comités qui devaient se spécialiser sur les points suivants : 1° Homogénéité de l'acier et du fer ; 2° Méthodes d'essai des pièces terminées ; 3° Essais sur la structure microscopique ; 4° Nomenclature des fers et aciers ; 5° Méthodes d'essais du fer fondu ; 6° Essais sur barreaux entaillés ; 7° Empreinte de billes; 8° Propriétés électriques et magnétiques.

Le 5e Congrès, tenu à Copenhague, confirma l'importance de l'Association, par les 900 personnes qui y assistèrent.

Au Congrès de New-York, en 1912, les mémoires furent de plus en plus nombreux sur les différents matériaux.

Il n'y a aucun doute que l'Association n'obtienne l'adhésion des manufacturiers et des ingénieurs, auxquels elle rend tant de services.

(Communication de M. *H. Huber*, Iron and Steel Institute, septembre 1913).

PHYSIQUE

Economie de combustible et carbonisation à basse température. — Le Dr G. T. Beilby considère la distillation du charbon au triple point de vue de l'économie, du rendement et de la propreté.

Les produits primaires que l'on obtient peuvent être classés en trois groupes : coke, gaz d'éclairage, paraffine et huile de paraffine. Les produits secondaires : goudron, ammoniaque, coke et gaz sont presque aussi importants, mais, dans chaque groupe, on doit choisir la matière première et déterminer les conditions de la distillation en vue du produit primaire à obtenir. Les usines à gaz sont celles où le choix est le plus facile, car on peut faire du gaz presque avec tous les charbons ; mais le choix devient plus difficile si l'on veut surtout obtenir du coke, et plus encore si l'on a en vue la production de l'huile. De plus, il ne faut pas oublier que, dans chaque groupe, le produit primaire a à satisfaire les demandes d'un marché déjà existant.

En Angleterre, sur une consommation totale de 180 millions de tonnes environ, 35 millions de tonnes seulement ont été soumises à la distillation. De plus, 35 millions de tonnes environ ont été utilisées au chauffage domestique, en produisant les fumées les plus difficiles à supprimer. A Londres et partout, les producteurs de gaz tendent à remplacer le chauffage au charbon par le chauffage au coke ou au gaz, mais ce n'est pas parfait ; il y a huit ans, Parker fabriqua un combustible sans fumée, la *coalite*, en distillant le charbon à 400 ou 450° C au lieu de 900 ou 1 000°. Au point de vue chimique, le résultat le plus remarquable de cette méthode était de retenir les hydrocarbures saturés et leurs dérivés dans les produits liquides et gazeux de la distillation, tandis que, dans les usines à gaz modernes, on les sacrifie à la production de grandes quantités de gaz pauvre. L'idée contenait le germe d'une très grande industrie, trop grande malheureusement pour les moyens financiers de ceux qui l'avaient entreprise.

L'auteur avait été conduit par ses expériences à se demander si le charbon gras ne devait pas être distillé dans de longs tubes verticaux de petit diamètre et, avec l'aide de MM. H. N. Beilby et G. Weller, il avait fait des essais à l'usine de Glasgow, de la Société des Cyanures de Cassel. En exposant librement de petits cubes de charbon à la chaleur rayonnante à 450° C, ils en avaient extrait les gaz en une heure, tandis que Parker y mettait au moins quatre heures.

Ils essayèrent ensu te l'action de la chaleur sur de petites couches de charbon. Leur premier appareil consistait en une colonne chauffée extérieurement dans un four à gaz, et garnie intérieurement d'une série de cloisons inclinées et animées de secousses, de sorte que le charbon passait de haut en bas sous forme d'une couche épaisse de 50 à 75 mm. On pouvait en extraire tout le gaz en une heure et demie à 400 ou 450° C. Les expériences ont été poursuivies pendant 4 ans, et l'on a construit des appareils pouvant passer 15 t par jour. Les difficultés mécaniques ne sont pas encore toutes résolues. Actuellement, l'appareil fonctionnerait bien seulement avec du charbon non collant, car autrement le charbon, en s'agglomérant, se colle aux cloisons. Le mouvement de bascule des cloisons et le passage de l'une à l'autre réduisent le coke en poussière. Mais, d'autre part, on peut passer ce coke chaud et sec dans des gazogènes à l'eau, tandis que le coke de gaz contient 10 % d'eau au moins. Le coke donne aussi avec 7 % de brai de bonnes briquettes, qui se vendent très bien, car elles brûlent sur les grilles ordinaires presque sans fumée. Les hydrocarbures gazeux atteignent le chiffre élevé de 7,900 calories par m³ et le goudron liquide est satisfaisant.

Les expérimentateurs ont cherché surtout à surmonter les difficultés d'ordre mécanique.

Mais les deux points essentiels sont de savoir si l'on pourra trouver un débouché pour ce coke obtenu à basse température et monter une usine marchant d'une manière satisfaisante.

(Communication de Dr *G. T. Beilby*, British Association septembre 1913.)

Le corps X_3 et l'évolution de l'hélium. — Sir J. J. Thomson a découvert, par sa méthode d'analyse du spectre, un corps dont la poids moléculaire semble être 3. Ce corps peut être soit un nouvel élément, ou une sorte de concentration de l'hydrogène, Il l'obtint par un bombardement cathodique de plusieurs corps, et de nombreux sels. Mais les sels, à ce point de vue, forment deux catégories. Dans l'une, on obtient une grande quantité d'X_3 au début, puis la production se ralentit lorsque le sel, ayant été dissous, est ensuite évaporé à siccité. L'autre classe continue à donner de l'X_3 après plusieurs dissolutions et évaporations successives. Les premiers sels ne contenaient pas d'hydrogène. Les seconds en contenaient et étaient déliquescents. La potasse caustique en produit une fraction de millimètre cube. La potasse, ayant la forme de morceaux, devient fibreuse. Par dissolution de la potasse dans de l'acide iodhydrique et évaporation de l'iodure produit, celui-ci ne produit pas d'X_3 : il ne contient pas d'eau de cristallisation.

Au contraire, le chlorure d'ammonium AzH^4Cl donne beaucoup de ce nouveau corps.

Donc, la présence de l'hydrogène semble être essentielle. Ce nouveau gaz se comporte comme l'hydrogène ; il explose en présence de l'oxygène. Mélangé avec ce gaz, il disparaît à la lumière solaire ; il se combine avec l'oxyde de cuivre chauffé sous un tube de quartz et avec le magnésium en combustion. Il ne se diffuse pas, à travers le palladium chauffé au rouge, on put ainsi le séparer de l'hydrogène, mais malheureusement pas d'une façon complète.

Ce corps semble être à l'hydrogène ce que l'ozone est à l'oxygène.

Quant à la transformation de l'hydrogène en hélium et néon, récemment indiquée par Ramsay, Collie et Patterson, Sir J. J. Thomson admet l'apparence des faits, mais non l'interprétation. Il dit que l'hélium provient non des gaz, mais des solides.

Tous les corps solides contiennent une grande quantité d'hélium que l'on peut extraire, non seulement par un bombardement cathodique, mais aussi à l'aide des rayons ultra-violets. Il exposa pendant trois jours un alliage de potassium et de sodium, dans un tube de quartz fermé. Il trouva de l'hélium en grande quantité. Les sels également donnent de l'hélium après dissolution et évaporations successives dans l'eau ou l'alcool. Les sels alcalins et surtout de potassium en donnent beaucoup. Le potassium contient en outre un peu de néon. Cet hélium semble venir des atomes, à moins que les chimistes n'admettent que l'hélium soit capable, dans certaines conditions, de former des composés avec presque tous les corps, et que tous ces composés sont trop semblables pour être séparés. Il est à noter que le potassium est radioactif.

(Communication de Sir *J. J. Thomson* British Association, septembre 1913.)

Les éléments radio-actifs comme indicateurs. — Les éléments radio-actifs peuvent servir d'indicateurs en physique et en chimie. Etant donné qu'un 10^{-15} gramme d'une substance radio-active peut être mesuré avec la plus grande simplicité, on peut imaginer beaucoup de procédés fondés sur l'emploi de ces substances comme indicateurs. Si on les ajoute à la matière qui fait l'objet de l'expérience, elles resteront toujours unies à l'élément dont elles sont inséparables. Ainsi, en physique, on pourra les utiliser pour vérifier les lois de compressibilité des gaz, les degrés de solubilité, les variations de concentration dans les solutions, etc., et dans d'autres cas où n'entrent en jeu que des quantités de matière excessivement faibles. Les chimistes pourront aussi par ce procédé vérifier l'absolue propreté de leurs ustensiles.

(Communication du Dr *G. von Hevesy*, British Association, septembre 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

INDUSTRIELLES

Modification au règlement sur l'exploitation des mines.

Le règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles, fixé par le décret du 13 août 1911 (1), vient d'être modifié par un décret du 25 septembre 1913, dans divers de ses articles.

L'article 52, § 2, obligeait à installer des échelles dans l'une au moins des communications que toute mine doit avoir avec le jour, à moins que les ouvriers ne puissent sortir par des galeries. Il a été reconnu que, dans certains cas, l'installation de ces échelles entraînait de sérieuses difficultés ou ne présentait pas une réelle utilité. En conséquence, le nouveau décret stipule que l'installation d'échelles ne soit pas obligatoire lorsque deux communications de la mine avec le jour sont pourvues d'appareils de circulation par câble entièrement indépendants et tenus constamment près à fonctionner.

Les articles 89 à 94 déterminaient les conditions auxquelles doivent satisfaire les câbles servant à la circulation du personnel ou à l'extraction par puits, ainsi que les mesures de surveillance à prendre à l'égard de ces câbles. L'article 90 stipulait, en particulier, que, si les essais effectués à la patte sur un câble en service indiquent pour la résistance à la rupture une réduction de plus de 30 % par rapport à la résistance initiale, le câble doit être mis hors de service. Cette disposition ayant donné lieu à de sérieuses difficultés d'application, le nouveau décret la supprime, et la remplace par de nouvelles règles techniques aux termes desquelles un câble doit être retiré du service: 1° s'il est métallique, lorsque des essais de flexion montrent que les fils n'ont plus une flexibilité suffisante ; 2° qu'il est en textile, lorsque la résistance accusée par les essais s'abaisse au-dessous de 400 kilog. par centimètre carré de section transversale.

La nouvelle réglementation indique qu'un câble rendu suspect par son état ne peut en aucun cas être maintenu en service.

La dernière modification vise l'article 142, qui traite les mesures à prendre pour limiter l'importance des explosions de poussières. Cet article obligeait à diviser toute mine en quartiers ou groupes de quartiers d'aérage indépendant contenant au plus 150 personnes, et à prendre des dispositions de manière à éviter qu'une explosion de poussières se produisant dans l'un d'eux puisse se propager dans l'autre. Cette règle a été modifiée pour tenir compte des enseignements fournis récemment par la catastrophe des mines de la Clarence et par les expériences nombreuses effectuées en vue d'étudier les moyens de lutter contre le danger des poussières.

Il importe, pour éviter la généralisation d'une explosion de poussières, de s'opposer à sa propagation, sinon dès l'origine, du moins avant que l'explosion ait pris une extension importante ; il convient, en conséquence, de diviser les mines poussièreuses en quartiers aussi restreints que le permettent les conditions de la mine. Cette division de la mine, la détermination des quartiers, la limitation de leur étendue et de leur importance, enfin le choix des mesures à prendre pour les isoler, sont des questions d'espèce qui doivent être réglées par les ingénieurs des mines pour réaliser, dans chaque cas particulier, les conditions de sécurité les plus satisfaisantes, compatibles avec les difficultés de l'exploitation.

Voici d'ailleurs la rédaction des articles modifiés :

Art. 52. — Tous les puits où le personnel circule normalement par les câbles doivent être munis, indépendamment de l'appareil principal de circulation, soit d'échelles, soit d'un deuxième appareil de secours à câbles indépendants.

Dans une au moins des communications avec le jour prévues par l'article 40, des échelles sont établies depuis l'étage inférieur jusqu'au jour, à moins que les ouvriers ne puissent sortir par des galeries ou que deux de ces communications ne soient pourvues d'appareils de circulation par câble, entièrement indépendants, et tenus constamment prêts à fonctionner.

Dans les puits servant à l'extraction ou à la circulation normale des ouvriers, et qui sont pourvus d'un puisard, des échelles doivent être disposées de la recette inférieure d'extraction jusqu'au fond du puisard.

Art. 89. — Tout câble servant à la circulation normale du personnel est assujetti aux prescriptions suivantes :

1° Le câble doit avoir subi au préalable des essais de rupture par traction ; les fils des câbles métalliques doivent en outre avoir été soumis à des essais appropriés, notamment à des essais de flexion ;

2° On doit procéder, une fois tous les trois mois pendant la première année et une fois tous les deux mois pendant les années suivantes, au coupage de la patte sur une hauteur d'au moins 2 m. La partie coupée sera examinée et, s'il s'agit d'un câble métallique, un tronçon en sera décâblé pour l'examen de l'état des fils ;

3° Après chaque coupage réglementaire de la patte, on procède, dans le plus bref délai possible, à un essai de rupture par traction sur une partie saine du bout coupé, et, en outre, s'il s'agit d'un câble métallique, à de nouveaux essais de flexion sur les fils.

Toutefois, lorsque la cordée normale ne comprend pas plus de quatre personnes, les essais prévus au 3° ne sont pas obligatoires.

Art. 90. — Un câble métallique servant à la circulation normale du personnel ne doit travailler à aucune époque sous une charge supérieure à un sixième de sa résistance constatée par les essais de traction ; il est d'ailleurs retiré du service lorsque les essais de flexion montrent que les fils n'ont plus la flexibilité suffisante.

Un câble en textile servant à la circulation normale du personnel ne doit travailler à aucune époque sous une charge supérieure à un quart de sa résistance constatée par les essais de traction ; il est d'ailleurs retiré du service lorsque sa résistance accusée par les essais s'abaisse au-dessous de 400 kilog. par centimètre carré de la section transversale.

Lorsque, par application du dernier alinéa de l'article 89, on ne procède pas aux essais périodiques sur les bouts coupés, le câble ne doit travailler à aucune époque sous une charge supérieure à un huitième de sa résistance à l'état neuf s'il s'agit d'un câble métallique, ou à un sixième de la même résistance s'il s'agit d'un câble en textile. Le câble ne peut être employé à la circulation normale du personnel que s'il n'a pas plus de deux ans de service.

Art. 91. — Les câbles servant à l'extraction par puits et non affectés à la circulation normale du personnel, sont assujettis aux dispositions du 1° de l'article 89. S'ils font l'objet d'essais en cours de service, ils doivent satisfaire au premier ou au deuxième alinéa de l'article 90 ; dans le cas contraire, leur charge doit être limitée comme il est dit au troisième alinéa du même article.

Les câbles employés dans les puits en fonçage, sont soumis aux mêmes dispositions que les câbles employés à la circulation normale du personnel.

Art. 92. — Par exception, les câbles du système Koepe, servant à la circulation normale du personnel ou à l'extraction, ne sont pas assujettis aux dispositions des articles 89, 90 et 91, sauf au 1° de l'article 89 qui demeure obligatoire. Ils ne doivent travailler à aucune époque sous une charge supérieure à un septième de leur résistance à l'état neuf, et ils ne peuvent être employés à la circulation normale du personnel que s'ils n'ont pas plus de deux ans de service.

Art. 93. — Tout câble doit, avant d'être mis en service pour la circulation normale du personnel, avoir été essayé pendant vingt voyages au moins à pleine charge et avoir été reconnu en bon état.

Après chaque coupage de la patte ou chaque renouvellement de l'attelage, le câble doit faire, avant d'être remis en service pour la circulation du personnel, quatre voyages d'épreuve au moins à pleine charge et être reconnu en bon état.

Les câbles épissés doivent, avant d'être remis en service, être essayés pendant vingt voyages au moins à pleine charge ; après cet essai, le bon état de l'épissure doit être constaté; mention en est faite au registre prévu à l'article 87.

Art. 94. — Un câble rendu suspect par son état apparent, notamment s'il est métallique par le nombre de ses fils cassés ou rouillés, ou par l'augmentation rapide du nombre de ses fils cassés, ne peut en aucun cas être maintenu en service.

En particulier, un câble métallique ne peut être maintenu en service pour la circulation normale du personnel s'il présente, dans une région quelconque, sur une longueur de 2 m. un nombre de fils cassés dépassant le dixième du nombre total des fils.

Il est interdit d'employer, pour la circulation normale du personnel, un câble changé de face pour cause de fatigue.

Art. 142. — Les dispositions prévues pour la ventilation des mines faiblement grisouteuses par l'article 124, ainsi que les dispositions des articles 126 et 128 sont applicables aux mines poussiéreuses de 1re et 2e catégories.

Dans ces mines, des dispositions doivent être prises pour éviter qu'une explosion de poussières, se produisant dans un quartier, puisse se propager dans un autre. Chaque quartier doit comprendre un nombre de chantiers aussi restreint que le permettent les conditions de la mine.

La détermination des quartiers et les mesures à prendre pour les isoler font l'objet d'une consigne établie par l'exploitant et soumise à l'approbation de l'ingénieur en chef des mines.

Il doit être procédé, en outre, tous les trois mois au moins, à l'enlèvement des poussières charbonneuses accumulées dans les galeries principales de roulage.

P. B.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 11 (novembre 1911), page 658.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e *Semestre*). — TOME VII. — N° 11. 1er DÉCEMBRE 1913

La Technique Moderne

MACHINES THERMIQUES

ENQUÊTE SUR LE FONCTIONNEMENT DES MACHINES THERMIQUES

La Technique Moderne *a décidé d'ouvrir une enquête sur les accidents et inconvénients auxquels peuvent donner lieu les installations de force motrice à haut rendement thermique* : Machines et Turbines à vapeur très surchauffée, Moteurs à gaz pauvre et Gazogènes, Moteurs à combustibles liquides, à explosion ou à combustion genre Diesel. *Nous avons pensé qu'il était de la plus grande utilité d'appeler l'attention des industriels et des techniciens sur les points suivants* :

1°. — Causes d'usures, détériorations ou usures des ailettes dans les turbines ;

2°. — Difficultés rencontrées dans l'application d'une surchauffe élevée aux machines à vapeur à piston ;

3°. — Causes de ruptures des balanciers de pompes à air à mouvement alternatif ou des arbres-moteurs ;

4°. — Causes de ruptures des boulons de tête de bielle dans les moteurs à gaz à simple effet et causes de ruptures de pièces dans les moteurs à combustion interne en général ;

5°. — Causes des explosions de carter, des tuyauteries, etc..., dans les installations de moteurs à combustion interne, etc..

En effet, bien des accidents et incidents restent souvent inexpliqués et les industriels hésitent, par suite, à transformer leurs installations de force motrice, malgré l'économie qui en résulterait, craignant d'utiliser des mécanismes qu'ils considèrent comme trop compliqués et trop délicats.

Il y a donc lieu de faire l'éducation du personnel chargé de la conduite des appareils, pour éviter les déréglages, les arrêts, en un mot surveiller minutieusement le fonctionnement des installations.

Nous prions les lecteurs de La Technique Moderne, *de nous faire part de leurs observations personnelles, des remèdes à préconiser, des critiques à formuler ; ils contribueront ainsi au développement des installations de force motrice à haut rendement thermique, dont l'importance industrielle ne doit échapper à personne.*

Nous nous réservons de publier les réponses intéressantes qui nous parviendront, de façon à en faire profiter tous les techniciens de l'industrie et à provoquer même des échanges de vue sur ce sujet d'un intérêt général puisqu'il intéresse au plus haut point la production de la force motrice.

Nous avons demandé à M. Letombe, professeur du cours de machines thermiques à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, de vouloir bien nous donner son avis à propos de notre enquête et nous sommes heureux de publier l'article qu'il a rédigé à notre intention.

N. D. L. R.

INTRODUCTION A L'ENQUÊTE SUR LE FONCTIONNEMENT DES MACHINES THERMIQUES

SOMMAIRE. — *Comparaison entre les machines anciennes et les machines modernes. — Analyse du fonctionnement des machines thermiques : 1° Machines à vapeur saturée ; 2° Machines à vapeur surchauffée ; 3° Turbines à vapeur ; 4° Moteurs à gaz riche ; 5° Moteurs à gaz pauvre ; 6° Grands moteurs à gaz ; 7° Moteurs à combustion genre Diesel.*

L'augmentation constante du prix des combustibles force, de plus en plus, les industriels à rechercher l'emploi des machines motrices économiques.

Dans ces vingt dernières années, des progrès considérables ont déjà été réalisés dans la construction des moteurs, et les chercheurs ne se découragent pas. Ils ont raison, car dans cette voie on peut toujours espérer des améliorations ; on sait, en effet, que les machines thermiques n'ont jamais transformé en travail qu'une proportion assez faible de l'énergie qui leur est fournie sous forme de chaleur.

Cette proportion d'utilisation ne dépasse pas 15 % pour les machines et les turbines à vapeur et est, plus souvent qu'on ne le pense, considérablement moindre.

Avec les moteurs à gaz pauvre, on monte à des valeurs de 20 % à 25 % et, avec les moteurs à combustion du genre Diesel, on dépasse 30 %, mais avec un combustible qui coûte relativement cher.

Bien que la théorie indique que le rendement thermique de ces machines ne saurait tendre vers l'unité, les chiffres que nous venons de citer laissent, néanmoins, la porte ouverte à de nouveaux progrès.

Digitized by Google

Malheureusement, plus les machines se perfectionnent et plus elles se compliquent, soit dans leur construction, soit dans leur fonctionnement, soit dans les appareils qu'il faut leur adjoindre pour assurer leur bonne marche, de sorte qu'il arrive très souvent qu'une installation, faite essentiellement en vue de réaliser des économies, se trouve, après quelque temps de marche, par suite de déréglages ou par erreur de conduite ou défaut de surveillance, dans des conditions défectueuses, telles que l'industriel regrette

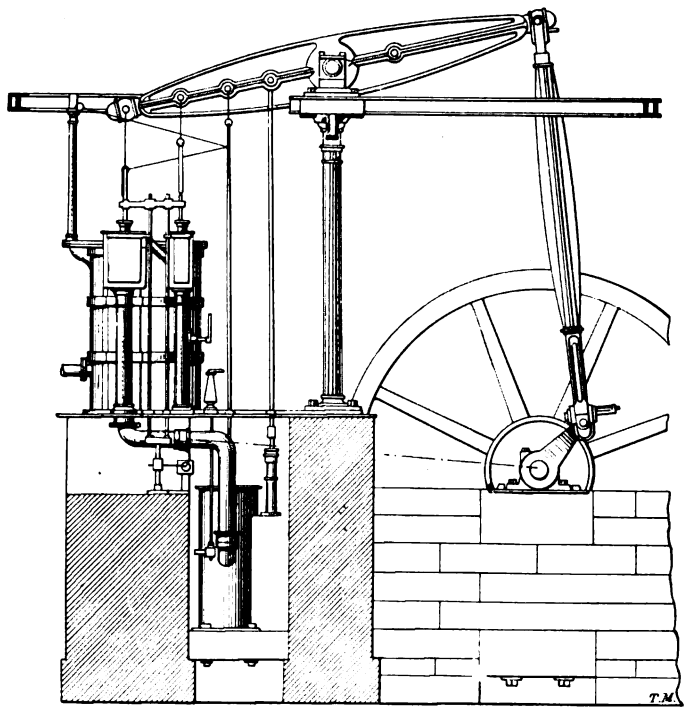


FIG. 1. — Ancienne machine de Wolf balancier.

de n'avoir pas donné la préférence à une machine plus simple, quitte à ce qu'elle fass payer plus cher ses services par une consommation plus élevée de combustible.

Au commencement du siècle dernier, l'apparition de la machine à vapeur constitua un progrès considérable, indépendamment de toute considération de co somr ation, car elle permettait de faire des travaux que la force muscu laire des hommes et des animaux aurait été incapable de produire dans des conditions acceptables.

Pendant près de 60 ans, la généralité des machines à vapeur restèrent à balancier (fig. 1), à marche lente, à distribution par tiroirs plans, en n'utilisant la vapeur qu'à une pression très modérée. Wolf, par l'addition d'un second cylindre, permit l'allongement des détentes et, par conséquent, l'abaissement des consommations: c'était déjà une complication, mais peu sensible, car, en somme, les organes des cylindres gardaient leur simplicité.

Ces machines étaient d'une sûreté de marche remarquable et demandaient peu d'entretien. Nous citerons l'exemple d'une grande machine à balancier, gardée encore aujourd'hui comme moteur de secours, d'un grand peignage de laine du Nord, qui assura sans défaillance le service de l'usine pendant 50 ans jour et nuit. Il est tout à fait certain qu'aucune machine moderne ne sera capable d'une telle performance. Il ne faudrait pas déduire de ce qui précède que les métaux qu'on emploie actuellement ne valent pas les métaux anciens : au contraire, les métaux dont il est fait usage maintenant, sont, en général, supérieurs à ceux qui étaient employés autrefois, mais on a accéléré la vitesse des pistons des machines dans des proportions qui, il y a encore 20 ans, auraient été considérées comme dangereuses, on a triplé les pressions de vapeur, on emploie de plus en plus la vapeur surchauffée, etc..., toutes pratiques qui augmentent énormément la fatigue et l'usure du métal et limitent par conséquent la durée des machines. Du reste, par les temps de perfectionnement à outrance que nous traversons, il n'est plus guère utile de posséder des machines capables de durer très longtemps ; il vaut mieux escompter leur remplacement dans un délai assez court, de façon à pouvoir, le cas échéant, acheter des machines nouvelles plus perfectionnées.

Cependant, la crainte de troubles dans la marche des usines fait que les Directeurs responsables hésitent souvent à prendre des machines nouvelles, surtout lorsqu'ils estiment qu'elles n'ont pas fait suffisamment leurs preuves dans l'industrie. La prudence est évidemment une bonne chose, mais si tout le monde raisonnait ainsi, aucun progrès ne serait plus possible. Certains industriels, du reste, se montrent vraiment trop timorés. C'est ainsi qu'on a encore pu voir en 1888, pour une puissance de 1 200 chevaux, la machine à balancier à tiroirs être préférée à une machine Corliss. Or, le premier brevet de Corliss date de 1855. Il est vrai que ce type de machine, qui avait permis de ne pas consommer plus avec un seul cylindre qu'avec les deux cylindres d'une Compound à tiroirs, ne fût adopté sur le Continent que bien tard. L'apparition du premier modèle ne date que de l'Exposition de 1878. Les constructeurs de machines à vapeur d'alors, n'avaient pas voulu des licences qui leur avaient été offertes, sous prétexte que la machine, paraissant trop compliquée, ne serait jamais acceptée par les Industriels (fig. 2).

Ces temps sont déjà loin, mais les idées sont restées un peu les mêmes pour les nouveautés qui ne frappent pas les imaginations, comme l'automobile et l'aviation. On entend encore souvent un industriel dire qu'il préfère, à un moteur à gaz ou à une machine à vapeur surchauffée, une bonne vieille machine Corliss à vapeur saturée. Cette remarque montre pourtant que ce qui apparaissait encore comme une complication en 1888 peut être cité maintenant, à 25 ans de distance, comme un modèle de simplicité: c'est à peu près le temps qu'il faut pour faire l'éducation des masses. Ce n'est guère encourageant pour les inventeurs dont le maximum de protection n'est que de 15 ans.

Pour que l'industriel profite des améliorations qui surviennent tous les jours, il est nécessaire de lutter contre ces sentiments

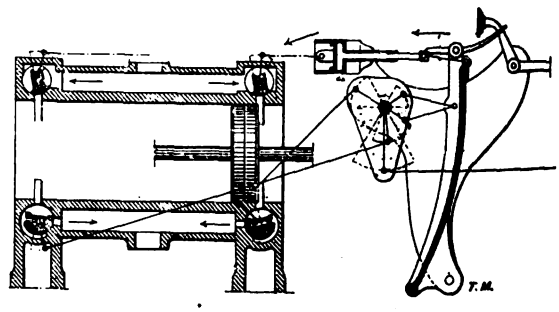


FIG. 2. — Schéma de la distribution d'une machine système Corliss à obturateurs.

de crainte et de prudence exagérée et pour cela, il y a un moyen bien simple, c'est de lui donner confiance en l'éclairant. Or, il n'y a qu'une enquête faite directement auprès des intéressés qui, à ce point de vue, puisse donner des résultats. Il est évident que, pour maintenir les installations de force motrice en bon état de fonctionnement, tant au point de vue de la sécurité de marche, que de l'économie, le meilleur moyen est de faire connaître tous les accidents et incidents qui peuvent se produire pendant le fonctionnement des machines, car alors, à la première alerte, on pourra faire le nécessaire sans courir le risque d'un arrêt forcé.

Il faut féliciter la Direction de *La Technique Moderne* d'avoir pris l'heureuse initiative de cette enquête qui sera des plus profitables.

Digitized by Google

Nous engageons en conséquence, tous les industriels et les Ingénieurs à nous communiquer les résultats de leurs propres observations au fur et à mesure qu'ils en auront l'occasion et même, s'il ne s'agit au premier abord que de remarques paraissant peu importantes, parce que, de l'analyse d'un ensemble de faits, on peut souvent tirer des conclusions fort importantes.

Afin d'attirer l'attention des intéressés sur le genre de communications qui peuvent être faites, nous allons successivement dire quelques mots des inconvénients ou accidents qui s'observent dans le fonctionnement des principales machines motrices. Nous commencerons par les machines à vapeur.

Analyse du fonctionnement de Machines thermiques.

I. — Machines a vapeur saturée.

Avec les machines à vapeur saturée, à pression modérée, c'est-à-dire ne dépassant pas 6 kgs et à distribution par tiroir plan ordinaire, la marche ne présente aucune espèce d'aléas, même si, pour tout entretien, on se contente d'assurer le graissage, mais les consommations de charbon sont élevées, surtout lorsque, par simplification ou manque d'eau, on ne fait pas de condensation. Avec l'emploi de tiroirs superposés (fig. 3), ce qui complique déjà les machines, on peut diminuer les consommations : nous employons cette forme dubitative, parce que, pour obtenir la meilleure marche économique, sous toutes les charges, le mécanicien doit, avec ce genre de distribution, régler à la main la position relative du tiroir de détente, opération qui est rarement faite avec intelligence, si bien que, sur beaucoup de machines, par crainte d'une erreur, on en arrive souvent à régler une fois pour toutes la position du tiroir de détente, et le réglage de la charge se fait alors uniquement par papillon, ce qui n'est pas recommandable et conduit au relèvement des consommations.

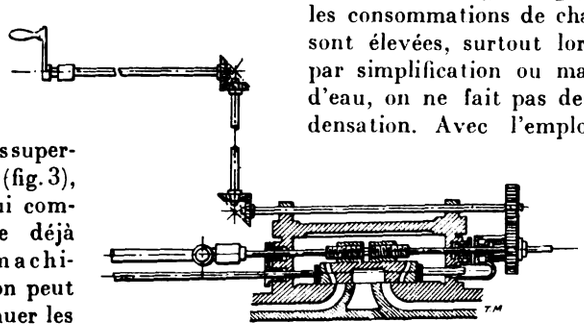


Fig. 3. — Dispositif de tiroirs système Meyer avec le réglage de la détente à la main.

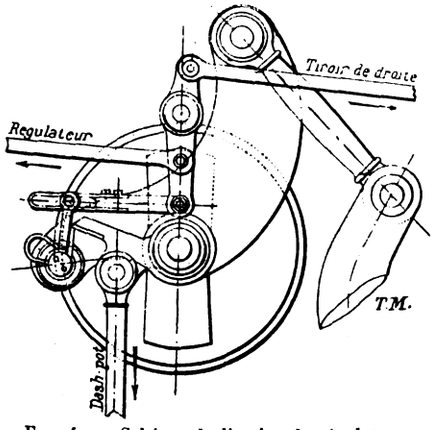


Fig. 4. — Schéma de l'action du régulateur sur un déclic.

Les mécanismes d'admissions variables, sous le contrôle d'un régulateur, compliquent les machines en tant que nombre d'organes, mais, par contre, le mécanicien-conducteur n'a alors en rien à se préoccuper des changements de charges. Il en est ainsi notamment pour toutes les machines à quatre distributeurs, que ces distributeurs soient des tiroirs, des obturateurs, des soupapes ou des pistons-valves (fig. 4).

Ce genre de machine, qui permet la réduction des espaces nuisibles, consomme notablement moins que les anciennes machines à tiroirs, quand elles ne sont pas déréglées... Mais, avec la multiplication des leviers de commande et des bielles de renvoi, une usure, même légère des articulations, cause des déréglages que le conducteur de la machine accentue souvent en agissant sur les organes de rattrapage de jeu. Dans ces conditions, les consommations de vapeur vont rapidement en augmentant et, par conséquant, les consommations de charbon.

Du reste, bien d'autres causes, qui passent inaperçues dans le fonctionnement des machines à vapeur, peuvent faire croître le prix du cheval-heure, et si l'on trouve tant d'installations de force motrice dans lesquelles le rendement thermique s'est abaissé à la moitié ou au tiers de ce qu'il était lors des essais de réception, c'est précisément parce que la machine à vapeur continue à faire son service, même si par exemple ses organes de distribution sont en mauvais état : on n'est pas prévenu. Les consommations qui s'exagèrent, ou, ce qui revient au même, les chaudières qui deviennent insuffisantes, font croire généralement à une charge croissante des machines.

Même avec des tiroirs qui se gondolent, des soupapes et des pistons qui fuient, des joints qui perdent, des calorifuges détériorés, des chaudières entartrées, l'industriel peut garder l'illusion de continuer à marcher dans d'excellentes conditions si ses installations sont largement prévues, parce qu'il n'a jamais alors, malgré tous ces défauts, une heure d'arrêt.

Avec les machines Compound, les détentes allongeant et l'influence des espaces nuisibles diminuant, une réduction de consommation peut de nouveau être obtenue, mais il ne suffit pourtant pas d'avoir une machine compound pour réaliser une économie certaine. Comme ce genre de machine coûte plus cher que les machines monocylindriques, il ne faut l'adopter qu'à bon escient. Il faut rappeler à ce propos que la machine compound n'est vraiment avantageuse d'emploi que dans les environs de sa charge normale. En surcharge ou à charge trop faible, l'un ou l'autre des cylindres ne fait plus qu'un travail insignifiant, et on n'obtient alors que des résultats inférieurs à ceux que peut donner une bonne machine monocylindrique.

Le réglage variable de l'admission au grand cylindre, pour parer en partie à cet inconvénient, est une solution qui n'est guère praticable et qui, mise entre les mains d'un mécanicien maladroit, est plutôt une cause de troubles.

En résumé, toutes les machines à vapeur saturée et à pression modérée ont une sûreté de marche remarquable, mais ce n'est néanmoins que par une *surveillance éclairée* qu'on les maintient dans de bonnes conditions économiques de fonctionnement. Avec de telles machines, on peut arriver à ne consommer qu'un kg de charbon par cheval-heure indiqué, mais bien souvent, après quelques années de marche, on trouve que les consommations ont augmenté dans des proportions invraisemblables : il n'est pas rare de relever dans des stations d'électricité, même d'une certaine importance, des dépenses de 3 kg 5 de charbon par kw. Nous avons même trouvé des consommations allant jusqu'à 6 kgs.

Du reste, à la suite d'une enquête qui a été faite, il y a quelques années en Angleterre, pour déterminer les consommations de charbon au kw, on a trouvé que, sur trente-quatre « grandes Centrales » d'électricité de la Grande-Bretagne, cette consommation moyenne était précisément de 3 kg 5 par kw, les valeurs extrêmes étant de 1,63 et 6,80.

Après trois années de modifications et de surveillance, la dépense moyenne par kw est descendue à 2 kg 72 pour les mêmes trente-quatre grandes Centrales. *Ces résultats montrent combien il est imprudent, quand il s'agit de vapeur, de baser le prix de revient sur des consommations d'essais.*

II. — Machines a vapeur surchauffée.

La surchauffe améliore le rendement thermique des machines à vapeur, ce n'est pas douteux, mais moins qu'on ne le croit généralement, et l'industriel est mal renseigné lorsque le constructeur

Digitized by Google

lui donne simplement des garanties de consommation en kilogrammes de vapeur. La vapeur surchauffée en effet coûte notablement plus cher à produire que la vapeur saturée.

C'est avec les « demi-fixes » (fig. 5) que les meilleurs résultats ont été obtenus jusqu'ici, résultats qui s'expliquent par le fait que, dans ce genre de machine, les déperditions par rayonnement entre la chaudière et les cylindres sont réduites au minimum. L'emploi de la surchauffe ne complique que les installations, mais néanmoins, lorsque l'on a recours en même temps à des pressions élevées, les tiroirs plans et même les obturateurs (qui sont pourtant les meilleurs distributeurs au point de vue de l'étanchéité) deviennent d'un emploi difficile : on leur préfère des organes équilibrés, comme les soupapes et les pistons valves qui donnent plus de sécurité. La conduite d'une machine à vapeur surchauffée reste toujours assez délicate, c'est à tel point que, dans nombre d'usines, on y a renoncé faute de pouvoir obtenir du personnel la surveillance nécessaire pour éviter des arrêts. Entre autres inconvénients, la vapeur surchauffée donne lieu à des difficultés de graissage que certaines maisons de construction n'ont jamais pu surmonter : on a souvent constaté des usures de cylindres extrêmement rapides.

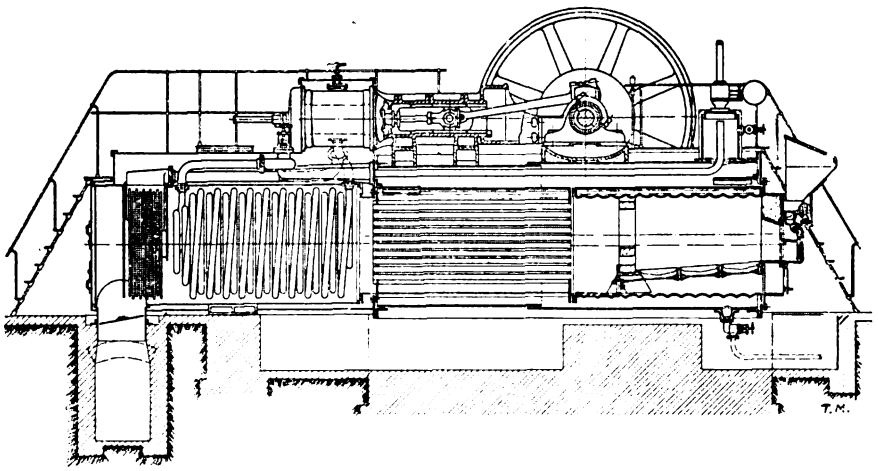


FIG. 5. — Coupe d'une machine demi-fixe, système Wolf.

Indépendamment du fonctionnement des machines, les surchauffeurs sont des appareils qui se détériorent souvent très rapidement par oxydation : aussi est-il toujours prudent de prévoir, dans les installations, un by-pass pour permettre de fonctionner instantanément à la vapeur saturée dès qu'une avarie survient à un surchauffeur. D'autre part, le réglage de la température d'un surchauffeur n'est jamais automatique : la surveillance à ce sujet ne doit jamais se relâcher. Enfin, on obtient rarement un rendement thermique élevé d'un surchauffeur. La surveillance éclairée de l'installation importe donc encore beaucoup plus pour une installation à vapeur surchauffée que pour une installation à vapeur saturée, non seulement pour obtenir l'économie de combustibles escomptée sur la foi des garanties des constructeurs, mais encore pour ne pas avoir de troubles dans la marche même de l'installation.

III. — TURBINES A VAPEUR.

Les turbines à vapeur, au point de vue des consommations, ne peuvent entrer en lutte avec les machines à pistons que pour des puissances élevées, 1 500 chevaux par exemple, mais, pour des puissances de 3 000 à 20 000 chevaux, la turbine est une machine idéale, en raison de son faible encombrement (fig. 6). Il faut remarquer d'autre part qu'une turbine est, par elle-même, pratiquement indéréglable. Si elle reçoit une bonne qualité de vapeur et si son condenseur fonctionne bien, sa consommation pour une charge donnée peuvent rester très constante. Les difficultés de conduite qu'on rencontre quelquefois ne proviennent pas de la turbine elle-même, mais de ce qui est nécessaire à son fonctionnement.

Pour qu'une turbine ait un fonctionnement économique il faut assurer à son condenseur un vide de 94 à 96 %, ce qui n'est pas toujours commode à obtenir. Dans les grandes installations, pour y atteindre, il faut disposer d'eau froide en quantité considérable. Quand on n'a pas une rivière (nous allions dire un fleuve) à sa disposition, les installations de refroidissement d'eau coûtent cher à établir et donnent lieu à une perte de puissance qui n'est pas négligeable. Les turbines, d'autre part, sont quelquefois sujettes à des usures rapides d'aubages. Ces inconvénients sont, en général, dûs soit à des corps étrangers entraînés par la vapeur, soit à l'emploi de vapeur trop humide ou au contraire trop surchauffée : d'où une difficulté de surveillance. Enfin, les chaudières, quand elles sont très puissantes, ne peuvent être desservies que par des grilles mécaniques, et leur fonctionnement n'est alors économique que pour une production déterminée de vapeur, en dehors de laquelle les variations de consommation de charbon sont importantes.

Par contre, pour la surveillance des grandes installations, on peut faire appel à un personnel de choix capable de maintenir constamment le matériel dans le meilleur état de fonctionnement et c'est certainement à cette dernière considération que l'on doit les très beaux résultats économiques donnés par les Stations Centrales des grandes sociétés de distribution de force et de lumière.

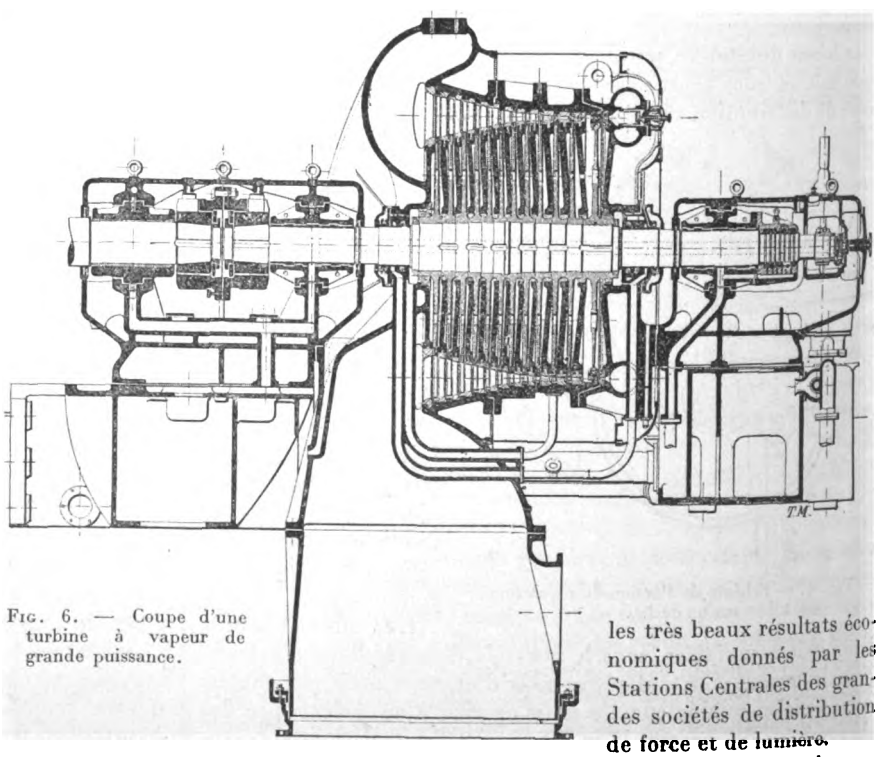


FIG. 6. — Coupe d'une turbine à vapeur de grande puissance.

Quoi qu'il en soit, bien que le nombre des installations de turbines et de machines à piston à vapeur surchauffée, marchant bien, augmente constamment, on constate encore quelquefois des accidents qui s'expliquent mal. Pour les turbines, ce sont surtout des usures rapides d'ailettes et, pour les machines à piston, des grippages et des cassures de cylindres ou de balanciers de pompes à air.

Digitized by Google

IV. — Moteurs a gaz riche.

En ce qui concerne les moteurs à gaz de ville, qui ne sont plus guère employés que pour de petites puissances ou comme secours, les observations que l'on peut faire sur leur fonctionnement ne diffèrent pas sensiblement de celles qui concernent les moteurs à gaz pauvre, sauf que leur conduite est bien plus facile, attendu qu'ils reçoivent toujours un gaz de composition parfaitement déterminée et parfaitement épuré. Un moteur à gaz de ville, bien entretenu, qui comporte des graissages automatiques, peut presque marcher indéfiniment sans surveillance, à la condition toutefois, qu'il n'ait pas été construit pour de trop fortes compressions et que ses diagrammes n'accusent pas des pressions moyennes supérieures à 5 kgs par cm².

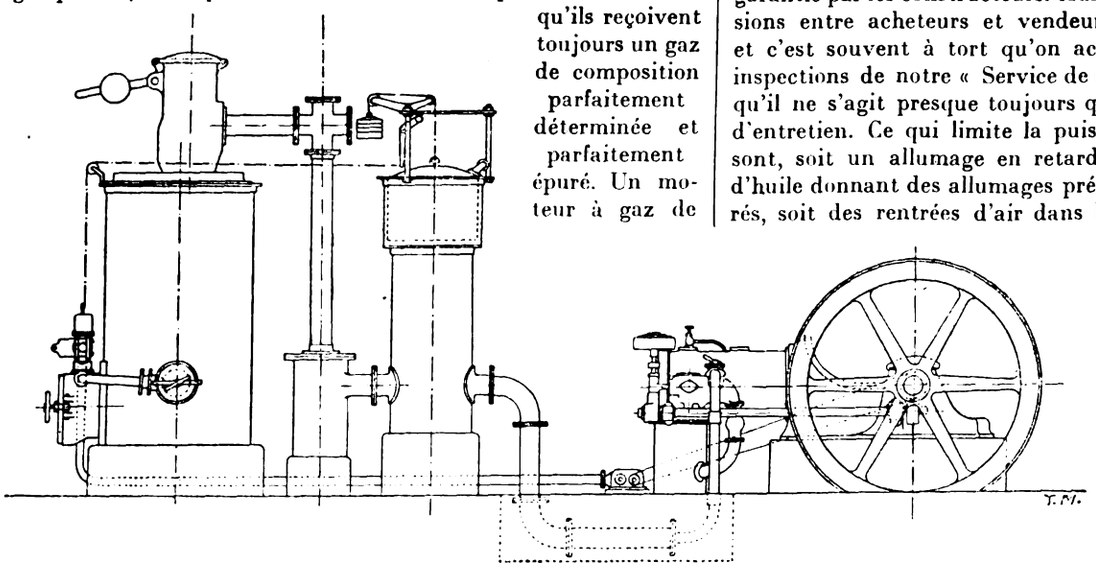


Fig. 7. — Schéma d'une installation à gaz pauvre.

V. — Moteurs a gaz pauvre.

Les installations à gaz pauvre (fig. 7) et surtout celles dans lesquelles le gazogène peut être alimenté de charbons maigres ordinaires ou de grésillon de coke, sont celles qui de beaucoup donnent le cheval-heure-effectif au meilleur marché.

Cet avantage des moteurs à gaz pauvre n'est pas discutable. Les industriels qui ont employé successivement la vapeur et le gaz pauvre ne nous contrediront pas, car ils sont parfaitement fixés à cet égard. Un avantage remarquable encore à l'actif des moteurs à gaz pauvre, c'est qu'en marche industrielle on peut se rapprocher beaucoup plus des consommations d'essais qu'avec la vapeur. L'industriel qui emploie un moteur à gaz est, du reste, d'autre part, mieux fixé sur le prix de revient de la force motrice qu'avec la vapeur car les garanties des constructeurs lui sont toujours données directement en grammes de charbon.

D'autre part, les consommations de ces machines, pour une charge normale, varient peu avec le temps. Par contre, les installations à gaz pauvre sont sujettes à des inconvénients graves quand le personnel chargé de leur conduite est mal éduqué ou négligent. Il est tout à fait certain que, si on mettait les installations à gaz pauvre dans les conditions défectueuses de fonctionnement de certaines machines à vapeur, la marche industrielle ne serait pas possible. Il ne faudrait pourtant pas croire qu'un moteur à gaz, pour bien marcher, doit être conduit par un maître-mécanicien ; au contraire, les installations qui marchent le mieux sont celles qui sont surveillées par des hommes, aptes, bien entendu, à comprendre les explications qu'on peut leur donner, mais n'ayant jamais fait de mécanique ; ce qu'il faut avant tout, ce sont des hommes faisant leur travail consciencieusement et visitant et nettoyant à temps les parties des moteurs et des appareils à gaz pauvre susceptibles de se salir ou de se détériorer.

Ordinairement, les moteurs qui fonctionnent en-dessous de leur charge normale ne donnent lieu à aucune observation défavorable ; néanmoins, il ne faut pas s'endormir pour cela dans une sécurité trompeuse, car un déréglage peut alors passer inaperçu et lorsqu'on veut charger, on constate que le maximum de puissance des machines reste en-dessous de la puissance normale garantie par les constructeurs. Aussi, nombreuses sont les discussions entre acheteurs et vendeurs au sujet de cette garantie, et c'est souvent à tort qu'on accuse le constructeur ; par les inspections de notre « Service de Contrôle », nous avons reconnu qu'il ne s'agit presque toujours que d'un défaut de conduite ou d'entretien. Ce qui limite la puissance d'un moteur à gaz, ce sont, soit un allumage en retard ou mal réglé, soit un excès d'huile donnant des allumages prématurés, soit des gaz mal épurés, soit des rentrées d'air dans les tuyauteries des gazogènes.

Nous devons ajouter que les causes de diminution de puissance ne sont pas toujours faciles à reconnaître, surtout si on n'a pas une très grande pratique de ce genre de machine, car elles varient avec chaque modèle d'installation.

Une autre difficulté qui se présente encore avec les moteurs à gaz pauvre, ce sont des mises en route difficiles, surtout après les périodes d'arrêt du samedi soir au lundi matin. Après le réallumage d'un gazogène, le gaz peut, en effet, ne pas avoir le même pouvoir calorifique qu'en marche normale. Les tampons d'allumage d'autre part, ont une tendance à se couvrir aux arrêts d'une buée qui les met en court-circuit.

Quant aux rentrées d'air dans les gazogènes, elles ne sont pas sans danger, car elles font circuler dans les appareils un mélange détonant, qui peut s'allumer par un retour de flammes du moteur et causer des ruptures de tuyauteries ou de colonnes de refroidissement : si même l'allumage se produit au moment d'un nettoyage de foyer, le chauffeur peut être brûlé par des projections de charbon rouge. A côté de ces inconvénients courants, mais auxquels on peut parer par une bonne éducation du personnel, il se présente des accidents qu'il est souvent difficile d'expliquer clairement. Dans cette catégorie, rentrent les cassures de culasses, l'arrachement des boulons de tête de bielle, même dans les moteurs à simple effet, alors que ceux-ci ne reçoivent que des efforts dûs à l'inertie des pièces en mouvement, etc...

On constate aussi assez souvent des ruptures d'arbre en des endroits divers des régulateurs, qui, après un certain temps de marche, deviennent bruyants et semblent constamment affolés, malgré la présence d'un frein à huile sur leur commande. Les gazogènes, de leur côté, sont sujets à des avaries provenant, par exemple, d'un accrochage de scories trop haut dans les cuves, de félures de saturateurs, même lorsqu'ils sont en acier coulé ou en acier forgé, de la détérioration rapide des réfractaires, etc., etc...

VI. — Grands moteurs a gaz.

Suivant la solution que nous avons été le premier à adopter, les grands moteurs se font exclusivement, aujourd'hui, à double effet. On en trouve encore que très peu alimentés par des gazogènes, bien qu'avec le gaz pauvre, il soit actuellement possible de réaliser des stations centrales très puissantes (fig. 8), dont le prix de revient du kw serait notablement inférieur à tout ce qui a été obtenu jusqu'ici ; si on n'en est pas encore venu à cette solution, c'est qu'on n'est pas fixé sur le fonctionnement industriel des grands gazogènes ; mais on le sera bientôt, car on commence à

Digitized by Google

remplacer par des gazogènes les grilles mécaniques des générateurs de vapeur de grande production.

Par contre, dans les usines métallurgiques et auprès des fours à coke, le moteur à gaz a complètement détrôné la machine à vapeur. Les stations centrales à gaz de 20 000 chevaux ne sont plus rares et on en trouve déjà de 50 000 ; il est vrai que l'unité de 7 000 est devenue un type industriel, et il n'y a pas de raison du reste pour qu'on ne fasse pas bientôt des moteurs de 10 000 chevaux : c'est-à-dire que le moteur à gaz peut satisfaire aux besoins les plus considérables sans exiger l'emploi d'un trop grand nombre d'unités à surveiller.

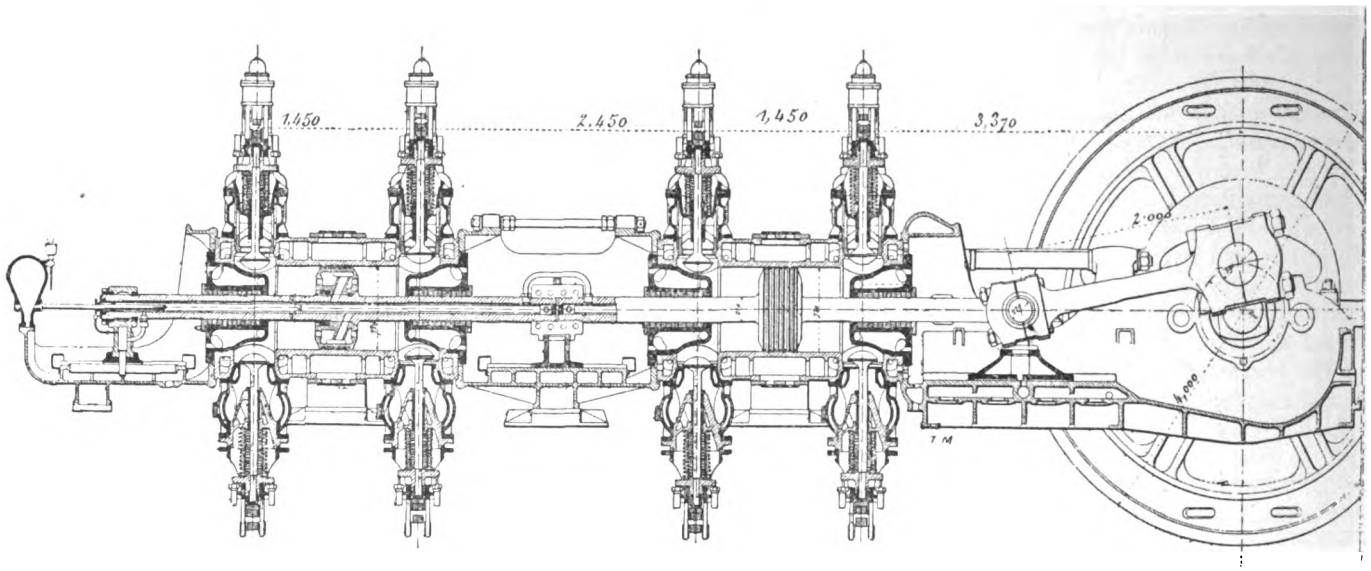


Fig. 8. — Coupe d'un grand moteur à gaz système Letombe.

L'emploi direct des gaz de hauts fourneaux et des fours à coke dans les moteurs, qui présentent déjà de si grands avantages, vient de faire un nouveau progrès par l'utilisation de la chaleur des gaz d'échappement au chauffage de chaudières alimentant des turbines : on gagne ainsi de 10 à 13 % de puissance pour une même consommation de gaz.

L'emploi de gaz de mieux en mieux épurés a permis déjà d'éviter bien des difficultés rencontrées dans l'application des grands moteurs, mais ceux-ci restent sujets aux allumages prématurés, aux ruptures de cylindres, aux grippages de tiges, etc., accidents dont les causes extrêmement multiples ne sont pas faciles à découvrir. Le fonctionnement de ces moteurs doit donc être bien surveillé. Aussi, dans les grandes stations centrales, y a-t-il toujours un certain nombre d'unités de rechange, de manière à permettre une visite complète de chaque moteur par mois. Il y a là évidemment une sujétion qu'il serait souhaitable de voir disparaître.

On rencontre souvent plus de difficultés dans la conduite des moteurs à gaz de fours à coke que dans ceux de hauts fourneaux, parce que le premier gaz contient beaucoup d'hydrogène donnant plus facilement des explosions brutales ou prématurées qui rendent la bonne marche moins certaine.

VII. — Moteurs a combustion genre Diesel.

Il semble, *a priori*, quand on lit une simple description du fonctionnement de ces moteurs, que leur marche devrait être beaucoup plus sûre que celle des moteurs à gaz; il est certain, du reste, que nombre d'installations de moteurs Diesel (fig. 9) fonctionnent parfaitement et dans des conditions remarquables d'économie, malgré le prix de revient relativement élevé des huiles lourdes. On obtient actuellement, avec ces machines, le kw par deux centimes et demi d'huile de goudron dépensée. Si ce prix ne permet pas, même de loin, de lutter contre le moteur à gaz pauvre, il permet néanmoins le remplacement des machines à vapeur.

Lorsqu'il s'agit de marche intermittente à puissance très variable, et surtout quand on dispose de locaux restreints, ou pour supprimer toute odeur désagréable, le moteur à huile lourde est tout indiqué. Ce qui fait l'avantage du moteur à combustion, ce n'est pas tant, comme on le croit généralement, de se passer d'inflammateurs, mais le peu d'emplacement qu'il réclame, sa basse consommation, sa mise en route immédiate et la propreté des installations.

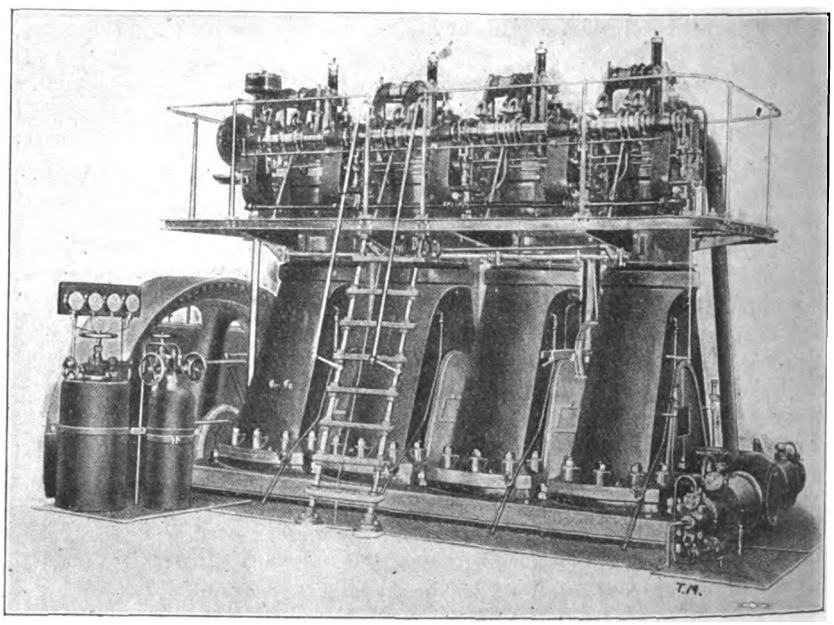


Fig. 9. — Vue d'un moteur à combustion type Diesel.

La pratique a montré que, pour la conduite de ces machines (qui ne peuvent bien fonctionner qu'à la condition d'avoir été très bien construites), il fallait un personnel très expérimenté et capable de contrôler, par exemple par l'observation de diagrammes relevés de temps en temps, le bon réglage des pompes à

Digitized by Google

combustible : il ne faudrait pas croire que la substitution d'une huile à une autre dans un moteur Diesel soit sans importance.

Avec l'emploi des huiles de goudron, qui s'allument difficilement, on a été amené à injecter, en même temps que cette huile dans les cylindres, une certaine proportion d'huile solaire, c'est-à-dire d'huile plus volatile pour provoquer la combustion dès que les aiguilles d'injection sont soulevées. Il faut alors un double jeu de pompes qu'il est prudent de prévoir par cylindre.

Si dans ces machines, il n'y a pas d'inflammateurs à entretenir, il faut, par contre, vérifier à de très courts intervalles le fonctionnement de l'aiguille d'injection. Des fuites aux aiguilles, notamment, provoquent la formation de mélange tonnant dans les cylindres pendant la compression : un allumage prématuré survenant dans ces conditions peut causer des ruptures d'arbre ou des fêlures de culasses ou de pistons.

Les moteurs à combustion présentent l'avantage, sur les moteurs à gaz, de pouvoir assez facilement être surchargés au-dessus de leur puissance normale, mais cette pratique n'est pas recommandable, car si les pistons et les cylindres deviennent trop chauds, on risque des arrêts par grippage. Ce n'est du reste pas en poussant les machines, qu'on obtient les meilleures consommations.

Nous espérons que les remarques ci-dessus inciteront les industriels et les ingénieurs qui s'intéressent aux machines thermiques à communiquer leurs remarques personnelles à *La Technique Moderne*. Tous les documents communiqués seront collationnés et publiés d'une façon assez discrète pour ne causer bien entendu aucun préjudice, ni aux Constructeurs, ni à personne.

Cette enquête, purement technique, est entreprise en effet uniquement dans un but d'intérêt général. Quand elle sera close, nous rédigerons un rapport analysant et commentant tous les faits signalés, en les classant de façon que le lecteur puisse y retrouver facilement les renseignements et documents qui l'intéressent.

L. LETOMBE,
Professeur du cours de machines thermiques à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'HYDROGÉNATION DES HUILES

SOMMAIRE. — *Introduction et généralités sur l'origine et l'emploi des corps gras. — Composition chimique des corps gras et relations entre les graisses liquides et solides. — Essais de durcissement des corps gras antérieurs à l'hydrogénation. — Théorie de l'hydrogénation des huiles par les procédés catalytiques. — Procédés industriels de l'hydrogénation et description des divers procédés brevetés. — Propriétés et emplois des graisses durcies. — Avenir de l'hydrogénation. — Conclusions.*

GÉNÉRALITÉS. — Depuis les recherches classiques de Chevreul, qui datent de près d'un siècle, on sait que les corps gras sont les éthers glycériques des acides gras, formés par anhydrisation entre une molécule de glycérine et trois molécules d'acides gras. Cette composition est confirmée par l'hydrolyse alcaline, la saponification, qui fournit de la glycérine et un savon, c'est-à-dire le sel alcalin de l'acide gras.

D'autre part, Berthelot a, il y a près d'un demi-siècle, synthétisé les corps gras en partant de leurs composants, et cette synthèse a permis aussi de générer des dérivés mono et bisubstitués de la glycérine, qui ne se trouvent pas normalement dans les corps gras naturels. Mais la synthèse n'a pas dépassé le domaine du laboratoire et rien ne permet d'entrevoir provisoirement une application industrielle de ces procédés.

Tous les corps gras employés sont donc d'origine naturelle, animale ou végétale. Il n'y a guère d'organes qui ne contiennent, à un moment donné, plus ou moins de graisse ; pour l'exploitation industrielle, il faudra évidemment employer une matière première facilement accessible et à grand rendement. Quant à l'obtention des graisses ou des huiles, elle se fait par une opération purement mécanique ; on les obtient soit par pression, soit par fusion ou par extraction avec des solvants des fruits ou graines oléagineuses ou des tissus ou organes adipiques. Les graisses et huiles brutes ainsi obtenues sont très souvent purifiées par des traitements acides ou alcalins, puis filtrées, et, le cas échéant, décolorées. Les corps gras servent d'abord à l'alimentation ; ces aliments indispensables trouvent, par suite de leur chaleur de combustion élevée, un emploi considérable, surtout dans les pays septentrionaux. On préfère dans ces contrées, en général, les graisses mi-solides ou solides, alors que les méridionaux emploient beaucoup d'huiles pour leurs besoins culinaires. Une quantité notable sert ensuite pour la fabrication des savons, dont la consommation est en rapport avec le degré de civilisation, puis pour la fabrication des bougies stéariques, ensuite comme lubrifiants, dans l'industrie des siccatifs, etc. Il est certain que la consommation en corps gras pour les divers emplois va en augmentant très fortement : c'est ce qui explique la hausse très sensible et constante de ces matières depuis de nombreuses années. On a pu craindre, à un moment donné, qu'une hausse passagère particulièrement sensible, ne fut l'indice que la production des matières grasses n'était pas en rapport avec la demande. Ceci n'est certainement pas à craindre. Si certaines sources de production devaient venir à se tarir ou à diminuer sensiblement, il ne sera pas trop difficile d'en découvrir de nouvelles. Ainsi, pour citer un exemple tout récent, l'huile de soja, parfaitement inconnue il y a quelques années, vient d'être introduite sur le marché européen et rien n'empêchera d'augmenter les plantations d'autres plantes oléagineuses à grand rendement.

Pour certains produits d'origine animale, comme pour l'huile de baleine, il est par contre possible qu'une diminution se produise, car la chasse intense faite à ces mammifères aura pour conséquence que leur destruction sera plus rapide que leur reproduction. Il se peut donc que nous arrivions à manquer, avec le temps, de l'une ou l'autre huile ou graisse. Mais ce fait n'est pas particulièrement inquiétant parce que, d'abord, il est souvent possible de remplacer une graisse par une autre, et qu'ensuite il vient de se produire un fait nouveau, particulièrement intéressant, qui permettra de modifier, d'une façon très sensible et avantageuse pour l'industrie, les propriétés des huiles.

Ce fait nouveau, c'est l'*hydrogénation des huiles*, industrie toute récente qui promet d'avoir des conséquences techniques très importantes. Le but de cette industrie est de transformer des

Digitized by Google

graisses de valeur industrielle inférieure en produits de qualité supérieure ; elle servira donc de correctif aux prix par trop élevés que peuvent atteindre certaines graisses naturelles. Au point de vue physique, il est à remarquer qu'elle modifie l'état des corps gras, en ce sens qu'elle durcit les graisses liquides ou demi-liquides. C'est ce qui lui a valu le nom de *Fetthaertung*, durcissement ou solidification des graisses, sous laquelle cette industrie est surtout exercée en Allemagne. A côté de cette modification physique fort importante, elle a aussi pour but de désodoriser certaines graisses qui, par suite de leur mauvaise odeur, n'avaient qu'une valeur marchande peu considérable et qui, améliorées de cette sorte, augmentent notablement de prix.

La désodorisation de certains produits, du beurre de coco, par exemple, a déjà été réalisée depuis fort longtemps, et c'est même une industrie actuellement fort prospère ; elle obtient ce résultat par action de la vapeur d'eau surchauffée ou de l'air chaud (1). Mais dans ce cas, il s'agit d'impuretés volatiles, qu'il est possible d'enlever par un traitement physique ou mécanique. Dans d'autres cas, et particulièrement pour les huiles de poisson, l'odeur singulière est due au composé chimique lui-même. La désodorisation ne peut être obtenue qu'en modifiant la composition chimique : ce résultat est précisément obtenu par l'hydrogénation.

Composition chimique des corps gras. — Afin de bien se rendre compte du procès chimique de l'hydrogénation, nous allons examiner très rapidement la chimie des graisses et huiles. Comme nous le disions plus haut, la plupart des corps gras sont des éthers glycériques des acides gras, correspondant à la formule générale :

$$\begin{array}{l} CH^2\ O\ R \\ | \\ CH\ \ O\ R \\ | \\ CH^2\ O\ R \end{array}$$

dans laquelle R signifie le radical d'un acide gras à poids moléculaire élevé. Si R correspond à l'acide palmitique ($C^{16}H^{32}O^2$), nous aurons la tripalmitine ; dans le cas de l'acide stéarique ($C^{18}H^{36}O^2$), la tristéarine. Ces corps gras sont solides. Les acides contenus sont des acides saturés à chaîne normale ; la composition de l'acide stéarique par exemple est donnée par la formule :

$$CH^3 - (CH^2)^7 - CH^2 - CH^2 - (CH^2)^7 - COOH.$$

D'autres acides saturés peuvent entrer dans la composition des graisses : tels sont, entre autres, l'acide laurique ($C^{12}H^{24}O^2$) dans le beurre de coco et l'huile de palmiste, l'acide arachique ($C^{20}H^{40}O^2$) dans l'huile d'arachides, etc.

Ces composés complètement saturés ne peuvent naturellement pas être modifiés par l'hydrogénation. Mais un composant fort important des graisses liquides et semi-liquides est la trioléine, éther glycérique de l'acide oléique, liquide à température ordinaire. Or, l'acide oléique est un acide non saturé : $C^{18}H^{34}O^2$, soit :

$$CH^3 - (CH^2)^7 - CH = CH - (CH^2)^7 - COOH.$$

Il possède la même chaîne que l'acide stéarique ; en additionnant deux atomes d'hydrogène à sa liaison éthylénique, il est transformé en acide stéarique :

$$C^{18}H^{34}O^2 + H^2 = C^{18}H^{36}O^2.$$

Par hydrogénation, l'acide oléique, liquide à température ordinaire, donne donc l'acide stéarique solide (point de fusion 70°). L'acide oléique, souvent dénommé oléine, est le produit accessoire obtenu dans la stéarinerie à côté des acides palmitique et stéarique lors du travail à la presse.

L'acide oléique n'est pas le seul acide de la série $C^nH^{2n-2}O^2$ qui se trouve dans les huiles ; on trouve d'autres acides analogues et homologues unis à la glycérine dans les huiles végétales et animales. A la série de l'acide oléique se rattache aussi l'acide ricinique liquide qui est un acide oxyoléique : $C^{18}H^{34}O^3$, soit :

$$CH^3 - (CH^2)^5 - CHOH - CH^2 - CH = CH - (CH^2)^7\ COOH ;$$

par hydrogénation, il fournit un acide oxystéarique solide, comme son glycéride, l'huile de ricin, peut être hydrée en donnant un trioxystéarate de glycérine solide.

Les huiles siccatives, comme l'huile de lin par exemple, contiennent des acides encore moins saturés, de la série : $C^nH^{2n-4}O^2$, comme l'acide linolique par exemple : $C^{18}H^{32}O^2$, probablement :

$$CH^3 - (CH^2)^4 - CH = CH - CH^2 - CH = CH - (CH)^7 - COOH.$$

L'examen de la formule démontre qu'une hydrogénation totale le transformera aussi en acide stéarique ; son glycéride fournira de même de la stéarine.

Il existe, enfin, des acides encore moins hydrogénés, $C^nH^{2n-6}O^2$, $C^nH^{2n-8}O^2$; à cette dernière série appartient, entre autres, l'acide clupanodonique ($C^{18}H^{28}O^2$), qui, d'après les recherches du chimiste japonais Mistumaru Tsujimoto, est celui qui donne à l'huile de poisson son odeur caractéristique repoussante. Comme il fait partie intégrante de la molécule, on comprend que la distillation seule, même avec l'aide d'agents physiques, vapeur ou air chaud, ne permet pas de désodoriser ce produit. Par contre, ce résultat pourra être obtenu par hydrogénation, car cet acide aussi pourra, par addition de 8 atomes d'hydrogène, être transformé en acide stéarique.

En somme, sans vouloir insister plus longuement sur la constitution des corps gras et des acides gras qui y sont contenus, on verra par ce court exposé qu'il existe entre les diverses graisses des relations relativement simples. Un assez grand nombre de corps gras est composé d'un mélange de trioléine, tripalmitine et tristéarine. Si ces deux derniers composants prédominent, la graisse sera solide à température ordinaire : c'est le cas du suif et du saindoux, par exemple ; elle sera, par contre, liquide si la trioléine forme la partie principale : ce qui a lieu pour l'huile d'olives et l'huile d'amandes. On pourrait, par hydrogénation de ces huiles, transformer la trioléine liquide en tristéarine solide et obtenir des produits analogues au suif, en d'autres termes, durcir la graisse liquide. Inutile d'ajouter que, dans le cas particulier, cette opération ne présenterait aucun intérêt économique.

Essais de durcissements antérieurs a l'hydrogénation. — Le problème de la solidification des graisses liquides est fort ancien. Dès la création de l'industrie des bougies stéariques par de Milly, la question s'est posée de transformer l'acide oléique liquide en stéarine solide pouvant servir à la confection des bougies.

On a essayé d'isomériser l'acide oléique liquide par l'action de l'acide nitreux en acide élaidique solide (point de fusion, 44,5° C) ; celui-ci n'est pas employable dans la stéarinerie. Par fusion alcaline, l'acide oléique est scindé en acide palmitique solide et en acide acétique ; la réaction a trouvé une certaine application industrielle, mais est restée limitée par suite des dangers lors de l'exécution. On a aussi étudié l'action du chlorure de zinc à température élevée, puis on a essayé d'oxyder l'acide oléique en acides oxystéarique ou dioxystéarique solides. Cette transformation peut se faire d'une façon presqu'intégrale ; ainsi la Standard Oil Company obtient, en solution, l'éther de pétrole par action de l'acide sulfurique dans de certaines conditions jusqu'à 90 % d'acide oxystéarique (brevet allemand n° 174 471). Tout récemment encore, MM. F. Boehringer et Söhne ont breveté un procédé pour solidifier l'acide oléique en le dissolvant dans l'éther de pétrole, puis en précipitant par l'ammoniac (brevet allemand n° 204 708).

Tous ces procédés et une série d'autres que nous passons sous silence n'ont eu qu'un succès éphémère et ne sont pas entrés dans

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 13 (décembre 1909), p. 605.

Digitized by Google

la pratique industrielle (1), soit par suite de rendements insuffisants, de difficultés dans l'exécution ou aussi parce que le produit obtenu ne possédait pas les propriétés voulues pour l'emploi auquel on le destinait.

En somme, il n'y a qu'un procédé qui ait réussi industriellement, c'est le traitement à l'acide sulfurique concentré, introduit par Wilson et de Milly, vers le milieu du XIXe siècle et qui sert encore actuellement. Pour la stéarinerie, on saponifie les matières grasses à l'autoclave, ce qui permet d'obtenir la glycérine fort précieuse avec un bon rendement, puis l'on traite les acides gras séparés par l'acide sulfurique concentré ; on verse dans l'eau bouillante et l'on distille ensuite les acides à la vapeur d'eau surchauffée. Par ce traitement, on augmente le rendement en stéarine de 45 à environ 60 parties du corps gras employé. Nous croyons inutile d'étudier ici la réaction chimique, qui donne lieu à la transformation de l'acide oléique liquide en produits solides, notamment en acide isoléique et en stéarolactone, car on trouvera cette question exposée dans la plupart des traités sur les corps gras.

La transformation est toutefois loin d'être intégrale et l'on obtient toujours, comme produit accessoire, de l'acide oléique qui sert pour la savonnerie (fig. 1).

Hydrogénation des huiles. — Ainsi que nous l'avons exposé plus haut, il est théoriquement au moins, très simple de passer de l'acide oléique à l'acide stéarique ; il suffit d'additionner deux atomes d'hydrogène à la liaison éthylénique. On peut aussi, théoriquement au moins, additionner de l'halogène, puis le remplacer par de l'hydrogène en réduisant ensuite. Plusieurs auteurs se sont occupés de trouver une solution dans cette voie. Ainsi MM. de Wilde et Reychler (2) se sont servis de l'iode, d'autres auteurs ont fait agir du chlore dans certaines conditions (3) sans obtenir des résultats satisfaisants, soit comme rendements, soit qu'ils aient été arrêtés, comme dans le cas du chlore, par l'attaque des appareils.

M. Tissier, en 1897 (4), proposa l'hydrogène naissant, produit par l'action de la poudre de zinc sur l'eau en présence des acides gras, et agissant sous pression, pour faire l'hydrogénation (brevet français n° 263 158). Il ne semble toutefois guère possible d'additionner de l'hydrogène dans ces conditions.

Les premiers résultats favorables furent obtenus par M. de Hemptinne (brevets allemands, n° 167107, 234543, 236295) par hydrogénation de l'acide oléique sous l'action des effluves électriques. L'auteur indique un rendement de 40 %. Actuellement, ce procédé pour l'hydrogénation des huiles est dépassé par les méthodes catalytiques dont il sera question plus loin ; il n'offre donc plus qu'un intérêt historique pour cette industrie. Il paraît toutefois être intéressant pour augmenter la viscosité de certaines huiles de graissage (5).

A citer encore dans cet ordre d'idées le procédé de la maison C. F. Boehringer et Söhne, qui hydrent les acides gras ou les graisses par l'électrolyse en solution alcoolique (brevets allemands nos 187788, 189332). La cathode en métal (platine, palladium ou nickel) est recouverte du même métal à l'état spongieux. Ce procédé se rapproche déjà sensiblement des procédés catalytiques ; il faut toutefois faire remarquer que la présence de l'alcool augmente sensiblement les prix de revient. Ensuite, si les acides gras sont solubles dans l'alcool, la plupart des graisses ou des huiles — à l'exception de l'huile de ricin — ne le sont pas ou d'une façon insuffisante. Les procédés électrochimiques semblent en général être dépassés actuellement par les procédés catalytiques.

La question de l'hydrogénation des huiles entre dans une nouvelle phase à la suite des travaux de M. Sabatier et de ses collaborateurs sur l'hydrogénation par action catalytique. Cette méthode est trop connue pour qu'il soit nécessaire de l'exposer ici en détail (1). On sait que, d'après cette méthode, il est possible d'hydrer des substances organiques par l'action de l'hydrogène moléculaire, en présence de certains métaux à l'état finement divisé, tels que notamment le nickel.

On peut ainsi additionner de l'hydrogène aux liaisons éthyléniques, c'est-à-dire passer de l'acide oléique à l'acide stéarique (2) Dans la forme primitive du procédé, il fallait faire passer l'acide

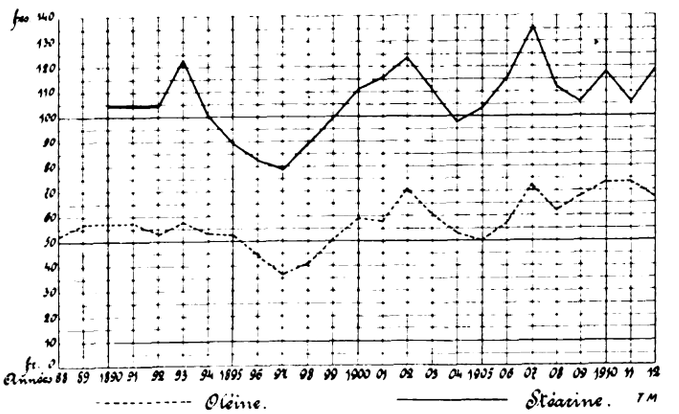


Fig. 1. — Diagramme comparatif des prix des acides oléique et stéarique pendant la période 1888-1912 (3).

gras non saturé à l'état de vapeur et mélangé avec de l'hydrogène sur du métal chauffé à 180° C, ce qui est faisable pour les acides gras, volatils sans décomposition, mais impraticable pour les graisses qui ne peuvent être distillées sans altération. Le procédé Sabatier et Senderens n'aurait donc pu trouver qu'un emploi limité. Mais les recherches faites à la suite de ces travaux par d'autres auteurs ont montré que la réduction catalytique pouvait aussi s'opérer, sans qu'il soit nécessaire de vaporiser le composé qu'il s'agit d'hydrer, en travaillant à une température inférieure et en observant certaines conditions de température et de pression.

Un excellent catalyseur est le palladium colloïdal qui, d'après les nombreux travaux de P. Paal et de ses élèves (4), est d'une activité tout à fait remarquable. Une partie de ce métal doit pouvoir hydrer 100 000 parties de graisses. Un inconvénient du palladium est son prix élevé, qui rend son emploi onéreux, quoiqu'il puisse être régénéré ; il est aussi facilement rendu inactif par des impuretés.

La plupart des chimistes industriels ont donc préconisé le nickel, qui n'agit pas seulement à l'état métallique, mais aussi comme oxyde, ainsi que l'a démontré M. Ipatiew dans une série de mémoires, ainsi que son compatriote M. Fokin (5). On doit aussi à cet auteur une série de travaux détaillés sur l'action des métaux lors de l'hydrogénation ; elle repose sans doute sur la propriété de ceux-ci d'occlure l'hydrogène en donnant des hydrures peu stables qui abandonnent leur hydrogène. Il est possible que l'hydrogène occlus s'échappe à l'état atomique ; c'est ainsi que s'ex-

(1) On trouvera un résumé détaillé de toutes ces tentatives dans une note de M. Lewkowitsch, *Journ. Soc. Chem. Ind.* 27.489 (1968).
(2) *Bull. Soc. Chim.* 1889. 295.
(3) Voir aussi : Imbert, brevet français 368 543.
(4) Brevet français n° 263 158.
(5) D'après M. M. Auerbach, *Chemiker Zeitung*, 1913. 297.

(1) On trouvera un mémoire détaillé à ce sujet : *Ann. Chim. Phys.* (8). 4. 319 (1905).
(2) Cette hydrogénation de l'acide oléique a fait l'objet d'un travail détaillé de M. Schaw, *Seifensiederei-Zeitung*, 39.713 (1912).
(3) D'après MM. Hachl et Cie, à Strasbourg.
(4) Ber. 41.2282 (1908) ; Ber. 42.1541 (1909) ; br. all. n° 236488.
(5) Voir entre autres *Jour. Soc. Phys. Chim. russe* 42.1074 (1910).

Digitized by Google

pliquerait, d'après Van Hoff, la grande énergie avec laquelle il réagit et que ne possède pas l'hydrogène à l'état moléculaire. Les réductions se font le mieux en présence de palladium, puis viennent ensuite, et par ordre de réactibilité, le platine, le nickel, le cobalt et le cuivre (1).

Mais tandis que M. Ipatiew travaille d'habitude sous de fortes pressions et à température élevée, l'hydrogénation des graisses peut se faire aussi sous pression ordinaire, ainsi que l'ont démontré MM. Bedford et Erdmann, auxquels on doit un travail scientifique détaillé sur cette question (2). Les auteurs arrivent à la conclusion que l'oxyde de nickel agit d'une façon plus efficace que le nickel métallique, et que l'hydrogénation se fait sous pression ordinaire par l'oxyde de nickel vers 250° C. alors que le sous-oxyde (Ni^3O?) agit déjà vers 180-200° C. Selon les auteurs, il ne se forme pas de nickel métallique. Ce point a une grande importance pour la question de brevet ; il est contesté d'autre part. Si l'on emploie des sels organiques de nickel, ceux-ci n'agissent que, lorsque par décomposition, ils ont donné de l'oxyde de nickel ou du sous-oxyde. D'après des travaux tout récents, il semble que le bore puisse aussi servir de catalyseur.

Procédés industriels de l'hydrogénation. — L'hydrogénation des huiles n'est encore exécutée industriellement que par un nombre très restreint d'usines. En Allemagne, il y a avant tout les Oelwerke Germania, à Emmerich, qui, sous la direction de M. Nordmann, emploient le procédé breveté à la firme Leprince et Siveke et hydrent, paraît-il, environ 1000 tonnes d'huile par mois. Les produits obtenus sont mis en vente selon le point de fusion et le degré d'hydrogénation sous le nom de krutoléine, de talgol, talgol extra, candélite, etc. Les Bremer Besigheimer Oelfabriken, qui travaillent d'après le procédé Wilbuschewitsch, ont arrêté leur fabrication, mais elles sont intéressées à une société au capital de 3 millions de couronnes qui, d'après la *Gazette de Francfort*, s'est créée à Christiania et doit installer une fabrique à Fréderikstad pour traiter journellement 50 tonnes d'huile de baleine. Il existe aussi déjà deux usines en Russie, à Nijnii-Novgorod et à Wolsk sur le Volga ; cette dernière usine prépare une graisse saloline, qui se rapproche sensiblement comme composition du suif. D'autres usines sont, paraît-il, en construction. En Angleterre, un procès récent a fait connaître que les Sociétés Technochemicals Laboratories et Nils Testrup exploitent la réduction chez Lever frères à Port Sun Light. Pour ce pays, le procédé Nordmann (identique à celui de Leprince et Siveke) est la propriété de J. Crosfield Sons, qui sont en outre propriétaires d'une série d'autres brevets.

Les procédés Kayser et Ellis, dont il sera question plus loin, sont, paraît-il, employés aux Etats-Unis (3).

Vu l'origine très récente de cette industrie et le secret gardé par les intéressés, on comprendra qu'il soit difficile d'obtenir des renseignements très précis ; à défaut de publications sur ce sujet, il n'y a guère que les patentes qui puissent donner quelques indications forcément toujours très subjectives.

Le brevet le plus ancien, et qui a encore maintenant une valeur fondamentale, est celui déjà mentionné de la firme Leprince et Siveke (brevet allemand 141 029). Il revendique le durcissement des acides gras non saturés et des éthers glycériques de ces acides par hydrogénation, à température élevée, par action de l'hydrogène sur les vapeurs ou sur le produit liquide en présence de nickel finement divisé comme catalyseur.

Quoique datant de 1902, le procédé n'a trouvé des applications industrielles que depuis une ou deux années. Il semble que la difficulté initiale fut surtout de se procurer de l'hydrogène pur et, quoique la proportion nécessaire soit très faible (environ 0,6—0,7 % en poids pour l'acide oléique), à l'époque de la prise du brevet, le problème n'était résolu que d'une façon fort imparfaite. Les grands progrès réalisés en aéronautique et la nécessité de se procurer de l'hydrogène aussi pur que possible pour cet usage, ainsi que, tout récemment, pour la production de l'ammoniaque synthétique par l'union directe des éléments, ont été aussi des facteurs importants pour la réalisation de l'hydrogénation des huiles. Les Germania-Oelwerke travaillent d'après le procédé Leprince et Siveke, qui utilise le nickel ; toutefois, on prétend, d'autre part, qu'ils se servent du palladium comme catalyseur, qui permet d'opérer à une température bien inférieure. Quoiqu'il en soit, le brevet cité, pris d'une façon très générale, crée jusqu'à un certain point un monopole et a donné lieu à des différends d'ordre contentieux qui sont encore en instance actuellement. Il faut toutefois faire remarquer que le brevet, s'il devait donner lieu à un monopole en Allemagne, vient à cesser le 14 août 1917 ; l'industrie sera alors libre de toute entrave. En Angleterre, le syndicat Crosfield a été provisoirement débouté de sa demande d'annulation des brevets et procédés postérieurs (1).

Vu l'importance fondamentale de ce brevet, en voici un rapide résumé : Pour transformer les acides non saturés ou leurs glycérides en composés saturés, on les traite par de l'hydrogène en présence d'un catalyseur métallique finement divisé. Celui-ci peut être déposé sur un support convenable, de la pierre ponce ou une autre matière inerte appropriée. De cette façon, on obtient une surface active considérable et l'on évite l'agglomération du métal, ce qui diminue son activité. La réduction peut se faire en vaporisant la substance à réduire, puis en faisant passer les vapeurs additionnées d'hydrogène sur le catalyseur ; mais elle peut aussi s'opérer sur le composé fluidifié, dans lequel on a suspendu le catalyseur, par exemple du nickel finement divisé, obtenu par réduction de l'oxyde par l'hydrogène. A part la formation d'une quantité minime de savon de nickel, que l'on peut décomposer par un acide minéral, la réaction se fait sans donner lieu à la formation de produits accessoires.

Comme nous le disions déjà dans la partie théorique, il n'y a guère de variantes possibles du procédé initial et il s'ensuit, qu'au point de vue chimique au moins, les différences dans les brevets sont peu considérables. Une série d'inventeurs emploient, au lieu du nickel métallique, les oxydes ou certains de ses sels organiques ; d'après les auteurs, l'hydrogénation se ferait sans réduction à l'état de métal ; ce procédé constituerait, par conséquent, un procédé différent du premier. Toutefois, les détenteurs du procédé de réduction à l'aide du nickel métallique contestent ces résultats ; selon eux, l'hydrogène réduit, à la température employée, l'oxyde en métal et l'hydrogénation se fait alors dans les mêmes conditions que précédemment (2).

(1) *Journ. Soc. phys. chim. russe* 38.419 (1906) ; 39.607 (1907).

(2) *Journ. f. prakt. Chem.* 87.425 (1913).

(3) En France la question est à l'étude.

(1) *Mercure scientifique*, mai et août 1913.

(2) Voici la liste des principaux brevets : Leprince et Siveke, brevet allemand 141029. Schwoerer, brevet allemand 199909.

Erdmann, brevets allemands 211699, 221890. Vereinigte Chemische Werke A. G., brevet francais 425749 ; brevet allemand 236488.

E. C. Kaiser et la Procter et Gamble Co., brevets américains 1004034, 1004035. F. Bedford et C. E. Williams, brevet anglais 29612/1910.

I. Crosfield et Sons et K. E. Markel, brevet francais 425429 ; brevet anglais 29612/1910.

M. Wilbuschewitsch, brevet anglais 30014/1910.

C. Paal et J. Crosfield et Sons, brevet américain 1023753.

Vereinigte Chemische Werke A.G., brevet anglais 20329/1910, 18642 1911.

M. Wilbuschewitch, brevet américain 1022347.

Carleton Ellis et New Jersey Testing Laboratories, brevet américain 1026156.

H. Schlinck et Co. A. G., brevet allemand 252320.

H. Carleton Ellis, brevets américains 1040531, 1040532 ; 1047912, 1052469, 1059720, brevet francais 449668.

K. H. Wimmer et E. B. Higgins. brevet anglais 25326/1911 ; brevet francais 441097.

Naamlose Vennatschapp Ant. Jurgens Vereenigte Fabriken, brevets allemands 236488, 256500.

Digitized by Google

En général, on a abandonné l'idée d'hydrogéner sous forme de vapeur, préférant n'agir que sur des liquides, à température aussi basse que possible, afin d'éviter de modifier d'une façon désavantageuse l'odeur de la graisse, qui est un facteur très important pour la vente.

Par contre, on trouve, au point de vue mécanique, des différences fort grandes entre les divers procédés et nous allons examiner rapidement quelques systèmes pour fixer les idées.

M. Erdmann fait l'hydrogénation dans un cylindre en nickel (1), à l'intérieur duquel se meut lentement un cylindre vertical en terre cuite, recouvert de nickel finement divisé et fraîchement réduit. L'acide oléique est amené par des injecteurs qui l'amènent, à l'état finement divisé, au moyen d'hydrogène sous pression, contre

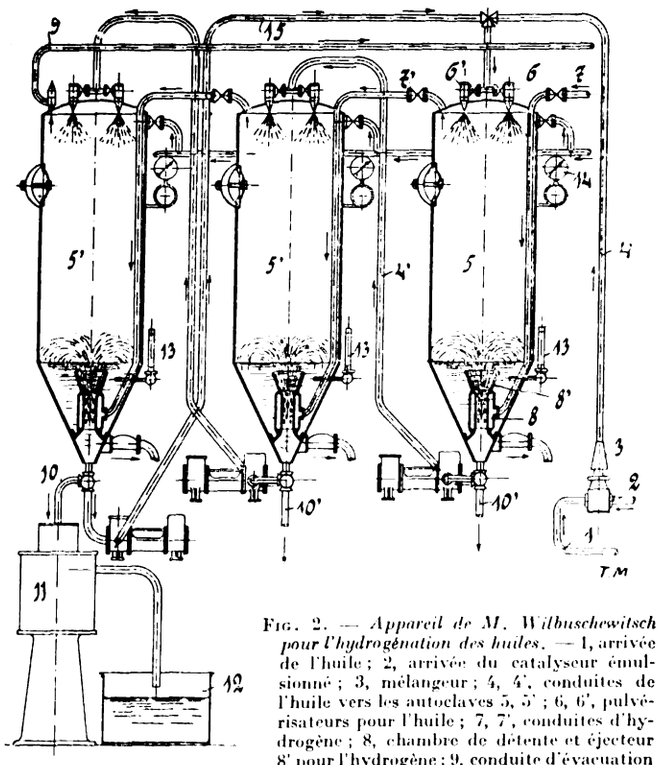


Fig. 2. — *Appareil de M. Wilbuschewitsch pour l'hydrogénation des huiles.* — 1, arrivée de l'huile ; 2, arrivée du catalyseur émulsionné ; 3, mélangeur ; 4, 4', conduites de l'huile vers les autoclaves 5, 5' ; 6, 6', pulvérisateurs pour l'huile ; 7, 7', conduites d'hydrogène ; 8, chambre de détente et éjecteur 8' pour l'hydrogène ; 9, conduite d'évacuation de l'hydrogène ; 10, 10', conduites d'évacuation pour l'huile hydrogénée ; 11, centrifuge pour séparer le catalyseur ; 12, réservoir de l'huile hydrogénée ; 13, thermomètres pour le contrôle de l'opération ; 14, manomètres ; 15, conduite de retour pour fermer le circuit.

le cylindre central, chauffé à 180° C. L'acide stéarique formé s'écoule par le bas et peut être recueilli ou isolé par distillation dans le vide.

M. Wilbuschewitsch (brevet anglais, 30014/10) emploie un appareil assez compliqué dont la figure 2 permet de comprendre le fonctionnement.

Le catalyseur est employé sous forme d'émulsion et est mélangé à l'huile qu'il s'agit de réduire dans un mélangeur approprié, qui donne un mouvement giratoire aux deux veines liquides. Celles-ci, bien mélangées, sont introduites par le haut dans une série d'autoclaves que l'on peut accoupler, selon l'effet à obtenir, parallèlement ou en tension. Des injecteurs disposés au haut des autoclaves pulvérisent l'huile additionnée du catalyseur et la dirigent ainsi, à contre-courant, vers le courant d'hydrogène qui pénètre par le bas de la chaudière. Ce gaz est amené sous pression par un robinet muni d'un détendeur sous forme de chambre circulaire percée de trous coniques dans sa paroi intérieure. L'hydrogène, qui s'échappe par ceux-ci, barbote dans l'huile se trouvant au fond de la chaudière, et s'échappe par le haut, pour être dirigé dans un second autoclave, où il agit de même, puis dans un troisième, etc. L'huile, amassée au fond du premier autoclave, peut de même être dirigée sur un second pour y être traitée à nouveau, puis dans un troisième, etc., jusqu'à obtention de l'effet voulu.

L'huile, sortant de la dernière chaudière autoclave, traverse enfin un séparateur à force centrifuge, dans lequel s'opère la séparation du catalyseur de l'huile, puis elle est recueillie dans un réservoir approprié.

On peut régénérer les métaux employés comme catalyseur en les séparant à nouveau de l'émulsion obtenue ; l'auteur indique dans son brevet américain (1022347) la marche à suivre.

Le procédé de M. Wilbuschwewitsch, soit dit en passant, a aussi vivement attiré l'attention des personnes intéressées par la somme considérable qu'il a rapportée à son inventeur.

On arrive aussi à hydrogéner d'une façon continue avec l'appareil de la firme H. Schlinck et Cie (fig. 3).

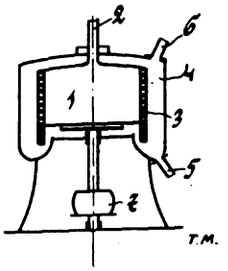


Fig. 3. — *Shéma de l'appareil H. Schlinck et Cie pour l'hydrogénation des huiles.* — 1, essoreuse ; 2, conduite d'amenée de l'huile et de l'hydrogène ; 3, panier de l'essoreuse recouvert du catalyseur ; 4, réservoir cylindrique hermétiquement clos ; 5, évacuation de l'huile transformée ; 6, conduite d'évacuation de l'hydrogène ; 7, poulie motrice.

Cet appareil se compose, en principe, d'une essoreuse qui se meut dans une enceinte close. Dans le haut de celle-ci, un orifice amène l'huile à hydrogéner mélangée avec l'hydrogène nécessaire à l'opération. Le panier de l'essoreuse est percé de trous qui sont garnis d'amiante sur laquelle on a précipité du palladium à l'état finement divisé et que l'huile doit traverser avec l'hydrogène. Il est nécessaire que ces orifices offrent une certaine résistance au passage du gaz et de l'huile, afin de provoquer le contact intime lors de l'hydrogénation. Après avoir traversé la paroi perforée, par suite de la force centrifuge, il se fait une séparation du gaz et de l'huile : l'hydrogène s'échappe par une conduite au haut de l'enveloppe, tandis que l'huile s'écoule par en bas. On peut naturellement relier une série d'appareils en tension ou bien, en n'utilisant qu'une seule essoreuse, travailler en circuit fermé jusqu'à obtention du résultat voulu.

Un dispositif approprié de chauffage permet de maintenir les graisses à l'état fondu, mais il ne faut pas dépasser, lors de l'hydrogénation, une température de 110° C, afin d'éviter des décompositions.

Pour obtenir un résultat plus efficace, on travaille sous pression jusqu'à 9 atmosphères. Dans ces conditions, la température de réaction est sensiblement abaissée et l'hydrogénation peut se faire de 100 à 160° C, alors que, sans pression, il faut travailler à une température d'au moins 100° plus élevée.

Enfin, M. Carleton Ellis, auquel on doit une étude détaillée sur l'hydrogénation des huiles (1), préconise l'appareil suivant (fig. 4).

Il est de forme conique et est rempli environ aux 2/3 avec l'huile qu'il s'agit d'hydrer. Une double enveloppe, chauffée à la vapeur, permet de donner la température voulue.

Par une ouverture ménagée dans le couvercle, on introduit le catalyseur, puis on déplace l'air par un courant d'hydrogène, et l'on fait arriver ce gaz jusqu'à l'obtention de la pression voulue. Une pompe rotatoire permet de faire circuler l'hydrogène ; elle le puise à la partie supérieure de la chaudière, puis l'insuffle ensuite par la pointe du cône. L'opération terminée, on peut, à l'aide d'une plaque poreuse filtrante, que l'on abaisse dans le liquide jusqu'à ce qu'elle vienne en contact

(1) Nous croyons intéressant de signaler à cette occasion l'emploi du nickel pur pour la confection d'appareils servant dans l'industrie chimique ; on fait par exemple des chaudières de 2 000 litres en une seule pièce et sans soudure.

(1) *Journ. Soc. Chem. Ind.* 31. 1155 (1912).

Digitized by Google

avec les parois coniques, retenir le catalyseur, pendant que l'huile hydrogénée s'écoule par le bas. On recharge à nouveau et l'on émulsionne le catalyseur, resté sur le filtre, avec l'huile fraîche. Puis on fait arriver de l'hydrogène et l'opération recommence comme précédemment.

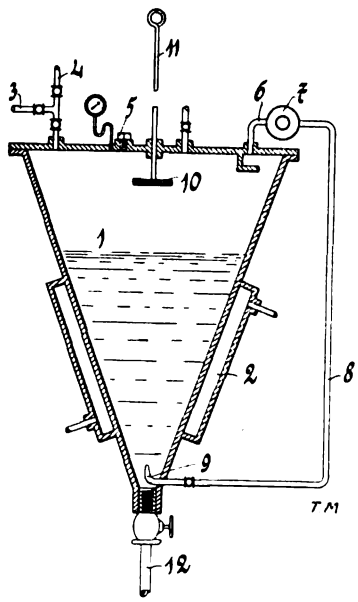


FIG. 4. — *Appareil de M. Carleton Ellis pour l'hydrogénation des huiles.* — 1, chaudière de réduction conique ; 2, double enveloppe pour le chauffage à la vapeur ; 3, arrivée de l'huile ; 4, arrivée de l'hydrogène ; 5, ouverture pour introduire le catalyseur ; 6, conduite d'aspiration de l'hydrogène par la pompe 7, qui le refoule par la conduite 8 et l'ajutage 9 dans la chaudière ; 10, plaque poreuse filtrante, mue par la tige 11, que l'on descend jusqu'en 9, pour retenir le catalyseur lors de l'évacuation de l'huile par la conduite 12.

Au point de vue de l'hydrogène, il est à remarquer qu'il faut l'employer aussi pur que possible, parce que les impuretés, l'hydrogène sulfuré et le chlore notamment, tuent rapidement le catalyseur. Actuellement, le problème de faire de l'hydrogène pur est réalisé industriellement. Au point de vue de la dépense, la proportion d'hydrogène à employer est relativement faible ; elle dépend du nombre de liaisons éthyléniques qu'il s'agit de saturer. Pour la transformation de l'acide oléique en acide stéarique, il en faut théoriquement 2 kg = 22 m³ pour 282 kg de matière première, soit 0,7 %, c'est-à-dire une proportion très faible. Il en faudra le double pour l'acide linolique et quatre fois autant, soit 2,8 % pour l'acide clupanodonique.

Le gaz à l'eau ne convient guère pour la réduction ; la présence d'oxyde de carbone pouvant donner lieu à des réactions secondaires avec les graisses ou avec le catalyseur.

Vu la sensibilité des catalyseurs aux impuretés, les graisses qui doivent être hydrogénées feront bien d'être débarrassées préalablement des impuretés : matières albuminoïdes et autres, qu'elles peuvent contenir, par filtration ou par d'autres moyens physiques ou chimiques appropriés. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, on utilise actuellement, pour l'hydrogénation, des matières premières relativement très pures.

PROPRIÉTÉS ET EMPLOIS DES GRAISSES DURCIES. — Nous avons déjà signalé plus haut que les graisses obtenues par l'hydrogénation se trouvaient dans le commerce sous les noms de duratol, talgol, talgin, suif synthétique, candélite, etc.

Voici, pour fixer les idées, les constantes physiques et chimiques de quelques-unes de ces graisses solidifiées (1) :

	Point de fusion	Acidité	Indice de saponification	Non saponifiable	Indice d'iode
Talgol.....	35-37° C.	3,5	190,7	0,33	63,9
Talgol extra ...	42-44° C.	3,8	190,5	0,31	36,1
Candélite.....	48-50° C.	4,1	188,4	0,52	10,4
Candélite extra	50-52° C.	4,1	188,4	0,52	10,5

Si, après saponification, on isole les acides gras contenus, les constantes de ceux-ci sont :

	Point de fusion	Point de solidification	Acidité
Talgol.....	38,5°	34,6°	199,7
Talgol extra.....	45,5°	43,5°	199,9
Candélite.....	48,5°	47,4°	198,9
Candélite extra.....	51,8°	50,45°	199,9

(1) Garth, *Seifensieder-Ztg.* 39. 1277. 1309 (1912.)

L'emploi principal et presqu'exclusif des produits ainsi obtenus est jusqu'ici la savonnerie, où ils peuvent servir en mélange avec d'autres graisses appropriées pour obtenir des savons durs. Pour les savons de toilette, on peut substituer au suif jusqu'à 40 % de talgol sans diminuer la qualité. On reprochait aux premiers produits leur mauvaise odeur, due sans doute à une hydrogénation à température élevée, et qui se communiquait aux savons ; on prétendait aussi que ceux-ci moussaient moins bien que les savons préparés sans addition de graisse durcie. Il semble toutefois que ces difficultés initiales tendent de plus en plus à disparaître.

On ne signale pas encore l'emploi de graisses durcies pour la stéarinerie, la transformation de l'acide oléique en acide stéarique n'offrant, vu les prix élevés de l'acide oléique (environ 80 fr. %), de l'intérêt que si cette transformation est intégrale ; elle dépend en outre aussi des cours pour l'acide stéarique (voir aussi fig. 1). Il serait évidemment fort intéressant de pouvoir hydrer directement les acides obtenus lors de la saponification, ce qui permettrait de supprimer la cristallisation et l'expression à la presse hydraulique. Toutefois, certains auteurs sont d'avis que l'on ne pourrait employer le mélange tel quel, parce qu'il faut un certain rapport entre l'acide palmitique et l'acide stéarique qui se trouverait, évidemment, déplacé par l'hydrogénation (1).

On hydre, enfin, de l'huile de ricin, qui devient solide (point de fusion 80° C) ; ce produit offre de l'intérêt comme isolateur électrique.

On discute encore l'emploi des graisses durcies pour l'alimentation en remplacement du beurre et de ses succédanés : margarine, beurre végétal, etc., et autres graisses comestibles. Toutefois, jusqu'ici, on manque encore de données exactes sur l'action physiologique de ces graisses. Certains auteurs (2) exigent non seulement l'absence de corps étrangers métalliques (il reste, paraît-il, environ 2 millionièmes % de nickel lors de l'hydrogénation avec ce métal), mais aussi que la matière première soit comestible. On peut se demander si cette exigence n'est pas exagérée, car, par l'hydrogénation, les propriétés chimiques et, par conséquent, les propriétés physiologiques sont profondément modifiées. Toutefois, on comprend les scrupules des hygiénistes à tolérer l'emploi de graisses obtenues avec des matières premières qui primitivement, n'étaient pas destinées à la consommation. Les mauvaises expériences faites récemment, dans l'industrie de la margarine, où l'emploi d'huiles, insuffisamment contrôlées au point de vue hygiénique, a donné lieu à des accidents mortels, doit rendre fort circonspect.

AVENIR DE L'HYDROGÉNATION. — Quelle que soit la solution donnée à la question des graisses comestibles, produites par l'hydrogénation, solution qui serait particulièrement intéressante pour cette industrie, vu les prix élevés obtenus pour les produits alimentaires, il faut reconnaître, dès maintenant et malgré quelques avis contraires, qu'il s'agit d'une nouvelle industrie fort intéressante et probablement de grand avenir. Nous ne sommes encore qu'au début, il est donc difficile de prévoir toutes les applications et les conséquences économiques qui vont se produire. Le but de l'hydrogénation est de transformer des huiles de valeur industrielle moindre en produits de valeur supérieure ; elle aura donc de l'intérêt aussi longtemps que l'écart entre les deux prix sera supérieur aux frais de l'hydrogénation. Une hausse sensible de la matière première (qui vient de se produire pour les huiles de poisson servant actuellement) ou un abaissement des prix de vente de la graisse durcie peut limiter ou rendre impossible cette fabrication (3). Mais, dans l'industrie des huiles, la variation des prix est un facteur avec lequel les manufacturiers sont obligés de

(1) M. J. Garth, *Seifensieder-Ztg.*, 39. 1146. (1912).
(2) M. Bömer, *Chem. Revue* 19 247.
(3) Les prix de ces graisses durcies est d'environ 85 à 90 fr. %.

Digitized by Google

compter et qui donne toujours un aléa très considérable à leurs opérations commerciales.

En tous les cas, cette nouvelle industrie semble appelée en première ligne à venir en aide à l'industrie des savons, pour laquelle le prix de la matière première est de la plus grande importance. Celle-ci a haussé d'une façon très sensible, ce qui la met dans une position difficile. Pour la stéarinerie, il est possible qu'elle rende aussi des services, quoique, vu l'extension que prend l'éclairage au gaz et à l'électricité surtout, cette industrie semble avoir dépassé son apogée. Quant à l'industrie alimentaire, il faut réserver son appréciation jusqu'à plus ample informé.

Il y a enfin encore un point sur lequel il faut attirer, pour terminer, l'attention des chimistes analystes. L'hydrogénation crée, en somme, des corps gras tout nouveaux, qui peuvent être complètement différents de ceux connus jusqu'à présent. Contrairement à ce que l'on croyait autrefois, la glycérine peut très bien être unie dans les corps gras naturels, à des acides gras différents. Ainsi, dans le suif, on trouve un palmitodistéarate de glycérine différent de celui contenu dans la graisse de porc. Par l'hydrogénation, la trioléine pourra donner, selon le degré de cette opération, un stéarodiolétate de glycérine ou un oléodistéarate de glycérine (sans tenir compte des isoméries encore possibles) avant de fournir, en fin de compte, de la tristéarine. On se sert actuellement de l'indice d'iode pour déterminer le degré de saturation d'une huile. L'hydrogénation permet de modifier cette constante à volonté et de préparer des huiles ayant l'indice d'iode que l'on voudra. Il suffit d'interrompre la réaction au moment voulu.

Les constantes physiques et chimiques qui servaient donc, jusqu'à présent, de repère pour caractériser une huile, se trouvent profondément modifiées et de nouveaux problèmes se posent pour les chimistes analystes.

E. GRANDMOUGIN,
Professeur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse.

LÉGISLATION INDUSTRIELLE

LA SEMAINE ANGLAISE

SOMMAIRE. — *La question de la semaine anglaise, c'est-à-dire la réduction du travail de la journée du samedi, se pose en France ; mais l'étude de la législation étrangère montre que cette mesure n'est appliquée qu'en Angleterre et sous certaines restrictions ; il serait périlleux, pour l'industrie française, et pour les travailleurs eux-mêmes, de l'appliquer par une intervention législative avant que les mœurs ne l'aient introduite sous le régime de la liberté.*

I. — DÉFINITION.

L'idée de permettre à l'ouvrier et surtout à l'ouvrière de jouir de l'intégralité du repos hebdomadaire sans être obligée de consacrer une partie de la journée de liberté à des travaux domestiques, est naturellement séduisante, et il est aisé de concevoir que des esprits accoutumés à demander au législateur la solution immédiate des problèmes sociaux aient eu la pensée de procurer aux ouvriers, par l'interdiction légale du travail durant une partie de la veille du jour férié, la pleine jouissance de celui-ci. L'expression de « Semaine anglaise » résulte de la pratique usuelle en Angleterre qui consiste dans l'abréviation de la durée du travail dans la journée du samedi.

II. — POSITION DE LA QUESTION EN FRANCE.

De là la proposition de loi dont M. de Mun, le 11 novembre 1911 (1), et M. Vaillant ainsi que plusieurs de ses collègues, le 24 janvier 1913 (2), ont saisi la Chambre des Députés. Aux termes de cette dernière proposition, les articles 30 à 51 du livre II du Code du travail sont remplacés par l'article suivant : « Pour tous les travailleurs salariés, quels que soient le mode de leur rémunération (salaire proprement dit ou traitement), leur sexe, leur âge, leur occupation, la semaine de travail est de cinq jours et demi, suivi d'un jour et demi de repos ininterrompu. Ce repos hebdomadaire continu part du samedi à midi pour ne se terminer que le lundi dans la matinée. Dans le cas seulement d'impossibilités de force majeure ou d'obligations techniques reconnues et acceptées par les Syndicats ouvriers de la Confédération générale du Travail, le repos hebdomadaire d'un jour et demi, pourrait, avec leur assentiment, être reporté à un autre moment de la semaine. »

De plus, l'assemblée des délégués de l'Association internationale pour la protection légale des travailleurs, dans une réunion tenue à Zurich du 9 au 12 septembre 1912, a adopté le vœu suivant : « L'assemblée des délégués, considérant : que, pour les ouvrières et les jeunes ouvriers, le repos de l'après-midi du samedi peut seul faire du repos du dimanche une vérité ; que, par suite, il permet seul aux ouvriers de vivre chaque semaine un plein jour de la vie de famille ; que le repos de l'après-midi du samedi est déjà inscrit, en tout ou partie, pour les enfants, les femmes et même les hommes adultes, dans la législation de l'Allemagne, de la Grande-Bretagne, de la Hollande, de la Grèce ; que l'initiative patronale et l'action ouvrière tendent aujourd'hui à en généraliser l'usage dans tous les pays industriels ; émet le vœu que la liberté de l'après-midi du samedi pour les ouvrières et les jeunes ouvriers fasse l'objet d'une convention internationale et charge la Sous-Commission de la journée maximum de dix heures de préparer, avec le bureau, un mémoire à soumettre à la prochaine assemblée des délégués. »

D'autre part, dans sa session de 1900, le Conseil Supérieur du Travail avait chargé sa Commission permanente de procéder à une enquête sur les conditions du travail des personnes non protégées par la législation en vigueur, c'est-à-dire notamment et surtout des employés de commerce et de bureau : en exécution de ce mandat, M. Artaud, président de l'Union syndicale des employés de bureau, de banque et d'assurances, présenta, au nom des

(1) Proposition de loi ayant pour objet d'établir le repos de l'après-midi du samedi dans les établissements industriels, pour les ouvriers adultes (Chambre des Députés, 6e législature, session ordinaire de 1911, Doc., n° 1323).

(2) Proposition de loi ayant pour objet d'assurer aux travailleurs un repos hebdomadaire nécessaire par l'institution de la semaine anglaise (Chambre des Députés, 6e législature, session ordinaire de 1913, Doc. parl., n° 2482).

Digitized by Google

membres ouvriers de la Commission permanente, un rapport à cette Commission dans la session de janvier 1912. Après avoir rappelé la loi anglaise de 1912, il s'exprimait dans des termes dont l'importance justifie la reproduction (1) :

« Les travailleurs, employés et ouvriers, qui se sont attachés à cette réforme, la considèrent comme une garantie nécessaire de la réalité du repos du dimanche. N'est-il pas évident, par exemple, que le repos du dimanche ne sera, pour la famille ouvrière, tout le bienfait qu'il peut être qu'à la condition que la mère aura pu, dès le samedi, consacrer aux soins du ménage les quelques heures nécessaires, mettre en état le logis dans lequel, après une semaine de labeur, tous les membres de la famille vont enfin se retrouver, pour un jour, réunis ? D'autre part, le repos de l'après-midi du samedi laisse aux patrons la possibilité de faire exécuter le samedi, dans leur établissement, les réparations qui actuellement se font le dimanche. C'est donc le repos assuré pour le dimanche. Et si l'on s'en tient à l'industrie, il est certain que l'arrêt du travail industriel le samedi après-midi faciliterait singulièrement la fermeture des magasins le dimanche. La plus grosse objection que l'on fasse à cette fermeture n'est-elle pas que les ouvriers n'ont que le dimanche pour faire leurs achats ? Mais ce n'est pas seulement pour assurer le repos dominical que les employés demandent la semaine anglaise. C'est, déclarons-le, pour obtenir une réduction de la durée hebdomadaire du travail. Ils estiment que dans les établissements commerciaux de gros, dans les administrations comme les banques, les assurances et même dans certains établissements où le public ne pourrait souffrir de cette mesure, il est possible d'établir sans préjudice le repos de l'après-midi du samedi. En fait, cette coutume existe à Paris et dans les principales villes pour beaucoup de maisons de gros et d'administrations privées. L'enquête établit même, par 185 réponses sur 201, que la journée du samedi peut être réduite sans gros inconvénients dans tous les commerces. Nous n'avons pas cru devoir étendre cette mesure à tous les commerces. Nous nous sommes bornés à ceux où déjà, en fait, elle existait. Toutefois, nous avons pensé qu'il était juste de ne pas créer légalement une catégorie de privilégiés et nous avons demandé un repos compensateur pour les employés qui ne bénéficieraient pas de cette mesure. Nous émettons donc le vœu suivant : « Dans les établissements de gros, bureaux, ban» ques, assurances et partout où la mesure pourra être réalisée » sans préjudice grave pour le public, le travail ne devra pas, les » samedis et veilles de jours fériés, se prolonger au-delà de midi. » Nous avons vu que diverses lois étrangères avaient réalisé ce repos de l'après-midi. La loi anglaise de 1911 fixe 1 heure et demie au lieu de midi, mais cela tient aux mœurs de ce pays, où la journée de travail commence plus tard et où les repas ne sont pas réglés comme en France. Nous estimons que la demi-journée commençant à midi, tout repos de l'après-midi doit partir de midi ou 1 heure au plus tard. Adopter quatre heures, comme le propose M. de Mun, n'est pas donner aux employés le repos de l'après-midi. »

En réponse au rapport de M. Artaud, M. Honoré présenta au nom des délégués patrons un rapport où il concluait dans un sens défavorable à toute réglementation du travail des employés : « En somme, écrivait-il (2), tout ce qu'on peut espérer de bon de notre enquête devrait ressortir des coutumes locales et de la force des opinions à la fois éveillées et assagies par le double point de vue de l'intérêt des individus et de l'intérêt du commerce que l'employé digne de ce nom ne peut méconnaître. " Chaque fois que la loi intervient sans une absolue nécessité, elle fait plus de mal que de bien. "

La Commission permanente (3), par suite de la divergence d'opinion des deux rapporteurs, décida « que c'est au Conseil supérieur du travail, auquel seront soumis leurs rapports, qu'il appartiendra de les discuter dans sa prochaine session. »

Le Conseil supérieur, dans sa session de novembre 1912, saisi des rapports de MM. Artaud et Honoré, a estimé, conformément à l'avis de M. Arthur Fontaine que (1) « la question doit être posée non seulement pour le commerce mais pour l'industrie » et « peut-être avec plus d'urgence pour l'industrie que pour le commerce » et que dès lors il était préférable « de laisser la Commission permanente faire un examen complet de la question sans la résoudre à part pour le commerce », décision qui a entraîné le renvoi de l'étude de la question à la Commission permanente.

Celle-ci a décidé d'entreprendre une enquête et, pour répondre au désir de la Commission, le ministre du Travail et de la Prévoyance sociale adressa le 17 février 1913 une circulaire, accompagnée d'un questionnaire, aux Chambres de Commerce et aux Syndicats et groupements divers de l'industrie. Ce questionnaire était rédigé comme suit :

« *Première question* : Dans votre industrie, la pratique de la réduction de la journée de travail le samedi à moins de dix heures existe-t-elle : *a*) pour les femmes ; *b*) pour les enfants ; *c*) pour les hommes adultes ? Dans l'affirmative : cette pratique est-elle générale ? est-elle spéciale à certains établissements ? Lesquels ? — *Deuxième question* : Dans les établissements ayant adopté cette pratique : Quelle est la durée du travail le samedi ? A quelle heure se termine le travail le samedi et à quelle heure se termine-t-il les autres jours ? Les repos interruptifs de la journée de travail sont-ils diminués ou supprimés le samedi? — *Troisième question* : Etes-vous d'avis qu'il y ait lieu, dans votre industrie, d'instituer légalement la pratique de la réduction de la durée du travail le samedi (semaine anglaise) : *a*) pour les femmes? quelle durée? *b*) pour les enfants? quelle durée? *c*) pour les hommes adultes? quelle durée? Y a-t-il lieu, en outre, de fixer le samedi une heure-limite pour la fin de la journée de travail? Quelle heure? — *Quatrième question.* Etes-vous d'avis que la réalisation de cette réforme doive être subordonnée à une entente internationale préalable ? Dans quelle mesure? »

D'autre part, le Gouvernement a décidé, le 8 août 1913 (Compte rendu du Conseil des Ministres), sur la proposition du ministre des Finances, d'appliquer la semaine anglaise : 1° à partir du 1er novembre 1913, à raison d'un samedi par mois, dans les établissements du ministère des Finances ; 2° à partir du 1er janvier 1914 tous les samedis après-midi, dans les établissements dépendant de la Guerre, de la Marine, des Postes, dans lesquels sont occupées des femmes.

III. — Législation étrangère.

Les législations étrangères qui ont adopté une telle mesure sont celles de l'Angleterre, de l'Allemagne, de la Grèce, des Pays-Bas et de la Suisse.

1° *Angleterre.* — L'institution d'un demi-congé (*half-holiday*) date d'une cinquantaine d'années : son origine est une tendance patriotique motivée par la crainte d'une invasion étrangère : la création de volontaires conduisit, pour les exercer en un jour autre que le dimanche, à réserver à leur instruction et à leurs manœuvres l'après-midi du samedi. Cette mesure entraîna par voie de conséquence l'attribution d'un congé similaire aux personnes qui, dans un établissement étaient occupées en même temps que des volontaires, la libération de ceux-ci rendant impossible le service industriel ou commercial. Le public accepta cette sujétion pour le double motif de son caractère facultatif et spécial et de son objet patriotique.

(1) Compte rendu de la session de 1912 (La réglementation du travail des employés, p. XIII).

(2) *Ibid.*, p. XL.

(3) *Ibid.*, p. 103, col. 2.

(1) *Compte rendu de la 22e session du Conseil supérieur*, novembre 1912, p. 168, col. 1 et 2.

Digitized by Google

Le législateur n'est intervenu qu'ultérieurement pour imposer une mesure introduite par les mœurs. Ainsi :

1° La loi du 17 août 1901, qui modifie et amende les lois sur les fabriques et ateliers, spécifie par son article 26 que, « dans les fabriques non textiles et dans les ateliers », pour les femmes et les jeunes ouvriers, le samedi (sous réserve des cas spécialement exceptés par la loi), la journée doit finir à 2, 3 ou 4 heures de l'après-midi, selon qu'elle a commencé à 6, 7 ou 8 heures du matin et que le travail devra être interrompu pendant une demi-heure au moins pour leur permettre de prendre leurs repas.

2° La loi du 29 mars 1912 (*Shops Act*), qui a consolidé les lois sur les magasins de 1892 à 1911 (*Shops Regulation acts*), vise, d'une part, la durée du travail et, d'autre part, la durée d'ouverture des magasins :

a) Quant à la durée du travail, la loi dispose (art. 1er, § 1) que, au moins une fois par semaine, les employés de magasins ne doivent pas être occupés au-delà de une heure et demie de l'après-midi : tous les magasins sont soumis à cette règle, à moins qu'ils n'occupent exclusivement des membres de la famille du patron, entretenus par ce dernier et vivant dans son domicile (art. 1er, § 3 *in fine*) ; le jour de la semaine est fixé par le patron qui peut le varier pour les divers employés et qui doit l'indiquer par voie d'affiches dans son magasin (art. 1er, § 2) ; les seules semaines dans lesquelles ce repos de l'après-midi n'est pas exigé sont celles qui précèdent une semaine où, indépendamment d'un jour avec repos de l'après-midi, l'employé est libre un jour bancaire férié (art. 1er, § 1 *in fine*). Quant à la suspension du travail pour le repas, elle est de trois quarts d'heure (art. 1er, § 3, 1er annexe), puisque la loi prescrit, en général, cette interruption chaque fois que la durée du travail comprend les heures de 11 h 30 matin à 2 h 30 soir.

b) Quant à la durée d'ouverture des magasins, la loi prescrit (art. 4, § 1) la fermeture une fois par semaine à une heure de l'après-midi : le jour est fixé (art. 4, § 2) par l'autorité de police locale d'accord avec la majorité des chefs d'établissements, et il peut être différent selon la catégorie de magasins, selon le quartier et selon l'époque de l'année. Par magasin (art. 19), la loi entend les établissements de vente au détail. Elle excepte de l'obligation de fermeture (art. 44, § 6, 2e annexe) la vente au détail des boissons alcooliques, la vente des rafraîchissements, la vente à des voyageurs des accessoires d'automobiles, de bicyclettes, d'appareils d'aviation, la vente des journaux et des revues, des marchandises aisément périssables (aliments et fleurs), du tabac, la vente des livres dans les gares, des médicaments et des appareils de médecine et de chirurgie, la vente au détail dans les expositions.

En résumé, dans l'industrie, la semaine anglaise n'est garantie par la loi qu'aux femmes et aux jeunes gens et seulement à partir de 2 heures au plus tôt et avec une interruption extrêmement brève pour le repas, et, dans le commerce, elle n'est garantie qu'à partir de 1 heure 1/2.

2° *Allemagne.* — La loi du 28 décembre 1908 modificative du Code industriel (*Gewerbeordnung*) dispose, par le nouveau texte de l'article 137 de ce Code, que, dans les établissements qui occupent normalement au moins dix ouvriers, les femmes ne peuvent être occupées, le samedi et les veilles de jours fériés, après 5 heures du soir ni pendant une durée totale de plus de 8 heures.

3° *Grèce.* — La loi n° 4029 du 24 janvier - 6 février 1912 sur le travail des femmes et des jeunes gens spécifie par son article 2 que, dans les fabriques, établissements industriels et ateliers, carrières, mines et minières, travaux du bâtiment et travaux similaires de plein air, la durée du travail journalier ne doit pas excéder huit heures pour les femmes et les jeunes gens au-dessous de 18 ans.

4° *Pays-Bas.* — La loi du 7 octobre 1911 sur le travail, promulguée par le décret du 20 du même mois, interdit, par son article 6, aux femmes, si elles sont mariées ou chargées des soins d'un ménage, de travailler, sauf exception, dans les fabriques et ateliers après une heure de l'après-midi le samedi ; elle prévoit, par le même article, qu'un règlement peut étendre cette mesure aux jeunes gens ou aux femmes en général.

5° *Suisse.* — La loi fédérale du 23 mars 1877 sur le travail dans les fabriques réduit, par son article 11, pour les adultes, de onze à dix heures la durée du travail la veille des dimanches et jours fériés.

IV. — Opinions des intéressés.

Les intéressés ont formulé leurs opinions sur l'introduction légale de la semaine anglaise, les uns sur l'invitation du gouvernement, les autres spontanément. A la première catégorie appartenaient les corps et groupements qui ont été interrogés dans l'enquête du 17 février 1913 ; à la seconde, ceux qui ont délibéré dans leurs congrès ou réunions.

Les réponses des Chambres de Commerce de Paris et celle de l'Union des syndicats patronaux des industries textiles de France peuvent être citées à titre d'exemples de la première catégorie. Les délibérations de la Chambre de Commerce de Marseille, celle du Congrès national patronal du bâtiment et des travaux publics et celles des Fédérations ouvrières du textile, du bijou, de l'ameublement, de la céramique et de la lithographie se rattachent à la seconde catégorie.

1re Catégorie d'opinions. — 1° La Chambre de Commerce de Paris, qui a adopté le 7 mai 1913 les conclusions du rapport présenté par M. Legoüez au nom de la Commission de législation commerciale et industrielle, est opposé à l'institution légale de la semaine anglaise. Elle a fait observer d'abord que le vœu de l'Association internationale pour la protection légale des travailleurs ne vise que les femmes et les jeunes ouvriers, et qu'il en est de même des législations étrangères signalées dans la circulaire du ministère français du 17 février 1913, laquelle ne cite point la loi anglaise du 29 mars 1912 ; que d'ailleurs, la seule loi qui atteigne les adultes est la loi suisse, et qu'elle ne les vise que dans une mesure essentiellement différente de la semaine anglaise ; que, de plus, la législation anglaise mentionnée par la circulaire française du 17 février 1913, c'est-à-dire relative à l'industrie, édicte pour le samedi, non le repos de l'après-midi, mais uniquement la réduction de la journée de travail à huit heures et avec interruption pour repas dont la brièveté serait incompatible avec les habitudes françaises ; que, dès lors, les législations précitées ne prescrivent point le repos de l'après-midi du samedi demandée par l'Association pour la protection légale, et que, du reste, celle-ci, en dépit de l'étendue de son vœu, est loin de demander une réforme aussi profonde que celle dont le questionnaire du 17 février 1913 prévoit l'introduction. L'examen de ce dernier donnait lieu en effet, aux observations suivantes : 1° les deux premières questions concernaient des points de fait, et seuls les syndicats professionnels étaient en mesure d'y répondre : elles visaient d'ailleurs le repos de l'après-midi du samedi dans l'industrie et pour les ouvriers adultes, c'est-à-dire une mesure différente de la semaine anglaise prescrite par la législation anglaise, ce qui attestait le caractère d'étape vers la généralisation à tous les ouvriers qui devait être le propre d'une institution de la semaine anglaise au profit des femmes et des jeunes gens ; 2° la troisième question amenait la Chambre de commerce à rappeler le point de vue dont elle ne s'était jamais écartée, à savoir que « les lois de ce genre ne doivent être que la généralisation de réformes prudemment préparées par les mœurs » ; elle citait à cet égard les observations de M. David Mennet dans un rapport de 1905 relatif à une proposition d'institution obligatoire du repos hebdomadaire : ce rapport exposait que la Chambre de commerce de Paris, désireuse sans doute de l'extension de la mesure au plus grand nombre possible de travailleurs, craignait que son introduction légale ne compromît la marche d'entreprises « où les employés seraient les premiers atteints dans leur salaire » et n'exigeât, par suite, des dérogations

Digitized by Google

dont le nombre et la variété affecteraient la loi d'un caractère de complexité qui la rendrait inapplicable ; d'autre part, la Chambre avait déjà, le 5 juin 1912, adopté les conclusions d'un rapport de M. Donckèle qui s'opposait à l'introduction légale de la semaine anglaise comme susceptible de porter un grave préjudice aux intérêts des commerçants et de leur personnel, alors que l'obligation du repos hebdomadaire avait déjà réduit leur chiffre d'affaires, en les conduisant à fermer leurs établissements le dimanche faute de pouvoir « supporter les frais généraux nouveaux que leur imposait la nécessité de prendre des employés supplémentaires pour assurer le repos de leurs employés ordinaires, soit par roulement, soit collectif ». Le rapport de M. Legoüez ajoutait les considérations suivantes : 1° si l'usage de la fermeture anticipée le samedi existait à Paris dans certains établissements commerciaux, il était fort rare dans l'industrie ; 2° la nécessité de dérogations légales introduirait des complications aussi « inextricables » qu'en matière de repos hebdomadaire : lorsque, par exemple, les équipes se succèdent auprès des appareils, la réduction de la journée du samedi bouleverserait la combinaison des équipes ; 3° par suite de l'association, dans la plupart des ateliers, des femmes et surtout des jeunes gens aux adultes, la séparation des uns et des autres entraînerait la désorganisation du travail, d'où soit de multiples dérogations, soit le renvoi des jeunes gens et la crise de l'apprentissage ; 4° dans les ateliers où le travail est limité au jour, la réduction de la journée du samedi déterminerait le chômage durant toute la journée pour éviter la mise en marche, durant quelques heures, de machines dont l'inutilisation serait fort onéreuse ; or, ce chômage entraînerait une réduction de la production au moins égale à celle de la durée du travail soit un douzième et, si, pour maintenir la production, on augmentait l'outillage, il en résulterait, outre des charges que beaucoup de chefs d'entreprises ne pourraient supporter, l'impossibilité de trouver en France la main-d'œuvre nécessaire ; 3° sur la quatrième question, la Chambre de commerce déclarait que, par suite de la rareté de la main-d'œuvre en France, une entente internationale ne garantirait pas l'industrie française contre la situation d'infériorité qui résulterait pour elle de l'application obligatoire de la semaine anglaise.

2° L'Union des syndicats patronaux des industries textiles de France, dans sa délibération du 17 avril 1913, signalait, sur la 1re et la 2e question, que la semaine anglaise n'avait pas été introduite en Angleterre dans l'industrie textile ; et sur la 3e et la 4e qu'une nouvelle étape dans la voie de la réglementation du travail aurait, pour l'industrie textile, de néfastes conséquences, par suite de l'insuffisance de main-d'œuvre déjà fort sensible et devant être aggravée par la prolongation du service militaire ; qu'une convention internationale serait nécessaire pour appliquer la mesure à tous les Etats de l'Europe, en raison du développement de la réglementation française du travail, dont l'étendue surpassait celle des autres Etats sauf l'Angleterre et eu égard à l'apparition de concurrents nouveaux, savoir les peuples jeunes, dont le prix de revient est fort avantageux. Au cours de la délibération fut citée la déclaration du 20 mars 1913 de l'Association des fabricants de tulles et dentelles de Caudry, qui démontrait que toute réduction nouvelle de la durée du travail entraînerait pour l'industrie française les plus graves conséquences : en effet, par suite de l'élévation du prix de revient, les ouvriers, comme les employeurs, seraient « les premières victimes d'une situation tout à l'avantage de nos rivaux » ; car l'industrie anglaise réalise un prix de revient inférieur à celui de l'industrie française, du fait notamment du bon marché de l'outillage, des frets et du combustible ; la loi allemande ne limite pas la durée du travail de l'adulte, et elle considère comme adulte le jeune homme de 16 ans (au lieu de 18 ans comme en France) et elle accorde à toutes les industries des heures supplémentaires (art. 138, § 1 et 2, du Code industriel) ; la loi belge ne réglemente point la durée du travail de la femme de 21 ans, elle autorise les jeunes gens à travailler 11 heures 1/4 et considère les jeunes ouvriers comme adultes à 16 ans ; par ces motifs, la semaine anglaise ne serait applicable en France qu'au cas de son adoption simultanée par tous les peuples industriels : sinon « elle se retournerait contre ceux-là mêmes qui en devront profiter ». A ces arguments, le Délégué de l'Union ajoute les suivants :

a) Aux éléments de suprématie de l'industrie anglaise se joint la plus grande productivité de l'ouvrier anglais, motivée par une pratique plus que séculaire de l'industrie textile qui garantit la supériorité des méthodes de travail ;

b) En Suisse, si, en fait, la durée du travail n'atteint pas la limite légale de 11 heures (applicable à tous les jours, sauf au samedi, jour pour lequel elle se réduit à 10 heures), cette observation ne s'applique pas à l'industrie cotonnière où le travail est plus prolongé :

c) A Lyon, la semaine anglaise, appliquée sans doute l'été dans le commerce, ne l'est pas dans l'industrie.

2e Catégorie d'opinions. — 1° La Chambre de commerce de Marseille a adopté, le 24 juin 1913, les conclusions d'un rapport de M. Grawitz, relatif à la proposition précitée de M. Vaillant. Le rapporteur signale d'abord la différence de caractère entre le dimanche anglais où la vie est entièrement suspendue, où les lieux de distraction sont fermés, les manifestations sportives suspendues, et le dimanche français avec ses matinées théâtrales, ses concerts et ses réunions sportives : il en conclut immédiatement que la liberté du samedi équivaudrait à l'anticipation du dimanche. Or, il préfère la moralisation par le travail et redoute les dangers moraux et sociaux de ce repos superflu. D'autre part, l'exposé des motifs de la proposition de M. Vaillant soutient que ce repos est, avec une simple différence de degré, aussi nécessaire aux ouvriers non surmenés qu'à ceux dont les travaux, dits de force, aggravent chaque jour l'usure de l'organisme : le rapporteur observe que le repos supplémentaire, inutile aux premiers, n'est pas suffisant pour les seconds, s'il se réduit à trois ou cinq heures qui, d'ailleurs, seraient peut être consacrées « à une station supplémentaire au bar », plus pernicieuse pour la santé que quelques heures d'un travail, si pénible soit-il. Les conséquences économiques de la réforme ne seraient pas moins néfastes que ses conséquences morales et sociales : *a*) pour l'ouvrier, dont le salaire devrait subir une réduction corrélative — s'il est rémunéré à la journée — de la diminution de sa durée de présence, ou — s'il est rémunéré au mois — de celle de sa production, ses dépenses trouvant d'autre part des occasions d'augmentation ; *b*) pour le patron, dont la réduction de la durée du travail majorerait le prix de revient et, par suite, compromettrait la résistance à la concurrence internationale, ainsi que le montre l'examen de la législation étrangère, l'Angleterre étant le seul pays qui applique la mesure proposée ; la France, du reste, offre déjà aux travailleurs un repos partiel le samedi, par suite de l'affectation de ce jour à l'exécution des travaux de propreté et grâce à la sortie anticipée d'une partie du personnel. L'exemple des banques qui, durant quelques mois d'été, ferment le samedi à midi ne semble pas décisif en raison, d'une part, de la gêne qui motive les plaintes du commerce et, d'autre part, de l'impossibilité de les assimiler à des usines où tout arrêt détermine une augmentation du prix de revient. D'ailleurs, l'expérience tentée dans la région du Rhône a été, au bout d'un mois, condamnée par les ouvriers et leurs femmes, qui ont demandé le retour à la semaine complète, par suite de l'absorption de leur paye dans les cafés de la localité. Enfin, l'efficacité d'une entente internationale serait illusoire, par suite de l'impossibilité de l'étendue à la production horaire de l'ouvrier, qui varie d'un pays à l'autre. Le rapporteur conclut en rejetant la proposition de M. Vaillant, parce que, d'après lui, la semaine anglaise ne pourrait « avoir quelque chance d'être utile aux travailleurs que si c'était une véritable semaine anglaise, le dimanche étant consacré au repos comme en Angleterre » ; mais

Digitized by Google

il ne se prononce pas catégoriquement contre le principe de la mesure.

2° *Le Congrès National du bâtiment et des travaux publics*, qui réunissait tous les entrepreneurs adhérents à la Fédération Nationale du bâtiment et des travaux publics, qui s'est tenu à Lille du 21 au 23 septembre 1913, a émis le vœu suivant, relatif à la réglementation du travail : « Le Congrès, considérant que les projets de loi instituant légalement la journée de dix heures de travail pour les ouvriers adultes et la semaine anglaise auraient les plus graves conséquences pour toutes les industries du bâtiment et des travaux publics ; considérant que, par suite des dérogations imprévues et indispensables qu'il serait nécessaire d'accorder à ces industries, pour assurer la marche normale des travaux s'exécutant en général en plein air, les lois réglementant la durée du travail seraient inopérantes et sans effet pour les industries du bâtiment et des travaux publics qui, par suite de circonstances indépendantes de la volonté humaine, doivent être suspendues ou continuées sans arrêt, selon les événements, la température ou le climat ; considérant que, dans de pareilles conditions, ces lois étant inapplicables, sont de ce fait inutiles pour nos industries qu'elles ne pourraient qu'entraver pour le plus grand profit de la concurrence étrangère ; considérant que les consultations faites auprès des chambres de commerce et des groupements professionnels intéressés ont suffisamment démontré aux pouvoirs publics les inconvénients de cette réglementation ; émet le vœu qu'au cas où ces lois seraient votées, les industries du bâtiment et des travaux publics ne soient pas soumises à leur application et qu'un article spécial les mentionne explicitement. »

3° *Les Fédérations du textile, du bijou, de l'ameublement, de la céramique et de la lithographie*, adhérentes à la Confédération générale du travail, ont, dans leurs Congrès de 1913, formulé des avis concordants sur l'introduction de la semaine anglaise. Leurs délibérations peuvent se résumer comme suit :

a) Après avoir préconisé l'institution de la mesure, ils reconnurent qu'il convenait de s'attendre à une résistance patronale ; les dirigeants de certains de ces groupements ont même invoqué cet argument pour justifier l'opportunité d'une augmentation de cotisation en vue d'accroître les fonds des caisses de grève ;

b) Dans quatre de ces cinq Congrès, les orateurs ont reconnu que la mesure ne serait pas immédiatement applicable sur les mêmes bases dans toutes les villes et dans toutes les professions, en raison de la diversité des conditions du travail suivant les régions et les spécialités d'une même industrie ;

c) Tous se sont accordés à déclarer que la semaine anglaise ne devait être revendiquée qu'après l'obtention de la réduction de la journée de travail : en particulier les Congrès du bijou, de l'ameublement, de la céramique et de la lithographie ont décidé que les ouvriers qui ne jouissaient pas encore de la journée de neuf heures devaient, comme par le passé, porter tous leurs efforts exclusivement sur cette réforme, tandis que seuls les ouvriers qui en bénéficiaient déjà devaient réclamer dès aujourd'hui l'application de la semaine anglaise.

V. — Conclusions.

L'exposé objectif qui précède semble autoriser les conclusions suivantes :

1° La législation comparée démontre que la semaine anglaise n'est appliquée qu'en Angleterre aux adultes et uniquement dans le commerce et seulement à partir de 1 heure 1/2 avec une très brève interruption pour le repas. De plus, la mesure est corrélative d'habitudes dominicales essentiellement distinctes de celles qui règnent en France.

2° Le prix de revient des produits manufacturés et, par suite, le coût de la vie seraient évidemment accrus, et les éléments de la concurrence internationale seraient aggravés par cette réduction nouvelle de la durée du travail.

3° Une convention internationale serait inefficace, par suite de l'impossibilité manifeste de l'étendre à la productivité de l'ouvrier et aux conditions climatériques ou autres qui diffèrent avec les pays.

4° L'application de la semaine anglaise exigerait l'octroi de dérogations qui compliqueraient la mise en œuvre de la mesure et constitueraient des inégalités entre des producteurs concurrents, ainsi que le démontre l'application de la loi sur le repos hebdomadaire.

5° L'expérience tentée par l'Etat ne saurait être décisive, en raison des conditions spéciales du fonctionnement de ses établissements ; d'autre part, l'élévation du salaire dans ceux où la durée du travail a été réduite de dix à neuf heures, semble défavorable à toute mesure similaire.

6° La question posée devant le Conseil supérieur du travail est plus étendue que celle dont la législation étrangère offre l'exemple, puisque, sous sa forme définitive, elle vise l'industrie au même titre que le commerce, et cela au profit des adultes comme des femmes et des jeunes gens et qu'elle fait débuter le repos dès midi et non à partir de 1 heure ou de 1 heure 1/2 de l'après-midi.

7° Les ouvriers eux-mêmes se rendent compte des charges que la mesure imposerait aux chefs d'entreprise et des tempéraments ou modalités qu'elle exigerait.

Ces considérations ne doivent pas toutefois être interprétées comme l'expression d'une méconnaissance des avantages du repos du samedi après-midi. Je souscris sans réserve aux déclarations suivantes que M. Raoul Jay, l'éminent professeur de la Faculté de droit de Paris, formulait à la *Semaine sociale* de Limoges :

« Le repos du dimanche, disait M. Jay, est un leurre, sans le repos de l'après-midi du samedi ; la femme qui va à l'usine laisse s'accumuler, pendant la semaine, toute une série de besognes domestiques qu'elle accomplit actuellement dans la matinée du dimanche. Quand midi sonne, elle est lasse, épuisée. Avec le repos du samedi, tout cela change, les corvées ont été faites dans la soirée du samedi. Le dimanche matin, la maison est propre, la femme gaie et accueillante et nous verrons se transformer le dimanche en un véritable jour de fête. »

Mais j'estime que vouloir imposer par la loi cette mesure et la perturbation qu'elle entraînerait serait préjudiciable à la fois aux patrons et aux travailleurs pour qui elle est prévue, et cela en raison de la solidarité économique de leurs intérêts respectifs. C'est à des conventions librement souscrites entre les premiers et les seconds qu'il importe de demander, avec les modalités locales et professionnelles indispensables, l'introduction spontanée et progressive d'une réforme que les mœurs doivent consacrer avant que la loi intervienne pour se borner à en constater l'existence au lieu de prétendre en proclamer la création.

Maurice Bellom,
Ingénieur en chef au Corps des Mines,
Professeur d'Economie industrielle
à l'Ecole nationale supérieure des Mines.

Digitized by Google

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

A PROPOS DU SYSTÈME TAYLOR [1]

Réponse de M. Amar

Dans son récent article [1] sur le *système Taylor*, M. Ch. Fremont m'adresse deux critiques que je ne puis laisser sans réponse.

1° L'ouvrier limeur produit, dit-il, des efforts *supérieurs* à ceux que M. Amar a mesurés. Or, quelques lignes plus loin il doit reconnaître que ces efforts supérieurs s'observent avec des limes *à taille plus rude* que celles que j'ai employées, et dans le travail de l'acier, qui est autrement *difficile* que le travail du laiton, dont je me suis occupé :

2° L'évaluation de la dépense d'énergie, d'après la consommation d'oxygène respiré, « ne mérite, ajoute-t-il, aucune confiance ». En effet, M. Jules Lefèvre, qui en fit usage dans le cas du travail d'un ascensionniste, évalua ainsi une *puissance de* 34 *kgm* 66 par seconde, pendant deux heures de suite. Résultat manifestement faux et qui condamne la méthode de l'oxygène.

M. Fremont a très mal lu mes divers mémoires ; il a lu encore plus mal ceux du distingué savant qu'est M. Lefèvre, *car il lui attribue faussement des mesures de puissance d'après l'oxygène consommé, alors qu'il s'agissait d'un simple calcul, avec des données purement conventionnelles* [2].

On sent la gravité de cette façon de comprendre les auteurs et de les discuter. Mais ce qui est particulièrement inquiétant, c'est l'attitude de mon honorable contradicteur à l'égard des évaluations énergétiques fondées sur la dépense d'oxygène. Il en conteste l'exactitude, reconnue cependant par les fondateurs de l'Energétique : Robert Mayer et Hirn, et avant eux par Lavoisier.

Si ces noms ne suffisaient pas, j'invoquerais le témoignage des *milliers d'expériences* faites, avec une rare précision, par Chauveau en France, Atwater et Benedict aux Institutions Carnegie, Zuntz et ses élèves en Allemagne. Je néglige celles, plus modestes, que j'ai publiées depuis dix ans, et que des savants illustres ont vérifiées.

Une doctrine aussi solide, admise par les maîtres les plus compétents, formulée dès l'aurore de la science de l'énergie, est donc niée par M. Fremont contre toute évidence et sans la moindre expérience !

Jules Amar,
Docteur ès-sciences.

Réponse a M. Amar

1re *critique.* — J'ai fait remarquer, en effet, que M. Amar, dans le but de mesurer la fatigue de l'ouvrier limeur, avait choisi une lime demi-douce sur laquelle l'ouvrier ne peut appuyer que légèrement, par conséquent, sans se fatiguer. Et, quelques lignes plus loin, donnant en chiffres, et à titre d'exemple, les résultats de la mesure des efforts produits dans un coup de lime, j'ai ajouté : « L'effort produit est bien supérieur à celui que M. Amar indique ; mes diagrammes montrent que cet effort est loin d'être constant et qu'il varie beaucoup, au contraire, comme le prouvent les chiffres que j'ai donnés. »

C'était montrer que l'évaluation du travail d'un coup de lime nécessitait un calcul compliqué tenant compte de la variation continuelle des efforts pendant la course, tandis que M. Amar s'était contenté de prendre l'effort maximum, admettant que « cette valeur est si rapidement atteinte qu'elle peut être prise sans grande erreur ». Cette méthode simplifie considérablement le calcul, mais le résultat qu'elle donne est entaché d'une erreur de 30 à 40 %.

Ma phrase, dont M. Amar n'a cité que la première partie, n'a donc pas été écrite pour reconnaître que les efforts indiqués par M. Amar étaient rationnels, mais, au contraire, pour montrer que la quantité de travail, indiquée par sa méthode de calcul, était erronée et n'avait, par conséquent, pas plus de valeur pratique que ses évaluations de dépense d'énergie d'après la consommation d'oxygène respiré.

2e *critique.* — Je ne sais pas si j'ai *très mal lu* le texte du livre « Chaleur animale et bioénergétique » de M. J. Lefèvre, mais je vais ici en reproduire le texte.

Page 782. — A propos des rendements du travail moteur et du travail résistant, M. Lefèvre ajoute :

« Ce rapport a été étudié par Chauveau dans ses belles recher-
« ches sur le travail. Voici le principe de sa méthode : Une roue
« de Hirn tourne d'un mouvement uniforme sous l'action d'un
« moteur. Le sujet peut faire du travail moteur en montant sans
« cesse les échelons du côté où la roue descend ; il fait de
« même du travail résistant en descendant les échelons du côté
« où la roue monte. En multipliant son poids par le chemin par-
« couru sur la circonférence de la roue, on obtient par définition,
« quel que soit d'ailleurs le signe du travail, la valeur absolue
« de ce travail. Quant à la dépense d'énergie, elle se mesure
« par la grandeur de l'échange respiratoire. »

Puis, après avoir donné les résultats des recherches de Chauveau, M. Lefèvre ajoute :

« D'où cette *loi* :

« Le rendement moyen du travail résistant est à peu près le
« double du rendement moyen dans le travail moteur correspon-
« dant. On peut donc dire que : dans le travail résistant, la dépense
« énergétique est environ deux fois plus faible que dans le tra-
« vail moteur symétrique correspondant.

« Les conclusions précédentes entraîneront, pour la réduction
« d'un travail résistant en travail moteur, la règle pratique sui-
« vante :

« L'équivalent moteur du travail résistant accompli par un
« être vivant s'obtient en divisant par 2 la valeur absolue de ce
« travail. »

Page 800. — M. Lefèvre dit « qu'à la fin d'une laborieuse jour-
« née de montagne, il effectua la descente du pic du Midi à Luz-
« Saint-Sauveur, entre 4 et 6 heures du soir. Cela répond à 20 km
« de course et 2 200 m de chute, soit 250 000 kilogrammètres en
« 2 heures ; et cette puissance de 125 000 kilogrammètres-heure
« (ou 2 080 kilogrammètres-minute) a été maintenue pendant
« 2 heures. »

Je m'excuse de citer tout ce texte, mais je dois montrer la valeur de l'accusation de M. Amar « d'avoir attribué *faussement* « des mesures de puissance d'après l'oxygène consommé alors « qu'il s'agissait d'un simple calcul, avec des données purement « conventionnelles. »

Or, comme je viens de le montrer, c'est en appliquant une *loi*, résultant et des travaux de Chauveau sur la roue de Hirn et de la mesure de la dépense d'énergie par la grandeur de l'échange respiratoire que M. Lefèvre a établi ses mesures de puissance.

Et dans ma phrase : « *Cela ferait* 34 *kgm* 66 *par seconde pendant* 2 *heures, après une journée de grande fatigue* », je n'ai fait que de ramener à la mesure du travail par seconde en divisant par 60

(1) Voir *La Technique moderne*, t. VII, n° 9 (1er novembre 1913), p. 301.

(2) Lefèvre : *Chaleur animale et bioénergétique*, p. 800 et 801.

Digitized by Google

le travail donné (2080 kgm) par minute, afin de montrer par l'exagération de ce résultat numérique que cette formule, qui sert à l'évaluation du travail résistant par la mesure des gaz échangés à la respiration, est certainement fausse.

Chacun peut d'ailleurs refaire l'expérience de l'ascension et de la descente rapides d'un escalier, en tenant compte du temps, ainsi que je l'ai indiqué, pour se convaincre de l'inexactitude de cette formule et par conséquent de la valeur du procédé de mesure de l'énergie par celle des gaz échangés à la respiration.

Ch. FREMONT.

RÉPONSE DE M. IMBERT (1)

Je suis très reconnaissant au directeur de *La Technique Moderne* de vouloir bien accueillir les quelques lignes suivantes ; je serai, d'autre part, très heureux, si ceux des lecteurs de cette excellente Revue, qui ont pris connaissance de l'article intitulé : « A propos du système Taylor », me faisaient l'honneur de parcourir les observations que j'ai à présenter quant aux critiques formulées par l'auteur, M. Ch. Fremont, relativement à mes recherches relatives au travail à la lime et au sécateur.

En ce qui concerne le travail à la lime, M. Ch. Fremont me reproche :

1° De n'avoir pas taré mes graphiques ;

2° De n'avoir inscrit que l'effort total supporté par l'étau ;

3° De juger de la valeur — en travail mécanique (?) — du coup de lime par le plus ou moins de régularité des tracés.

Si M. Fremont avait lu, avec un peu plus d'attention qu'il ne paraît l'avoir fait, mon article de la *Revue générale des Sciences*, si, en outre, il s'était reporté à ma note à l'Académie des Sciences (séance du 10 juillet 1911), et à mon article du *Bulletin de l'Alliance d'Hygiène sociale* (avril-juin 1912), il se serait assuré :

1° Que mes recherches ne visaient nullement l'évaluation du travail mécanique effectué, et qu'il était, dès lors, superflu de « tarer les tracés » ;

2° Que, depuis la publication de la *Revue générale des Sciences*, j'ai inscrit, en outre des inclinaisons de la lime pendant le travail, les composantes horizontale et verticale de l'action de chacune des mains ; je me permets, en outre, de rappeler à M. Fremont que je lui ai moi-même montré mes tracés complets dans son Laboratoire, en juin 1911 et que sa critique me paraît, en conséquence, d'autant plus inattendue ;

3° Que je voulais seulement mettre objectivement en évidence la *ressemblance* des techniques des ouvriers habiles et la *diversité* des fautes commises par les apprentis.

Donc, aucune des critiques, assez vivement formulées par M. Fremont, relativement à mes recherches sur le travail à la lime, n'est le moins du monde justifiée.

Quant à mes recherches sur le travail au sécateur, je signale d'abord cette affirmation formulée sans preuve par M. Fremont : « l'aspect des diagrammes publiées laisse déjà des doutes sur la valeur des instruments et sur celle des résultats numériques trouvés. »

Je n'ai, certes, nulle prétention à l'infaillibilité ; mais vraiment je trouve assez étrange qu'une pareille affirmation soit publiée sans quelque raison à l'appui. Si d'ailleurs, au lieu de se borner à la lecture de la *Revue générale des Sciences*, M. Fremont s'était reporté à mon article de la *Revue d'Economie politique* (janvier 1909), il se serait aperçu que le « Professeur de Faculté » que je suis, sait tarer ses graphiques quand c'est nécessaire et donner tous les détails d'expérience pouvant permettre, à qui le désirerait, de contrôler ses résultats numériques, au lieu d'en contester, *a priori* et gratuitement, l'exactitude.

Faute encore d'avoir lu avec une suffisante attention, M. Fremont m'attribue, en outre, pour le travail au sécateur, des conclusions que je n'ai jamais formulées. Il s'agissait *uniquement* de savoir si les 0 fr 10 payés en plus pour les grosses boutures correspondaient avec quelque approximation au surcroît de travail que ces boutures nécessitaient. Mes résultats numériques permettent de répondre non, et je défie M. Fremont de démontrer l'inexactitude de cette conclusion, la seule dont j'aie à prendre la responsabilité.

Quant à vouloir transporter à d'autres travaux les résultats fournis par la manœuvre du sécateur, et à fixer à 44 fr l'heure le salaire d'une ouvrière qui se promène, c'est de la haute fantaisie qui ne paraît guère de mise à propos de questions si complexes, si difficiles à résoudre, et dont la solution serait cependant si utile et si urgente. Mais ce salaire, 44 fr, faisait bien dans l'article, et c'est peut-être pour le seul plaisir de provoquer un haussement d'épaule chez le lecteur insuffisamment renseigné par lui, que M. Fremont a tronqué la citation de mon article et qu'il s'est gardé de reproduire le membre de phrase suivant : « il faut ajouter ici qu'il ne résulte pas de là, pour les ouvrières, le droit d'exiger ce prix de 1 fr 40... » Voilà comment M. Fremont part en guerre contre mes résultats.

Je n'ai pas attendu l'article de M. Fremont pour faire remarquer, après d'autres, je crois, que l'évaluation d'un travail professionnel en unités mécaniques est bien souvent absolument illusoire. Ce n'est pas d'après la seule *force vive* si chère à M. Fremont, et sur laquelle « le Professeur de Faculté » que je suis a quelques notions, ne lui en déplaise, que doit être fixé en général le salaire de l'ouvrier ; bien d'autres éléments, de nature différente, doivent être pris en considération. Mais ce serait allonger outre mesure ma réponse que d'entrer à ce sujet dans une discussion, qui pourra d'ailleurs plus utilement s'ouvrir dans une autre circonstance.

En somme donc, pour pouvoir me faire une bonne part dans les copieuses critiques qu'il adresse à ceux qui, présentant cette tare de n'être pas des ingénieurs de profession, osent s'occuper du travail effectué par le moteur humain, M. Fremont, suivant un procédé de discussion trop souvent employé, m'attribue des vues qui n'étaient pas les miennes et combat des conclusions que je n'ai pas formulées.

Depuis quelque douze ans que je m'occupe, le mieux et le plus impartialement qu'il m'est possible de le faire, de l'étude expérimentale du travail professionnel, ce n'est pas la première fois que je me heurte au « peu de sympathie que manifestent les praticiens » pour de telles recherches poursuivies en dehors d'eux. Et je m'en félicite, car toute discussion est utile à la manifestation de la vérité, pourvu qu'elle soit sincère, complète et étayée sur des arguments.

Je reconnais, certes, la haute autorité et la particulière compétence des ingénieurs pour l'étude de toutes les questions qui se rapportent au travail professionnel ; mais je refuse, par contre, de me croire disqualifié en l'espèce, par une sorte de tare rédhibitoire, comme l'estime M. Ch. Fremont, parce que j'appartiens professionnellement à l'Enseignement supérieur. C'est l'ouvrier, c'est-à-dire un moteur animé, qui effectue le travail industriel ou y collabore ; tout problème dont le travail humain est l'une des données, présente dès lors un caractère physiologique incontestable. Par suite, tous ceux qui ont étudié le mode de fonctionnement du moteur animé ont le droit indéniable d'envisager ces problèmes et d'apporter, en vue de leur solution, la somme plus ou moins grande, plus ou moins importante suivant les cas, de renseignements que leurs connaissances spéciales leur permettent de fournir.

J'ai dit ailleurs, et je répète ici en terminant que « des rapports directs existent entre la Médecine et l'Economie politique, pour toutes les questions dans lesquelles intervient, pour une part, la dépense d'énergie de l'organisme humain. Economie politique et Médecine ont donc des domaines communs, dont il serait irrationnel d'attribuer l'exploration aux seuls adeptes de l'une ou

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 9 (1er novembre 1913), p. 301.

Digitized by Google

l'autre de ces sciences. C'est simultanément que médecins et économistes doivent aborder ces problèmes relatifs au travail professionnel, et c'est ensemble qu'ils doivent en discuter les solutions pratiques, pour éviter l'absolutisme, dangereux dans ses conséquences, qui résulterait de l'étude incomplète de ces questions complexes ».

Pourquoi ne travaillerait-on pas en vue d'une semblable collaboration loyale et désintéressée, que je crois devoir être féconde en résultats pratiques, dans ce laboratoire consacré à l'étude du travail professionnel, dont la création, au Conservatoire des Arts et Métiers, inquiète avant l'heure M. Ch. Fremont?

A. IMBERT,
Professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier.

RÉPONSE A M. IMBERT

Je m'empresse, à la demande que veut bien me faire M. Imbert, relativement à ma phrase : « L'aspect des diagrammes publiés, laisse déjà des doutes sur la valeur des instruments et sur celle des résultats numériques trouvés », de donner l'explication suivante :

Dans certains des diagrammes publiés, le tracé, après avoir monté brusquement, redescend aussi brusquement et marque alors un effort négatif. Or, de tels tracés résultent d'effets d'inertie; sous des chocs, certains organes des instruments sont violemment projetés et la plume enregistre un effort brusque et instantané qui ne correspond pas à l'effort vrai.

Je n'avais pas cru devoir insister parce que tous les expérimentateurs connaissent ce phénomène et ne tiennent pas compte du tracé ainsi produit.

J'ajoute que j'ai le très grand regret, après la lecture des longues explications de M. Imbert, de n'avoir absolument rien à modifier à ma critique que je maintiens entière.

Ch. FREMONT.

RÉPONSE DE M. IMBERT

En outre de la *force vive*, M. Fremont a découvert une autre chose encore que tous les expérimentateurs savent, et que je parais être le seul à ignorer : un caractère spécial qui doit faire rejeter certains tracés, quel que soit le dispositif qui les ait fournis et la nature du phénomène enregistré.

A part cela, M. Fremont n'a rien à opposer à ma réponse; il se borne à maintenir « sa critique », procédé plus commode que démonstratif.

Au lecteur de juger.

A. IMBERT,
Professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier.

RÉPONSE A M. IMBERT

Au lecteur de juger.

C'est bien là ce que je souhaite.

Ch. FREMONT.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

LA SUPÉRIORITÉ PROFESSIONNELLE CHEZ LES CONDUCTEURS DE TRAMWAYS DANS SES RAPPORTS AVEC LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE. — *L'importance de la psycho-physiologie dans l'étude des questions du travail. — Recherches poursuivies directement à l'usine. — Les qualités d'un bon conducteur. — Raisons pour lesquelles il use moins de force motrice qu'un conducteur médiocre. — L'emploi du frein à air et du frein à main. — Le démarrage. — Nécessité d'un apprentissage rationnel. — Les intérêts communs de la Compagnie et de l'ouvrier.*

Lorsque nous avons proposé à *La Technique Moderne* (1) de consacrer quelques articles aux études poursuivies en France et ailleurs pour établir une organisation scientifique du travail, nous étions persuadé — comme cela se confirme dès à présent — que les industriels ne tarderaient pas à comprendre l'utilité qu'il y a pour tous à se placer au-dessus des luttes de classe pour rechercher, par le moyen de la science, ce que le patron et l'ouvrier doivent apporter réciproquement à l'œuvre commune du travail. Un tel problème est immense et la portée sociale de sa solution incalculable. Aussi n'avons-nous pas la prétention de le trancher ici. A peine espérons-nous apporter quelques données objectives susceptibles d'applications partielles immédiates et capables d'orienter les recherches à venir.

Nous pensons que le psychologue ou le physiologiste, qui veut apporter les ressources de la méthode expérimentale pour solutionner les questions d'organisation du travail, doit écarter provisoirement les travaux d'ordre tout spéculatif qu'il poursuit au laboratoire, pour se préoccuper de fixer les données nouvelles que l'industrie impose à sa recherche. L'usine ou l'atelier ne doit pas être une succursale du laboratoire, mais les recherches de laboratoire doivent apporter, aux problèmes industriels, des données qui manquaient pour leur solution. C'est dans cet esprit que nous avons entrepris depuis 1908 des études sur les conditions rationnelles du travail chez les conducteurs de machines mobiles.

Cette question, qui intéresse à la fois l'industrie, les sociétés de transport, les ouvriers, et plus encore le public, qui réclame la sécurité sur la voie publique, est d'une extrême importance.

Une enquête ainsi établie ne pouvait que s'étendre sur une durée assez longue et soulever des problèmes d'une extrême complexité. Notre dessein était d'en donner les résultats d'ensemble et nous aurions attendu d'avoir mené jusqu'au bout les recherches, si une inquiétude, née dans le public, par suite de l'application en France des méthodes de travail américaines, ne nous obligeait à énoncer plus tôt que nous ne l'aurions désiré, des résultats partiels.

Les conditions actuelles du travail industriel se présentent de telle sorte que l'outillage du laboratoire ne suffit pas à les révéler avec toutes leurs conséquences, et qu'il est besoin de créer, avec des méthodes nouvelles, un matériel plus parfait et plus étendu d'expérimentation. Nous avons été amené à construire un appareil précis et portatif pour étudier les modifications des échanges respiratoires chez les machinistes, dont nous avons fait connaître, il y a peu de temps, le maniement (1).

Afin de déterminer les signes psycho-physiologiques des actes

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 12 (juin 1913), p. 449; t. VII, n° 9 (1er novembre 1913), p. 301; n° 11 (1er décembre 1913), p. 386.

(1) Modification des échanges respiratoires sous l'influence du travail musculaire. Une technique nouvelle. Ses résultats. *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 15 novembre 1912, p. 1129 à 1137.

Digitized by Google

brefs et intenses, si caractéristiques du travail des conducteurs de tramways, nous avons étudié parallèlement au laboratoire ces actes dans d'autres formes analogues de l'activité humaine(1).

Ces recherches sont encore restées du domaine de la science pure. Nous donnerons plus tard les applications qui s'en déduisent. Notre but est d'établir ici le rapport entre la supériorité professionnelle et la moindre consommation d'énergie électrique.

Nos recherches se sont trouvées facilitées par l'accueil bienveillant que les administrateurs, le personnel technique et les ouvriers de la compagnie des Tramways de l'Est parisien nous ont fait, ainsi que par la collaboration, malheureusement un peu trop brève, que M. Izart, nous a apportée.

Afin d'établir sur une base solide quelques-uns des problèmes qui sollicitaient notre attention, nous avons cru utile de classer tout de suite nos sujets en bons et en médiocres ouvriers.

On peut considérer comme un bon conducteur celui qui évite le mieux les accidents et qui consomme le moins d'électricité. Ces deux conditions ne se trouvent pas toujours réunies chez le même individu. Considérons-les donc isolément, et nommons provisoirement bon machiniste celui qui réalise le plus d'économie de courant pour obtenir le même résultat, toutes conditions restant égales.

Ceci nous amène à examiner d'abord les raisons pour lesquelles un bon conducteur use moins de force motrice qu'un conducteur médiocre. Cette question renferme en elle les données du problème que nous étudions. En effet, la Compagnie est intéressée à voir réduire la dépense, et le conducteur à voir augmenter sa prime. Par là aussi nous pouvons préciser les points sur lesquels doit porter l'apprentissage du machiniste.

Nous avons étudié les conducteurs de la ligne Bagnolet-Opéra, ligne dont le parcours est des plus accidentés et qui traverse des agglomérations à grand trafic. Elle est certainement de celles où l'habileté professionnelle du wattman trouve le plus grand nombre d'occasions de s'exercer. Cette ligne est, par ailleurs, entièrement à conducteurs continus (trolley ou caniveau), de telle sorte que les déductions d'ordre technique que l'on peut tirer de la mesure d'électricité sont plus exacts que sur une ligne à conducteurs discontinus (plots).

Les voitures pèsent à vide, en ordre de service 13 t. 4, et sont équipées avec deux moteurs 30/35 chevaux (575 volts, 45 ampères). Le nombre de places est de 47, de sorte qu'en pleine charge, le poids du véhicule est d'environ 16 t. 4.

Les freins sont au nombre de deux :

1° Un *frein à main*, progressif et doux, pouvant être utilisé pour les ralentissements, mais qui nécessite pour la mise en œuvre un certain effort par suite du grand nombre de tours de volant que la main doit exécuter pour le faire agir. Ce frein n'entraîne aucune dépense d'énergie électrique pour son fonctionnement.

2° *Un frein à air comprimé*, très brutal, allant jusqu'au blocage instantané des roues et dont la manœuvre n'exige aucun effort appréciable. Ce frein nécessite une certaine dépense d'énergie électrique, le compresseur étant commandé par l'essieu de la voiture.

Le personnel est prévenu que l'emploi exagéré du frein à air augmente légèrement la consommation de courant, ce qui diminue d'autant les primes.

Ceci dit, considérons quelles sont les causes de consommation d'électricité d'une voiture dans son service journalier. Nous comptons :

1° La résistance à la traction, variable avec l'état de la voie;
2° La fréquence des démarrages ;
3° L'emploi du frein à air ;
4° La vitesse ;
5° La charge de la voiture ;
6° L'état général d'entretien mécanique (graissage, etc.) et électrique (moteurs, etc.) ;
7° Le profil de la voie.

Parmi ces causes, il en est dont l'importance ne peut échapper à personne et que les Compagnies réduisent d'elles-mêmes au minimum.

Nous pouvons donc supposer un profil déterminé à la voie, un entretien normal du matériel mécanique et électrique. Comme de plus la vitesse est réglée de façon égale par les horaires — quel que soit le conducteur — on peut négliger ces facteurs de consommation.

Il en sera de même pour la charge, si nous considérons un temps assez long, un mois par exemple — ce que nous avons fait. Certains conducteurs peuvent, il est vrai, essayer de tricher en suivant une autre voiture de façon à maintenir la leur à peu près vide ; mais cette manœuvre est facilement contrôlable.

En dernière analyse, l'emploi du frein à air, l'état de la voie et le démarrage sont les causes premières de consommation d'électricité — imputables au machiniste — et qui, par une meilleure discipline professionnelle, peuvent voir leurs effets réduits au minimum.

Le frein a air. — Des essais ont été faits, qui montrent une différence de 10 % environ entre la consommation d'une voiture freinée uniquement avec le frein à main et la même voiture freinée uniquement avec le frein à air.

Il est légitime que la Compagnie recommande l'emploi du frein à main, mais les difficultés de la circulation dans Paris et la nécessité d'aller vite ont prouvé que le frein à air était indispensable.

Si l'on exige du conducteur de tramway — comme caractéristique professionnelle — des gestes brefs et précis, il faut, en échange, lui fournir un outillage qui réponde à ces nécessités du travail. On pourrait donc dire *a priori* que le frein à air est le seul pratiquement utilisable, celui qui se prête le mieux au jeu de la conduite d'une voiture. Toutefois, nous ne perdrons pas de vue que l'usage de ce frein fatigue les caisses des voitures et détériore les pièces de timonerie. Cette remarque montre qu'il y aurait pour la Compagnie un grand intérêt à rechercher *les meilleures conditions d'utilisation du frein à air*. Parmi ces conditions, il en est de techniques qui relèvent exclusivement de la compétence des ingénieurs, mais il en est d'autres qui, quel que soit le perfectionnement apporté à l'outillage, existeront toujours, parce qu'elles dépendent des aptitudes psychologiques personnelles du machiniste. Il conviendrait donc, lors du recrutement du personnel de la traction, de tenir compte de *certaines qualités psycho-motrices qui sont une des marques de la supériorité professionnelle.*

A cet égard, nos recherches de laboratoire sont assez avancées pour nous permettre d'affirmer que nous déterminerons très vite de tels signes en poursuivant ces recherches avec l'aide de la Compagnie, dans le milieu ouvrier.

Il nous paraît, en outre, possible de trouver les conditions rationnelles de l'emploi du frein à main qui, jusqu'alors, a été laissé à l'initiative personnelle de l'ouvrier. Ces conditions seraient enseignées aux wattmen et l'on détruirait ainsi la prévention des ouvriers contre le frein à main.

Etat de la voie. — L'expérience a montré que, suivant l'état de la voie, la résistance à la traction, pour des rails de tramways, varie entre 7 et 10 kg par tonne.

Dans les limites de vitesse ordinaire, pour les véhicules sur voie publique, la résistance est indépendante de la vitesse.

Nous déduisons de ce fait que l'écart de consommation entre une voiture marchant sur voie boueuse et la même voiture marchant sur voie propre et sèche est au maximum de 30 %.

Ce facteur — d'ailleurs très important et qui doit intéresser le service technique — résulte directement des intempéries Il échappe donc, d'une manière totale, au conducteur.

(1) Etude expérimentale de l'adaptation psycho-physiologique aux actes volontaires brefs et intenses. *Journal de Psychologie*, 1912, p. 220 à 236. L'adaptation organique dans les états d'attention volontaires et brefs. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, mai 1912.

Digitized by Google

En ce qui concerne la consommation, c'est surtout par là que s'observe la différence entre les bons et les mauvais machinistes. Il apparaît donc que la manière de démarrer constitue le plus important facteur susceptible d'expliquer les différences observées sur une même ligne entre les divers conducteurs. D'après les graphiques que nous avons établis, on constate entre les bons machinistes et ceux de valeur moyenne un écart maximum de :

90	w. h. pour	1050	w. h.	en janvier,	soit	8,6 %
100	—	930	—	juin	—	10,7 %
95	—	880	—	août	—	10,8 %
110	—	980	—	nov.	—	11,2 %

Démarrages. — Le facteur « démarrage » est essentiellement personnel et, en quelque sorte, caractéristique de chaque conducteur. C'est pourquoi il semble intéressant d'étudier dans quelles limites il peut varier. Pour donner des mesures ayant quelque précision, il faudrait relever, au moyen d'un ampèremètre enregistreur, le diagramme de marche des voitures considérées. Nous publierons ultérieurement ces résultats en les comparant avec les caractéristiques psychologiques des conducteurs, afin d'en déduire des indications utiles pour leur recrutement.

Les chiffres que nous donnons plus haut intéressent, à notre avis, uniquement les écarts de consommation provenant des seuls démarrages obligatoires. Les wattmen que nous avons observés savaient utiliser en perfection la vitesse acquise et ne faisaient aucun démarrage inutile. Nous avons vu que de jeunes machinistes consommaient jusqu'à 35 % en plus de force motrice, en raison de démarrages intempestifs. On voit donc quelle source d'économie réelle résultera pour la Compagnie de l'étude rationnelle du travail.

Le dressage que l'on devrait faire subir aux jeunes machinistes, les indications précises données à tous et la possibilité où ils seraient, en raison de leur recrutement sélectionné, de se prêter à cet enseignement, contribueraient à maintenir les dépenses d'énergie électrique dans les strictes limites de la nécessité.

L'écart observé entre les chiffres globaux de la consommation mensuelle confirme les prévisions relatives à l'influence de l'état de la voie, ainsi que d'autres recherches par lesquelles nous avons pu établir l'influence des intempéries sur la valeur professionnelle des wattmen.

Les questions qui se posent, à propos de l'état de la voie, relèvent exclusivement du service technique ; celles qui se rapportent à l'action des intempéries sur l'organisme nous intéressent, au contraire, de façon particulière. Aussi, après une série d'expériences, avons-nous été amené à proposer que les conducteurs soient abrités, non seulement de la pluie et du soleil, mais encore du froid et des changements brusques de température dus au mouvement de l'air, lorsqu'on passe de l'arrêt à la marche, ou lorsque l'allure s'accélère sensiblement. Les Compagnies parisiennes de tramways ont adopté depuis peu cette disposition.

Ajoutons aussi que l'application de cette mesure serait plus utile encore aux conducteurs d'automobiles privées, pour qui les considérations d'horaires et de service public ne limitent pas l'allure.

En dehors même de la question de la fatigue — dont nous ne voulons pas ici entreprendre l'étude — les variations de température résultant des différences d'allure, peuvent avoir une influence nocive sur le conducteur, donc amoindrir sa valeur professionnelle au moment précis où la vitesse lui impose un redoublement d'attention, de maîtrise de soi, de rapidité dans ses réactions psycho-physiologiques.

Ainsi la constance dans l'écart de consommation vient appuyer l'hypothèse suivant laquelle les démarrages, leur fréquence, leur brutalité, servent de moyen essentiel pour différencier entre eux les bons et les mauvais conducteurs.

Le problème de la sélection préalable des conducteurs de tramways électriques se pose pour les Compagnies. Nous l'examinerons ultérieurement. Qu'il nous suffise ici de laisser prévoir qu'au cours de l'apprentissage, c'est au développement de cette qualité que doivent concourir tous les efforts. Il faut démarrer le moins possible, donc user des ralentissements chaque fois que l'arrêt ne s'impose pas.

A peine aperçoit-il un obstacle que le mauvais machiniste arrête sa voiture, tandis que le bon ralentit pour repartir, si la chose est possible, avant l'arrêt.

D'autres fois, nous avons remarqué que le machiniste médiocre, en raison d'un état psychologique qu'il nous serait facile de déceler, manque de maîtrise de soi et, en cas d'embarras de voiture, suit, par démarrages successifs, la voiture qui l'arrête, au lieu d'attendre le moment où il aurait assez de jeu pour opérer une mise en marche normale. Il ne s'agit pas ici, cela va de soi, de préconiser les longs arrêts, d'encombrer la voie et de s'opposer aux règlements de police sur la circulation dans les grandes villes, mais d'indiquer au machiniste la série des gestes extrêmement brefs et précis par lesquels il obtient la conduite la plus avantageuse de sa machine.

Lorsque l'arrêt est obligatoire, le démarrage ne doit pas être brusque, mais graduel. En appliquant ces règles, la Compagnie et le conducteur y trouveront un bénéfice. Certes, les moins avertis peuvent déduire des observations précédentes que certaines qualités psychologiques sont nécessaires pour atteindre ces résultats, mais il faut savoir que le dressage d'un conducteur est chose possible. Nous n'en donnerons qu'un exemple : celui du wattman R..., dont la ligne de consommation, sur nos graphiques, passe de l'extrême dépense, au début de son apprentissage, sur une ligne qui lui était inconnue, à la consommation la plus basse après trois mois d'exercice. Pour atteindre ce résultat, il a fallu que ce machiniste ait des qualités psycho-motrices sans lesquelles son dressage eût été impossible ou tout au moins long, et par conséquent dispendieux.

En résumé, — bien que nous laissions de côté la question des accidents, qui se rattache d'une manière si directe au recrutement des machinistes, et qui engage gravement la responsabilité financière des Compagnies de transport, — on voit quelle économie peut être réalisée par la collaboration des sciences psycho-physiologiques et de la technique industrielle. Certes, les ingénieurs sont parvenus à créer un outillage à la fois perfectionné et élégant, et à tirer du machiniste un rendement élevé ; mais il reste à explorer tout le domaine de l'activité psycho-motrice du conducteur pour obtenir une adaptation parfaite de l'individu à la machine qu'il conduit et éviter par là le gaspillage de force électrique.

Conclusions.

Tel était, il y a quelque temps, l'état de nos recherches sur la question du travail des conducteurs de tramways électriques. Certaines des questions soulevées ont été solutionnées, d'autres sont encore à l'étude qui en font surgir de nouvelles. Mais l'intérêt de cet article est moins dans les résultats déjà obtenus que dans la méthode suivie. On voit, en effet, que nous avons simplement voulu, un problème d'ordre professionnel étant posé, apporter à sa solution, le cas échéant, les ressources des techniques de laboratoire.

Nous pensons qu'à agir autrement, on perdrait de vue le caractère pratique de ces études et que l'on entretiendrait, chez les industriels, le préjugé de l'inutilité de ces recherches. Mais que les physiologistes et les psychologues surtout ne s'y trompent pas ; par les nombreux problèmes nouveaux que nous pose l'activité humaine, dans le travail professionnel, la science elle-même trouvera un bénéfice inespéré à de telles recherches.

J.-M. Lahy.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

AGRONOMIE

Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens.

Le distributeur d'engrais représenté par la figure 1 est un nouvel instrument étudié pour se monter sur les cultivateurs canadiens, extirpateurs et autres appareils pourvus d'un bâti du même genre.

Il est construit par la maison Robillard à Arras sur le principe des distributeurs « Le Rêve ». C'est donc un modèle à fond roulant et hérisson, dont le réglage s'opère en fermant plus ou moins la vanne qui laisse sortir l'engrais de la trémie dans l'auget placé sous le hérisson distributeur.

L'ensemble formé par la trémie et l'appareil de distribution constitue un tout, que l'on monte sur un instrument d'ameublissement comme ceux désignés ci-dessus ou qui se fixe à l'avant des semoirs combinés avec cultivateur canadien. Le montage est simple et s'opère avec quelques pièces de fixation, livrées avec l'instrument, qui servent à assujettir le distributeur sur l'appareil destiné à le recevoir. Sur l'essieu des roues porteuses, on cale un pignon qui commande par chaîne celui du distributeur et fait fonctionner tout le mécanisme. Celui-ci n'est pas entraîné dans la marche en arrière pour que l'engrais soit seulement répandu dans le déplacement en avant.

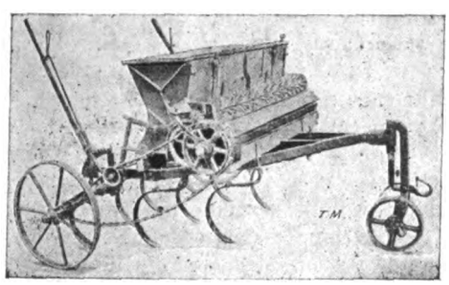


FIG. 1. — Distributeur d'engrais, système Robillard, monté sur cultivateur canadien.

Ce distributeur se fait en toutes dimensions de 5 en 5 cm à partir de 1m,50 de largeur d'épandage. Lorsqu'il est fixé sur un cultivateur simple, il permet de répandre l'engrais et de l'enterrer légèrement, en même temps qu'on donne au sol une énergique façon d'ameublissement. Si on le monte avec un semoir combiné avec cultivateur, on procède à la fois, dans une seule opération, à l'ameublissement du sol, à la distribution de l'engrais et au travail d'ensemencement. On se rend compte de la rapidité que permet d'obtenir un pareil ensemble.

Il peut enfin être utilisé comme distributeur d'engrais seul, en mettant le cultivateur dans la position de transport. Dans ce cas, les dents n'agissent plus et le distributeur fonctionne en répandant l'engrais comme un modèle ordinaire.

La traction est un peu élevée, en raison du faible diamètre des roues que possèdent les machines sur lesquelles se monte ce distributeur d'engrais.

H. PILLAUD.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Le problème de l'électrification des chemins de fer fédéraux suisses.

Le problème de l'électrification des Chemins de fer ne prend, en Suisse, toute son importance qu'en raison de la possibilité de faire disparaître les importations de charbon étranger et d'utiliser les forces hydrauliques naturelles du pays ; les autres avantages propres à la traction électrique ne sont considérés que comme tout à fait accessoires.

Au cours d'une conférence faite à Bâle, le 8 janvier 1913, le Dr W. Kimmer, ingénieur à Zurich, s'est efforcé de démontrer que les exploitants de chemins de fer doivent, avant tout, lorsque la question de l'électrification est envisagée, s'attacher à des considérations d'ordre économique.

Dans d'assez nombreux cas, la substitution de forces hydrauliques locales aux charbons étrangers n'aurait d'autre résultat que d'augmenter les frais d'exploitation.

En ce qui concerne les acquisitions de terrains, l'infrastructure, les ouvrages d'art, et même une grosse partie de la superstructure, les dépenses d'établissement et d'exploitation sont sensiblement égales avec la traction à vapeur, et avec la traction électrique.

Toutefois, avec le second mode de traction, on est fatalement conduit à des dépenses supplémentaires importantes, pour la construction d'usines génératrices et de sous-stations, l'établissement de lignes d'alimentation, et de lignes de travail, l'acquisition de matériel spécial, l'exécution de travaux de remaniement des installations antérieures, etc.

En Suisse, ces dépenses sont évaluées à environ 150 000 fr par kilomètre de ligne à voie normale, alors qu'avec la traction à vapeur, la valeur d'établissement est de 450 000 fr par kilomètre.

On est donc en présence d'une augmentation de dépense de 1/3, et cela dans le cas où il est possible de remplacer progressivement, sans interruption du service et même sans modification du matériel roulant, les locomotives à vapeur par des locomotives électriques.

Pour les 3 000 km de chemins de fer à voie normale qui existent en Suisse, la dépense minimum à prévoir serait de 450 000 000 de francs, venant s'ajouter au capital actuel de 1 350 000 000 dont il faut assurer l'intérêt et l'amortissement.

Il faudrait ainsi prévoir, chaque année, pour l'intérêt et l'amortissement, une somme de 25 000 000 environ, qui comprendrait, il est vrai, les dépenses pour travaux de renouvellement.

En outre, les frais d'exploitation, de surveillance, d'entretien, etc..., s'élèveraient annuellement à 15 000 000 de francs.

Donc, pour faire cesser l'importation des charbons étrangers, la Suisse devrait, chaque année, dépenser 40 000 000 de francs ; or, l'achat de ces charbons ne coûte actuellement pas plus de 30 000 000 par an.

Il est donc évident qu'au point de vue économique, la Suisse commettrait une faute en procédant, dès maintenant, à l'électrification de l'ensemble de ses chemins de fer, qui ne pourra se trouver pleinement justifiée que le jour où le cours du charbon, influencé par la hausse des salaires et les difficultés croissantes de l'extraction, se sera notablement élevé.

Quant à présent, l'électrification n'est admissible que pour certaines lignes dont le trafic est particulièrement intense, et qui font, par conséquent, une énorme consommation de combustible, telles que, par exemple, la ligne de Bâle-Lucerne-Chiasso.

Toutefois, en vue des nécessités possibles de l'avenir, on a été amené à se poser la question de savoir si les forces hydrauliques naturelles suisses permettraient de donner l'énergie totale nécessaire à l'exploitation des 5 000 kilomètres de chemins de fer que comportera plus tard le réseau fédéral, avec un trafic annuel d'environ 14 200 000 000 de tonnes kilométriques (y compris le matériel).

Les calculs ont démontré que la puissance développée aux arbres des turbines des usines génératrices devrait être de 146 000 chevaux en moyenne annuelle, et de 464 000 en charge maximum, et les recherches de la Commission d'études pour la Traction électrique en Suisse ont permis de dresser, pour l'ensemble du

Digitized by Google

territoire, la liste de 16 usines d'une puissance totale de 625 000 chevaux pouvant développer une puissance moyenne de 208 000 chevaux par 24 heures.

Ces usines se répartissent comme suit :

Deux dans la Leventine ;
Trois dans le bassin de la Reuss, canton d'Uri ;
Une dans le bassin de la Sihl, canton de Schwyz ;
Une dans le bassin du Rhin, canton des Grisons ;
Deux dans le bassin de l'Aare, canton d'Argovie ;
Une dans l'Oberland bernois ;
Deux dans le bassin de la Reuss, canton de Lucerne ;
Deux dans le bassin du Rhône, Haut-Valais ;
Deux dans le bassin de la Drance, Valais.

Il est donc possible de trouver et au-delà l'énergie suffisante, et la seule précaution qu'il convienne de prendre quant à présent consiste à s'assurer sans retard les propriétés nécessaires, là où la chose n'est pas encore faite.

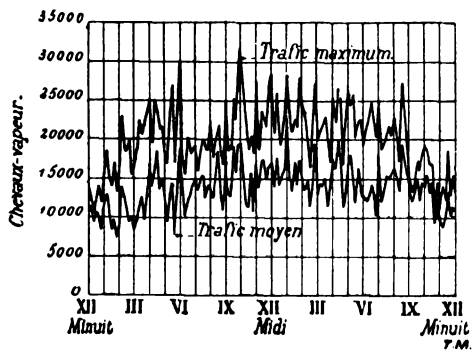


FIG. 1. — Courbes de la consommation d'énergie d'une usine de traction (chemin de fer du Gothard) avec trafic intense de nuit des trains de marchandises, consommation notable d'énergie pendant les heures de nuit.

On s'est également préoccupé, en Suisse, de la question relative à l'utilisation rationnelle des usines génératrices.

D'après une opinion assez répandue, le coefficient d'utilisation serait beaucoup plus faible pour les usines de traction que pour les usines destinées à la production de la lumière et à la distribution d'énergie industrielle, et cela en raison des fluctuations qui se produisent inévitablement dans la consommation d'énergie sur une ligne de chemin de fer.

En examinant les choses de plus près, cependant, on voit que si, pour la traction électrique, l'usine génératrice doit fournir un travail T, en moyenne par vingt-quatre heures, il faut employer des machines d'une puissance de 2 à 3 T, pour faire face aux oscillations maxima de la charge. Pour un travail journalier effectif de 24 T, il faut donc une usine de 48 à 72 T, mais précisément c'est là, ou à peu près, le rapport pratiquement admis entre le travail maximum exigé et le travail moyen utilisé, dans les usines génératrices, pour l'éclairage et la distribution d'énergie.

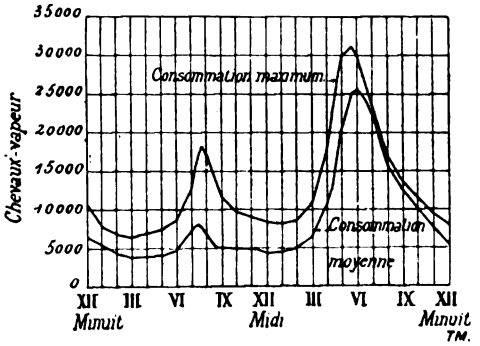


FIG. 2. — Courbes de la consommation d'énergie d'une distribution générale d'éclairage et de force motrice avec alimentation d'une grande ville entraînant nue consommation importante d'énergie pendant la nuit.

La seule différence entre ces dernières usines et les usines de traction consiste dans ce fait que les chemins de fer entraînent des vitesses de variation plus grandes que celles constatées dans la consommation qui résulte de l'éclairage électrique ou de la distribution d'énergie.

Les diagrammes (fig. 1 et 2) montrent l'aspect très différent des variations de la consommation dans les deux cas envisagés.

Pour deux usines fournissant à peu près le même travail en kwh, l'usine de traction aura généralement un rendement moyen un peu plus bas que l'usine d'éclairage, en raison de ce que les pertes de toute espèce seront plus élevées pour la première usine que pour la seconde ; mais, dans l'ensemble, le coefficient d'utilisation sera toujours, pour l'une comme pour l'autre, de 1/2 à 1/3 en service journalier et de 1/3 à 1/4 en service annuel, et les données techniques à prévoir au moment de la confection des projets seront les mêmes, en principe, dans les deux cas.

Les considérations économiques ayant été justement admises comme essentielles, on s'est demandé laquelle des deux formules serait la plus avantageuse de la construction et de l'exploitation des usines génératrices par l'Etat ou par l'industrie privée.

On pense généralement en Suisse, où l'industrie privée a donné des preuves indiscutables de son activité, qu'il conviendrait de lui abandonner entièrement les usines génératrices ; la pensée que l'utilisation des usines de traction est nécessairement inférieure à celle des usines ordinaires, a conduit certaines personnes à affirmer que l'exploitation par l'Etat causerait un déchet énorme d'énergie, alors que l'exploitation privée serait beaucoup plus aisément à même d'utiliser la puissance offerte en l'appliquant à des industries secondaires annexées à l'établissement principal.

Or, on a vu que la différence d'utilisation entre les usines de traction et les usines ordinaires est, pour ainsi dire, nulle.

D'autre part, avec les forces hydrauliques, il est aisé de réaliser des combinaisons, entre usines à accumulation d'eau très importante et usines à accumulation faible ou nulle, telles que la puissance annuelle puisse être développée sans écoulement notable d'eau inutilisée, c'est-à-dire avec un coefficient d'utilisation voisin de l'unité.

Dans ces conditions, on ne peut tirer, de la nature même du service à effectuer, aucun argument d'ordre technique en faveur de l'exploitation par l'Etat ou par l'industrie privée.

A. S.

CHIMIE INDUSTRIELLE

L'Elianite, substance inattaquable par les acides.

Le problème de la concentration de l'acide azotique dilué et de sa transformation en acide fumant, utilisable dans la fabrication des poudres et explosifs, tient à l'heure actuelle une grande place dans l'industrie de l'acide nitrique de synthèse.

Parmi les questions soulevées par ce problème se pose en premier lieu la production d'une matière malléable, de résistance mécanique suffisante, inattaquable à l'acide nitrique dans ses divers états de dilution et susceptible d'être utilisée pour la construction des appareils de concentration.

M. Carlo Rossi, qui dirige actuellement l'usine à acide nitrique synthétique de Legnano, près de Milan, et qui s'est spécialisé dans l'étude et les perfectionnements de cette industrie, vient d'élaborer un nouveau produit, auquel il a donné le nom d'*élianite*, qui paraît répondre aux desiderata précédents.

L'élianite, obtenue au four électrique, permettrait d'après le Dr Rossi, de construire des appareils pour la concentration de l'acide nitrique dans le vide, en utilisant le chauffage à vapeur, c'est-à-dire dans des conditions de travail qui rappellent la concentration des solutions salines ou sodiques.

A l'encontre des autres produits dits résistants aux acides et qui, en fait, ne résistent qu'à l'action de certains acides, l'élianite ne serait attaquée par aucun acide et sa résistance serait absolument générale, ce que le Dr Rossi exprime en disant qu'elle « n'entre pas en réaction avec un sur 10 000 des composés chimiques existants. »

Le chlore, le brôme à l'état libre, les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, concentrés ou dilués, l'eau régale elle-même cons-

Digitized by Google

tituée par trois parties d'acide chlorhydrique pour une partie d'acide nitrique, sont sans action sur l'élianite. Le cuivre, dans ses solutions alcalines ou acides, n'est pas précipité par l'élianite. Plongée dans un bain de soufre fondu, elle n'est pas altérée.

Il existe bien certains carbures métalliques qui présentent une résistance chimique comparable à celle de l'élianite, mais ces produits sont cristallins, infusibles et ne peuvent, dans aucun cas, intervenir dans la construction d'appareils.

Le tableau suivant condense le résultat des essais d'attaque effectués avec différentes substances :

Substances étudiées	Perte de poids en 0/0 après une ébullition de 24, 48 et 72 heures		
	24 h.	24 h. en plus	24 h. en plus
SO^4H^2 98 %	0.10 %	0.02 %	0.02 %
— 20 %	0 07	0 00	0 00
AzO^3H ($d = 1{,}4$)	0 03	0 01	0 00
— ($d = 1{,}1$)	0 01	0 00	0 00
CH^3CO^2H 60 %	0 03	0 01	0 00
CrO^4H^2 10 %	0 07	0 00	0 00
Ac. Tartrique	0 05	0 03	0 03
Iode (sol. saturée)	0 00	0 00	0 00
Brôme (eau de brôme)	0 01	0 01	0 00
Hypochlorite de calcium (saturée)	0 04	0 01	0 01
SO^4Cu (sol. acide)	0 00	0 00	0 00
— (sol. alcal.)	0 00	0 00	0 00
Soufre fondu	0 06	0 01	0 00
$AzO^3Az\ H^4$ fondu	0 00	0 00	0 00

La petite diminution produite après la première attaque de 24 heures paraît due à une altération superficielle de la surface, au contact du sable contenu dans le moule de fusion.

Les propriétés physiques de l'élianite comparées à celles de la fonte se trouvent condensées dans le tableau suivant :

	Fonte	Elianite
Densité	7.3	6.8
Charge de rupture, traction	10-15 k.	7-12 k.
Charge de rupture, compression	60-80 k.	15-65 k.
Point de fusion	1250°	1400°
Dureté	1	1.6
Conductibilité calorifique	10	8
Résistance électrique	8	10
Résistance à la corrosion	1	1000

L'élianite, comme on le voit, est assez bonne conductrice de la chaleur; sa conductibilité est égale à deux fois celle du plomb, à quatre fois celle du quartz. Sa dureté permet de construire des appareils autrement durables que ceux construits avec les alliages plomb-antimoine.

La résistance mécanique de la fonte est un peu supérieure à celle de l'élianite, mais il sera toujours possible de renforcer avec des carcasses de fer les pièces de grandes dimensions en élianite.

La dureté serait telle, d'après Rossi, qu'aucun acier ne permettrait de la travailler; il faudrait faire usage de machines avec pièces d'attaque en corindon.

Si tous ces faits se vérifient, le nouvel alliage représenterait une découverte des plus importantes pour l'industrie des acides. En effet, l'industrie chimique était réduite à travailler jusqu'ici avec des matériaux tels que le grès, le verre, le quartz, la porcelaine dont la nature ne permettait pas la réalisation de grands appareils. On pourra maintenant, avec l'élianite, combiner des appareils rationnels, rendant possible l'application de nombreux procédés pour lesquels il manquait jusqu'ici un matériel convenable.

J'ajoute que l'élianite se comporte très bien au moulage, si j'en juge par une capsule en élianite que M. Rossi a bien voulu m'adresser récemment.

Quelle est maintenant la composition de cet alliage ? Le Dr Rossi n'a pas jugé convenable de rendre publique cette composition, mais les propriétés précédentes permettent à un chimiste averti, de deviner de suite au moins la nature des principaux constituants. Il me paraît donc extrêmement probable que l'alliage de M. Rossi est constitué essentiellement par un ferrosilicium, dont on peut même donner immédiatement la composition approchée en tenant compte de la densité. Les propriétés de l'élianite concordent entièrement avec celles de ce ferrosilicium. Il en résulte immédiatement que ce corps doit être facilement attaquable par les solutions alcalines avec production d'hydrogène.

Camille MATIGNON,
Professeur au Collège de France.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

Le cargo mixte « France ».

Le cargo-mixte « France » (fig. 1) a été construit aux Ateliers et Chantiers de la Gironde, à Bordeaux, pour le compte de la Société Anonyme des navires mixtes.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	119	mètres.
Longueur totale	131	—
Largeur au fort, hors membres	17	—
Tirant d'eau en charge maximum	7	— 30
Déplacement correspondant	10 560	tonnes
Capacité de chargement en marchandises	6 500	tonnes
Jauge brute totale, environ	6 100	tonneaux
Jauge nette, environ	3 500	tonneaux

L'appareil moteur, construit par les ateliers du Creusot, se compose de 2 moteurs à pétrole système Schneider-Carels, à 2 temps, 4 cylindres de 450 d'alésage et 560 de course, ayant développé chacun pendant 6 heures sur le banc d'essai, une puissance effective de 925 chevaux à 234 tours par minute.

Ces moteurs sont logés à l'arrière du navire (fig. 2) et actionnent les hélices au moyen d'une courte ligne d'arbres, à laquelle ils sont accouplés par un embrayage à soies permettant d'isoler les moteurs dans le cas de marche à la voile.

Chacun d'eux comprend (fig. 3), outre les cylindres moteurs, un compresseur d'air d'insufflation, un compresseur d'air de balayage, ainsi que la pompe à eau de refroidissement et les pompes à huile de circulation et de graissage, qui sont du type à piston, et marchent à un nombre de tours moitié de celui du moteur.

Les *cylindres* (fig. 4), à chemise rapportée, sont fixés sur un bâti en fonte formant carter fermé et muni de larges portes; ce bâti est assemblé au moyen de forts tirants, à la plaque de fondation, qui est elle-même solidement fixée sur son carlingage. A l'intérieur du bâti, et à l'endroit de chaque cylindre, sont installés des capots laissant passage à la bielle et destinés à prévenir les entraînements d'huile au cylindre. Les culasses sont en acier moulé ; chacune d'elles porte 4 soupapes de balayage, 1 aiguille d'injection, 1 soupape de mise en marche et 1 petite soupape de sûreté.

Les *pistons*, en fonte, du type à fourreau, sont en deux parties; deux des boulons d'assemblage sont forés et servent de passage à l'huile de circulation. Outre les segments de la partie supérieure, il en existe deux autres à la partie inférieure pour empêcher l'introduction des gaz d'échappement au carter.

La *distribution* est assurée au moyen de deux arbres placés sur le côté du bâti; le premier, actionné par le moteur et tournant à la même vitesse, porte des cames de marche AV et de marche AR ; l'autre, placé au-dessus du premier, ne portant qu'un jeu de cames et manœuvrable à la main au moyen d'un volant, sert à régler les phases de la distribution. Les soupapes de balayage sont commandées deux par deux, au moyen de leviers actionnés par des tringles. Ces dernières sont attachées chacune à un deuxième levier, attaqué en son milieu par une came de l'arbre de distribution, le point d'oscillation étant fixé à une tige verticale terminée à sa partie supérieure par un galet qui s'appuie constamment

Digitized by Google

sur une came correspondante de l'arbre de manœuvre. Les soupapes d'injection et de mise en marche ne fonctionnent jamais ensemble, sont commandées par le même levier et une seule tringle; la soupape d'injection s'ouvre de bas en haut et celle de lancement de haut en bas. A la partie inférieure de la tringle sont articulés deux leviers situés l'un au-dessous, l'autre au-dessus de l'arbre de distribution. Ces deux leviers ont leurs points d'oscillation sur une même tige, guidée et terminée par un galet engagé dans une came à rainure de l'arbre de manœuvre.

La *mise en marche* s'effectue au moyen de l'air comprimé ; l'arbre de manœuvre est d'abord amené, par rotation, dans une position telle que les galets des leviers inférieurs des soupapes de balayage et de lancement se trouvent en contact avec leurs cames respectives de marche avant ; les soupapes de mise en marche s'ouvrent, et l'air, arrivant des réservoirs de lancement, fait partir le moteur. Lorsque ce dernier a atteint une allure suffisante, on amène, par des rotations successives, l'arbre de manœuvre, d'abord, dans une position telle que deux cylindres restant alimentés à l'air comprimé, le pétrole soit injecté dans les deux autres puis, quand ces derniers sont en fonctionnement normal, que le pétrole soit envoyé dans les deux cylindres à la fois. On règle alors définitivement la quantité de pétrole injectée pour donner au moteur sa vitesse de régime.

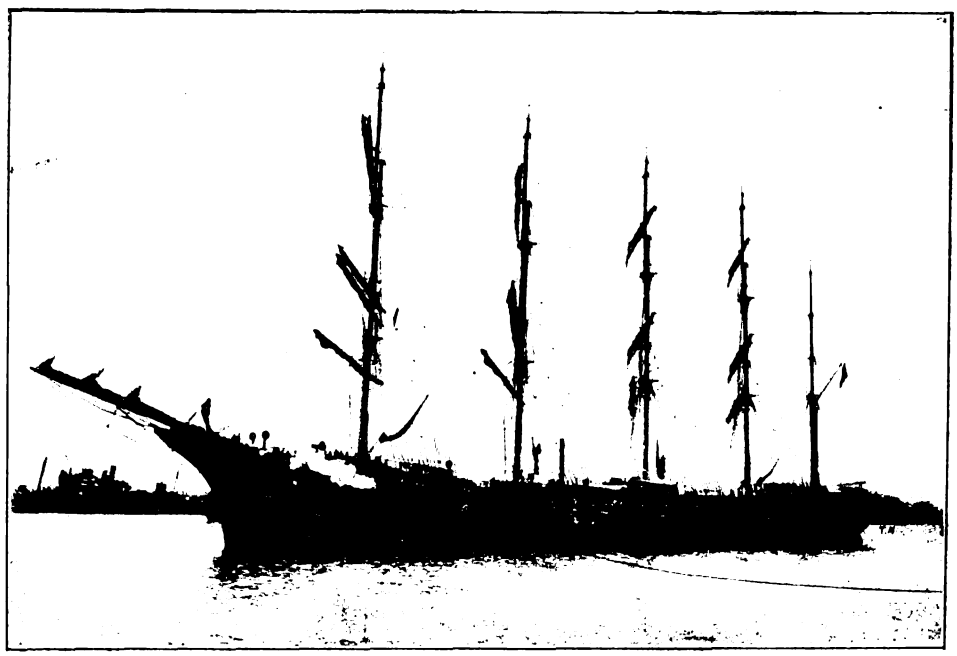


Fig. 1. — Vue du cargo mixte *France*.

Le *renversement de marche* s'obtient par un déplacement longitudinal de l'arbre de distribution, de façon à amener les cames de marche AR à la place des cames de marche AV, ce qui n'est possible que lorsque l'arbre de manœuvre est à la position stop. Après déplacement des cames, la mise en marche du moteur s'effectue exactement comme dans le cas de la marche AV. Le renversement de marche ne demandant que les manœuvres successives d'un volant et d'un levier, s'effectue en quelques secondes, avec une consommation d'air relativement faible.

Le pétrole est envoyé aux aiguilles d'injection au moyen de quatre pompes indépendantes, chacune d'elles pouvant être mise hors d'action, par simple fermeture du robinet correspondant d'arrivée de pétrole.

Le *réglage du combustible* en marche s'effectue, comme dans le cas ordinaire des moteurs Diesel, en agissant sur la soupape d'aspiration. Cette dernière soupape est également sous la dépendance du régulateur, qui coupe progressivement le pétrole dès que le nombre de tours dépasse 230 par minute ; elle est également maintenue ouverte pendant le lancement à l'air.

La *pompe de balayage* (fig. 5), actionnée directement par l'arbre moteur, aspire dans la chambre des moteurs, par un tuyau crépiné, et refoule dans un collecteur à grande capacité, à une pression qui varie de 200 à 300 gr. selon l'allure du moteur. L'aspiration et le refoulement s'effectuent au moyen de clapets métalliques Hœrbiger qui fonctionnent convenablement, malgré le nombre de tours relativement élevé.

Le *compresseur d'insufflation* (fig. 6), également actionné directement par l'arbre moteur, est à trois phases, avec refroidissement de l'air à chacun des étages, en plus du refroidissement extérieur de chacun des cylindres. L'arrivée d'air au cylindre BP est munie d'un papillon, que l'on règle suivant la pression d'insufflation à obtenir et qu'on ouvre en grand dans le cas où le compresseur sert en même temps au chargement des bouteilles de lancement.

La *pompe à huile de graissage* aspire dans une caisse placée à la partie inférieure du moteur. L'huile est refoulée à une pression de $0^k,2$ à $0^k,5$, réglable au moyen d'une soupape et d'un robinet de décharge, à travers un réfrigérant et un filtre double visitable en marche, dans un collecteur régnant sur toute la longueur du moteur.

De là, elle est envoyée aux paliers de distribution, aux paliers moteurs et, enfin, par l'intérieur de l'arbre et de la bielle, aux coussinets de tête et de pied de bielle. L'huile tombée dans le carter est recueillie à la partie inférieure, d'où elle retourne à la caisse.

La pompe à huile de circulation des pistons aspire dans une deuxième caisse et refoule, dans les mêmes conditions que l'autre pompe, dans un collecteur d'où l'huile est distribuée aux pistons au moyen de tubes télescopiques, après quoi elle s'écoule dans des tuyaux qui la ramènent à la caisse. A l'arrêt des moteurs, la circulation est assurée par une pompe à main ou par une pompe centrifuge actionnée par le moteur auxiliaire.

Le graissage des pistons est assuré par une pompe unique, actionnée par l'arbre des indicateurs, qui aspire dans le collecteur de graissage et refoule à travers des compte-gouttes à débit visible, en deux points opposés de la circonférence des pistons.

La *pompe à eau de circulation* aspire à la mer à travers un filtre double, visitable en marche. L'eau passe à travers le réfrigérant d'air, puis est refoulée aux deux réfrigérants d'huile de graissage et de circulation des pistons, circule autour du compresseur d'insufflation des cylindres moteurs et des culasses, et est enfin rejetée à la mer. L'eau de sortie de l'un des cylindres peut servir au réchauffage du pétrole brut au moyen d'un serpentin placé dans la caisse d'alimentation.

Par un simple jeu de robinets à l'aspiration des pompes, les moteurs peuvent être alimentés au pétrole brut ou au pétrole lampant, ce dernier employé pour la mise en marche lorsque les cylindres sont froids. Le pétrole brut est contenu dans des soutes en ballast d'où il est aspiré, soit par une pompe à main, soit en marche par une petite pompe à piston mue par le moteur et refoulé à travers un filtre dans une caisse en charge commune aux deux moteurs, où il peut être réchauffé par l'eau de circulation provenant de la sortie de l'un des cylindres moteurs, et d'où il se rend aux boîtes d'aspiration des pompes. Un filtre auxiliaire peut être mis en

Digitized by Google

circuit pour permettre le nettoyage du filtre principal sans interrompre la marche des moteurs.

Les deux caisses à pétrole lampant, d'une contenance de 10m³ chacune, sont placées sur le pont. Le pétrole passe d'abord dans une caisse filtre, commune aux deux moteurs, avant de se rendre aux pompes.

L'échappement de chaque moteur se fait dans un collecteur à circulation d'eau jusqu'au pot d'échappement, ce dernier consistant en un réservoir cylindrique muni de chicanes pour atténuer le bruit de l'échappement et d'où part un tuyau, aboutissant sur la coque à l'arrière du navire. Des clapets, fermés quand les moteurs sont à l'arrêt, empêchent toute rentrée d'eau dans les tuyaux en cas de mauvais temps.

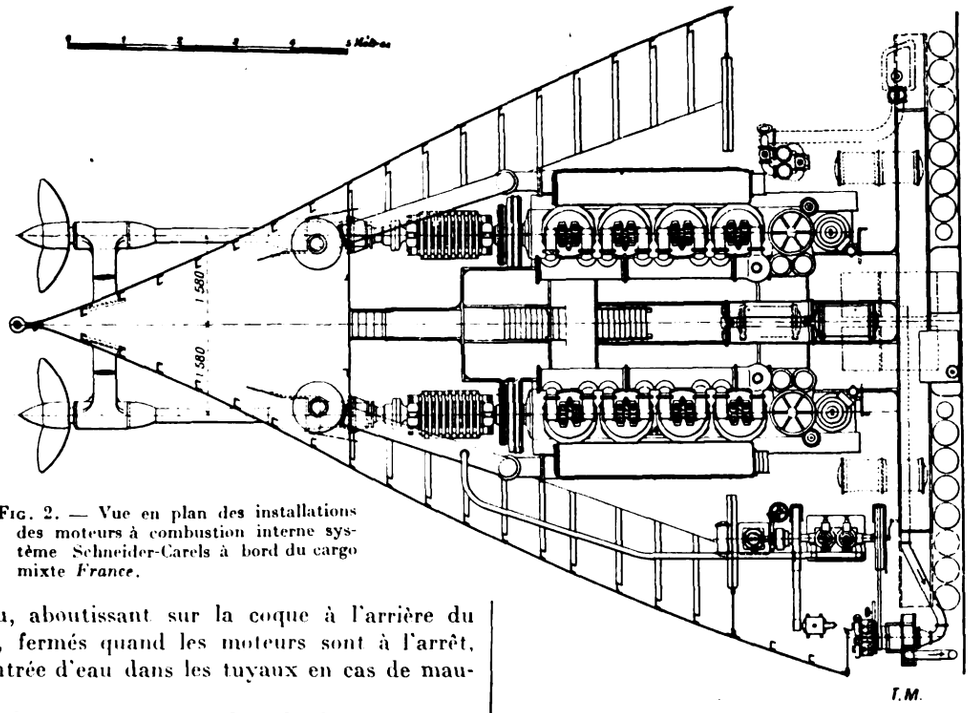


Fig. 2. — Vue en plan des installations des moteurs à combustion interne système Schneider-Carels à bord du cargo mixte *France*.

Les réservoirs de lancement, au nombre de 4 par moteur, ont une contenance totale de 3 200 litres. Ils peuvent être chargés à 70 kgs, la pression d'air de lancement étant ramenée à 35 kgs maximum au moyen d'un détendeur fixé sur le moteur. L'air d'insufflation est contenu dans 2 bouteilles de 100 litres chacune.

Toutes les manœuvres de mise en marche, renversement de marche, régulation de pétrole, réglage des pressions de refoulement d'huile, se font du même poste, placé à l'avant de chaque moteur.

Les *appareils auxiliaires* faisant partie du groupe moteur sont actionnés par un moteur système Millot à 4 temps, fonctionnant au pétrole lampant et développant 25 chevaux à 330 tours par minute. Ils comprennent un compresseur à 2 phases servant au chargement initial des bouteilles de lancement, une dynamo pour l'éclairage, un ventilateur aspirant dans la chambre des moteurs, et enfin une pompe centrifuge à eau et à huile pour le refroidissement à l'arrêt des moteurs principaux.

Le poids total de l'appareil moteur, y compris les lignes d'arbres, les parquets et les appareils auxiliaires, est de 130 500 kgs, soit environ 72 kgs par cheval effectif.

Essais. — Les essais effectués en usine ont consisté en un essai de 6 heures à puissance maximum pour les deux moteurs alimentés au pétrole lampant, et un essai de 6 heures à 2/3 de charge de l'un des moteurs alimenté au schiste d'Autun. Les résultats de l'essai à toute puissance sont consignés dans le tableau suivant :

Nombre de tours moyen par minute	234
Ordonnée moyenne indiquée	7k04
Puissance indiquée correspondante	1305 chx

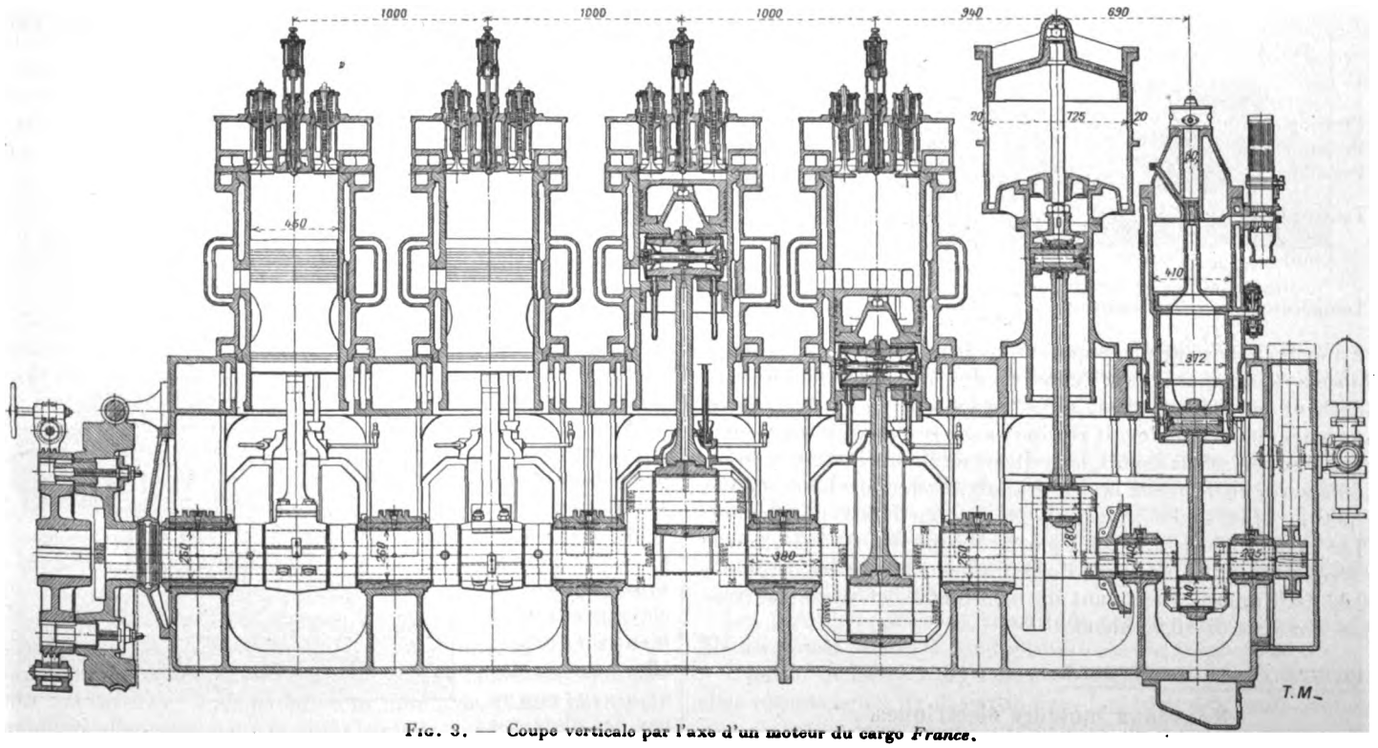


Fig. 3. — Coupe verticale par l'axe d'un moteur du cargo *France*.

Digitized by Google

Puissance effective au frein		924 chx
Rendement du moteur		0 707
Consommation de pétrole ramenée à 1 000 calories	par ch/h indiqué	0k148
	par ch/h effectif	0k208
Consommation d'huile par cheval-heure effectif		5 gr 3
Pression d'huile	Graissage	0k350
	Circulation, pistons	2k500

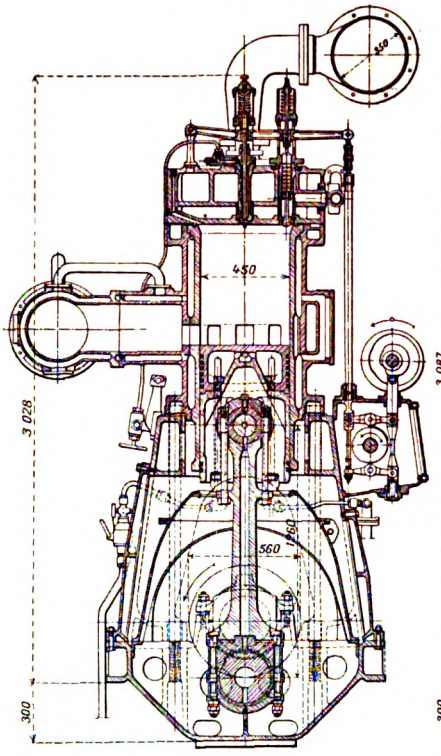


Fig. 4. — Détail d'un cylindre.

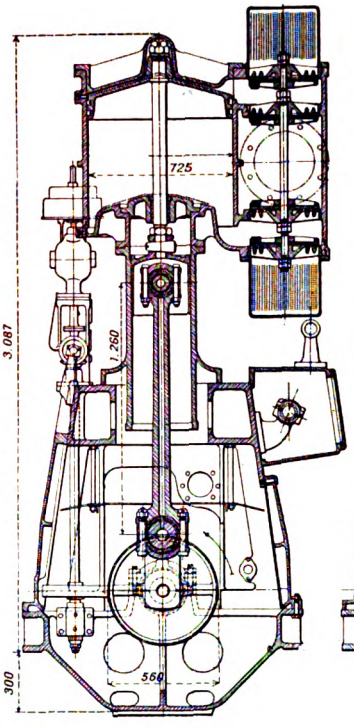


Fig. 5. — Détail de la pompe de balayage.

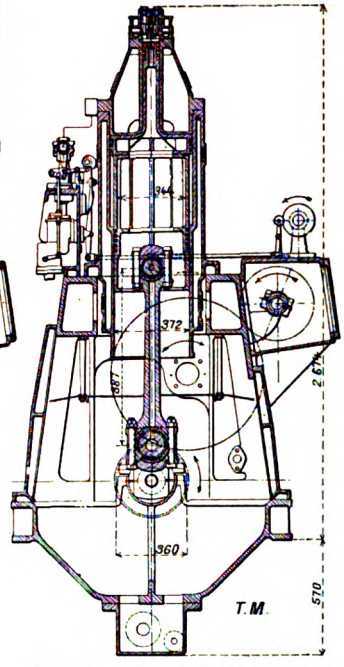


Fig. 6. — Détail du compresseur d'air d'injection.

Fig. 4 à 6. — Détails de l'appareil moteur du cargo mixte *France*.

Pression d'eau			1k250
Pression de balayage			0k360
Pression d'insufflation			56k
Température de l'huile	Graissage	Avant réfrigérant	39°
		Après réfrigérant	37°
	Pistons	Avant réfrigérant	96°
		Après réfrigérant	68°
Température, eau de circulation		Entrée	8°
		Sortie	37°

Après les essais sur place qui eurent lieu à Bordeaux, le cargo *France* se rendit au port de la Pallice, où devaient avoir lieu les essais officiels de recette qui consistaient en un essai de quatre heures, dans lequel le navire devait réaliser, avec ses moteurs seuls fonctionnant au pétrole lampant, une vitesse minimum de 10,05 nœuds, et un essai de six heures à la même allure, les moteurs fonctionnant au pétrole brut, seul combustible prévu pour le service courant.

Les essais officiels contrôlés par la Marine ont été effectués le 19 septembre 1913, au large de la Pallice ; la vitesse réalisée a été de 10,3 nœuds, dépassant de 0,25 nœud la vitesse contractuelle qui était de 10,05 nœuds.

Louis Gouset.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Nouveaux moteurs électriques.

La Société alsacienne de constructions mécaniques de Belfort construit différents types de moteurs normaux à courant continu et à courants alternatifs, pour marche continue et pour marche intermittente (1).

(1) Machines ayant figuré à l'Exposition internationale de Gand de 1913 (section française).

Moteurs a courant continu. — Ces moteurs, qui peuvent également fonctionner comme génératrices, appartiennent à la série normale de dynamos à marche continue. Elles se construisent pour différentes puissances depuis 0,3 cheval jusqu'à 60 chevaux.

Comme on le voit sur la figure 1, la culasse en acier de ces machines recouvre complètement les enroulements qui sont ainsi bien protégés.

Les noyaux des bobines inductrices sont venus de fonte avec la culasse. Leurs extrémités portent des épanouissements polaires constitués par des tôles découpées, rivées entre elles et fixées par des boulons. L'emploi de pièces polaires feuilletées a pour objet de diminuer les pertes par courants parasites, qui se produisent dans les surfaces polaires par suite du passage des dents de l'induit. Les bobines inductrices entourent les noyaux, dont elles sont isolées ; elles sont maintenues par les épanouissements polaires.

Les paliers-flasques en fonte sont fixés directement sur la culasse. Ils comportent un grand réservoir d'huile et sont munis d'un niveau d'huile et d'un tube d'écoulement. On peut les faire tourner facilement de 90° ou de 180°, pour permettre de monter le moteur contre un mur ou au plafond, l'axe de l'arbre restant toujours rigoureusement horizontal. Les coussinets, de larges dimensions, sont en bronze avec graissage automatique à bagues.

L'induit a un noyau formé d'un ou de plusieurs paquets de tôles en fer doux de grande perméabilité et de faible coefficient d'hystérésis. Les paquets de tôles sont séparés par des canaux de ventilation. Les tôles, isolées les unes des autres, sont empilées et clavetées directement sur l'arbre ; elles sont serrées et maintenues par des plateaux d'extrémité.

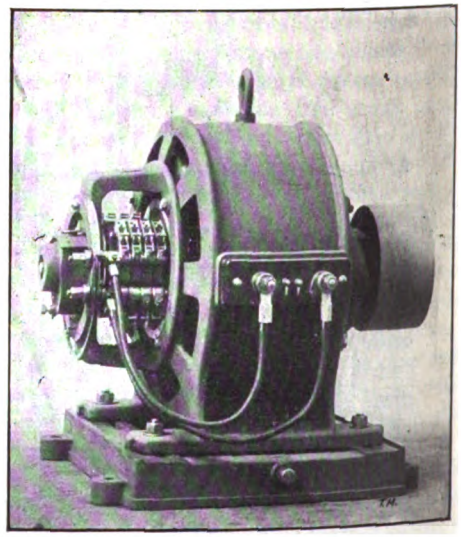


Fig. 1. — Vue d'un moteur à courant continu, type F.

Les enroulements, faits sur gabarit, sont soigneusement isolés et logés dans les cannelures du noyau. Un frettage solide empêche tout déplacement des conducteurs.

Le collecteur se compose de lames de cuivre électrolytique étiré ;

Digitized by Google

ces lames sont assemblées et isolées entre elles au moyen de feuilles de mica. Chaque lame est reliée à l'enroulement induit par l'intermédiaire d'une ailette en cuivre qui est soudée. L'ensemble des lames est maintenu serré entre deux emmanchements coniques. Le tambour du collecteur est en fonte et est claveté sur l'arbre de la machine.

Les balais, en charbon graphitique, ne nécessitent aucun décalage entre la marche à vide et la marche à pleine charge ; ils sont calés sur le collecteur de manière à éviter toute production d'étincelles.

Les blocs de charbon sont maintenus isolément dans les porte-balais. Ces porte-balais permettent de régler à volonté, pendant la marche, la pression de chaque balai sur le collecteur.

Le nombre des balais est largement suffisant pour recueillir la totalité du courant sans que l'on ait à craindre un échauffement du collecteur.

Moteurs a courant continu pour marche intermittente. — Ces moteurs-série (fig. 2) ont été étudiés spécialement pour fournir un service très dur. Ils conviennent tout particulièrement pour la commande des appareils de levage, ponts-roulants, rouleaux et rippeurs de laminoir, etc.

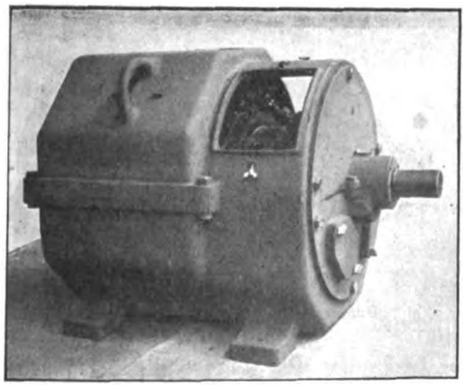


Fig. 2. — Vue d'un moteur à courant continu pour marche intermittente.

De construction très robuste et très soignée, ces moteurs sont entièrement fermés ; ils sont munis de portes de visite.

La carcasse, en acier coulé, est en deux pièces et facilement démontable. Les épanouissements polaires feuilletés sont rapportés et ce type de moteur comporte des pôles de commutation, ce qui permet de notables surcharges avec une commutation encore parfaite ; il en résulte une très grande sécurité de marche et une usure presque nulle du collecteur.

Les paliers-flasques en deux pièces sont également rapportés. Les coussinets sont en bronze avec graissage automatique à anneaux. Des joints en cuir, placés sur les paliers, empêchent la poussière de pénétrer dans les coussinets. Les paliers sont munis d'un grand réservoir d'huile avec niveau d'huile visible.

Le noyau de l'induit est feuilleté avec tôles de grande perméabilité, montées par paquets, entre lesquels sont ménagés des canaux de ventilation. L'arbre, très robuste, est guidé dans le coussinet placé du côté du collecteur.

L'enroulement, fait sur gabarit, est logé dans les encoches ; il est soigneusement isolé et solidement maintenu par des cales et par un robuste frettage.

Le collecteur, en cuivre rouge, isolé au mica, est énergiquement refroidi par une circulation d'air.

L'ensemble de l'induit est soigneusement équilibré.

Les balais en charbon, à calage fixe, sont facilement remplaçables. La carcasse et les paliers sont munis de quatre portes en aluminium, disposées pour faciliter la visite des balais et du collecteur.

Les porte-balais, de construction nouvelle, ne comportent qu'une seule gaine pour chaque ligne de balais. Cette gaine est fixée, par vis à plat, sur un panneau centré sur le palier, ce qui évite les inconvénients qui résultent du desserrage fréquent des porte-balais individuels ordinairement employés. Un dispositif spécial permet de rapprocher les gaines porte-balais du collecteur pour compenser l'usure de ce dernier, tout en maintenant les balais exactement au même point de la circonférence du collecteur. La pression de chaque balai est facilement réglable, ainsi que le calage de l'ensemble des lignes de porte-balais.

Ce type de moteur présente des avantages sur d'autres types de construction analogue, notamment, au point de vue de la visite des organes, du démontage et du système de porte-balais. Pour vérifier les coussinets, l'état des bobines ou de l'induit, il suffit d'enlever le demi-palier sans toucher à la carcasse, ce qui peut être d'un grand secours lorsque l'on manque de place.

Moteurs asynchrones polyphasés. — Ces moteurs se construisent pour différentes puissances, depuis 0,3 cheval jusqu'à 160 chevaux. Ils sont établis pour les fréquences usuelles de 25, 42 et 50 périodes ; toutefois, ils peuvent être utilisés pour les fréquences comprises entre 20 et 30 et entre 40 et 50 périodes. Naturellement, les puissances et les vitesses angulaires indiquées varient proportionnellement avec ces fréquences. Sauf pour les très faibles puissances, ces moteurs peuvent être montés pour toutes tensions jusqu'à 500 volts. Au-dessus de 500 volts et, en général, pour les hautes tensions, il y a lieu de consulter le constructeur.

L'inducteur fixe (stator) a une culasse formée de tôles de fer doux de 0,5 mm d'épaisseur, isolées l'une de l'autre, au moyen d'une feuille de papier de soie collée sur une des faces. Ces tôles,

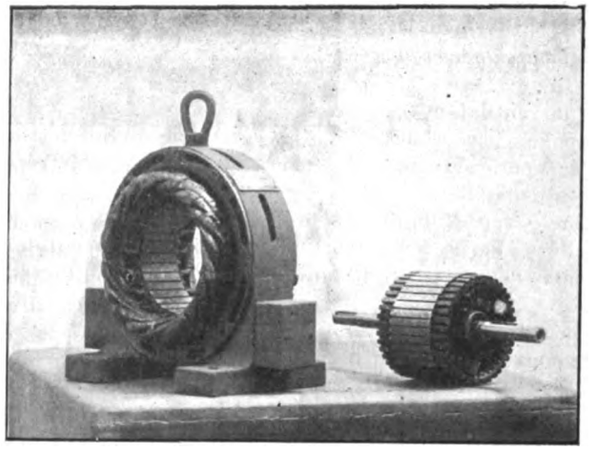


Fig. 3. — Vue d'un moteur asynchrone polyphasé démonté, avec induit en court-circuit.

soigneusement choisies, ont une grande perméabilité magnétique et un faible coefficient d'hystérésis ; elles sont serrées entre deux plateaux d'extrémité en fonte, dont l'un fait corps avec la carcasse du moteur.

Les enroulements inducteurs sont placés dans des cannelures ménagées à la périphérie des tôles. Ces cannelures sont presque entièrement fermées, afin d'assurer une égale répartition du flux dans l'entrefer ; toutefois, une fente de 1 à 2 mm empêche les fuites magnétiques qui, sans cette précaution, se produiraient entre deux dents consécutives.

Les enroulements sont constitués par des barres ou par des fils de cuivre de haute conductibilité, isolés soigneusement.

L'induit mobile (rotor) a un noyau formé de tôles isolées entre elles comme celles de la partie fixe. Les tôles des petits moteurs sont clavetées directement sur l'arbre et serrées entre deux frettes mises à chaud sur l'arbre du moteur. Dans les moteurs de plus de 50 chevaux, l'assemblage des tôles se fait sur un tambour en fonte claveté sur l'arbre et démontable.

Les enroulements de l'induit sont logés comme ceux de l'inducteur dans des cannelures fermées. Cette disposition rend impossible tout déplacement des enroulements sous l'action de la

Digitized by Google

force centrifuge. Ces enroulements sont constitués par des barres de cuivre électrolytique largement dimensionnées.

Pour assurer le refroidissement du moteur, les tôles de l'induit et de l'inducteur sont séparées en deux ou plusieurs paquets, maintenus écartés les uns des autres au moyen de plaques de 10 mm d'épaisseur ; ces plaques comportent des ailettes ménageant entre elles de nombreux canaux de ventilation ou évents, ceux de la partie mobile correspondant à ceux de la partie fixe.

Des trous réservés dans les tôles de l'induit, à proximité de l'arbre, permettent à l'air d'arriver aux évents, à travers lesquels il est chassé sous l'action de la force centrifuge. Après avoir parcouru les évents de l'inducteur, cet air est chassé hors du moteur à travers des ouvertures ménagées dans la culasse. Des évents analogues, disposés à chaque extrémité de l'induit et de l'inducteur, assurent une ventilation énergique des enroulements.

Suivant la méthode de démarrage employée, l'induit se fait en court-circuit, à bagues ou à coupleur automatique.

Le bâti du moteur est constitué par une carcasse en fonte renfermant le noyau de la partie fixe et portant les empattements pour la fixation du moteur, ainsi que les bornes d'arrivée du courant.

Les flasques porte-paliers sont en fonte et boulonnées directement contre le bâti ; elles sont disposées de manière à recouvrir entièrement les enroulements ; elles sont munies d'ouvertures assurant la ventilation.

Les paliers portent des coussinets en bronze largement dimensionnés ; le graissage se fait d'une façon automatique au moyen de bagues suspendues à l'arbre, et qui participant à son mouvement de rotation, entraînent avec elles l'huile contenue dans le réservoir du palier.

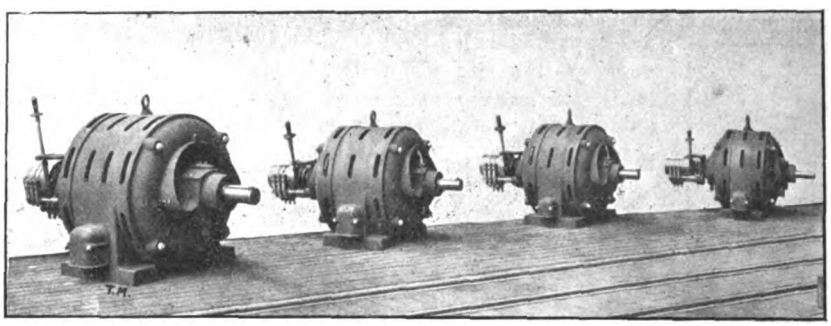


FIG. 4. — Vue d'une série de moteurs asynchrones polyphasés avec induit à bagues.

On peut facilement faire tourner ces flasques de 90° ou de 180°, afin de pouvoir installer le moteur sur un mur ou au plafond, l'axe du moteur restant toujours rigoureusement horizontal.

La figure 3 représente démonté un moteur de ce type avec induit en court-circuit.

La figure 4 représente une série de quatre moteurs du même type avec induit à bagues.

Ce type de moteur se construit également avec induit à coupleur automatique et enrouleur de courroie.

MOTEURS ASYNCHRONES POLYPHASÉS POUR MARCHE INTERMITTENTE. — Les moteurs asynchrones polyphasés à marche intermittente, construits par la Société Alsacienne, remplissent, d'une manière générale, toutes les conditions exigées par les prescriptions des Associations françaises et étrangères.

On sait que, pour ces moteurs spéciaux, leur puissance nominale est celle qu'ils peuvent fournir *pendant une heure* d'une façon ininterrompue, sans que l'augmentation de température ne dépasse, en aucun point, les valeurs prescrites par les règlements, c'est-à-dire 50° C pour l'induit et 60° pour l'inducteur et le collecteur.

Les tensions normales généralement admises sont 110, 220, 440 et 500 volts ; mais, sur demande, ces moteurs peuvent être établis pour les tensions intermédiaires de 115, 120 125, 190 200, 210, 240, 250, 380, 400 et 480 volts et aussi pour des tensions supérieures.

Ces moteurs sont calculés pour une fréquence de 50 périodes par seconde. Pour les fréquences inférieures, comprises entre 40 et 50 périodes, les puissances, les couples, ainsi que les vitesses varient dans le rapport des fréquences.

Les valeurs du couple normal et du couple maximum sont indiquées sur les tarifs pour chaque moteur. Les valeurs données correspondent à la tension normale pour laquelle le moteur est enroulé, le couple du moteur diminuant comme le carré de la tension. Lorsque la tension aux bornes des moteurs varie dans de notables proportions, il y a lieu de prévoir des moteurs enroulés pour une tension moyenne et de choisir un type pouvant fournir le couple demandé à la tension minimum.

Le choix des moteurs dépend d'abord des conditions de marche, qui peuvent varier considérablement d'une application à l'autre. Il importe donc de distinguer nettement les cas suivants :

1° *Marche très intermittente.* — Le moteur fonctionne pendant un temps relativement court à sa charge normale et les périodes de marche sont suivies de périodes d'arrêt complet de longue durée. Dans ces conditions, le moteur a le temps de se refroidir complètement pendant la période d'arrêt. Tel est le cas qui se présente dans la commande des ponts-tournants, des chevalets de levage, des treuils d'écluse, des treuils de manœuvre, des cloches de haut-fourneau, etc.

On peut aussi considérer comme marche très intermittente les cas où le moteur fournit un travail très variable, n'atteignant qu'exceptionnellement la charge nominale, comme celui d'un moteur de levage prévu, pour plus de sécurité, pour la charge maximum d'un pont, alors que cette charge ne se produit que très rarement.

Les moteurs du type qui va être décrit peuvent fournir, pendant une demi-heure environ, un couple égal de 1,3 à 1,5 fois le couple normal, sans qu'il se produise un échauffement dépassant les limites admises.

2° *Marche intermittente normale.* — Ce régime de marche est caractérisé par des périodes de marche en charge d'une durée de 5 à 10 minutes environ, suivies de périodes d'arrêt complet de durée double.

Ce régime de marche est celui des ponts roulants d'atelier et de fonderie, des monte-charges, des transporteurs, des cabestans, des plaques tournantes, etc.

Il faut alors choisir un moteur prévu pour une heure de marche ininterrompue.

3° *Marche intermittente très dure.* — Le moteur doit fonctionner toujours à pleine charge, avec des démarrages brusques et très fréquents, les périodes d'arrêt complet ayant une durée relativement courte, comme c'est le cas de la commande des ponts roulants des aciéries, des transporteurs de lingots, des enfourneuses et défourneuses, etc.

Pour ces applications, où le travail se produit souvent jour et nuit et où la sécurité de marche joue un rôle très important, il convient de choisir des moteurs très largement calculés et, autant que possible, à vitesse réduite.

En effet, le démarrage et l'arrêt du moteur à vitesse réduite, grâce à son couple très énergique, s'effectuent plus rapidement que pour un moteur à grande vitesse, condition très importante pour des moteurs réversibles avec démarrages très fréquents, lorsqu'il s'agit de démarrer, accélérer, arrêter et repartir en sens inverse, dans le minimum de temps possible, comme c'est le cas pour les moteurs de laminoir, rouleaux de laminoirs, tabliers élévateurs, etc.

Les moteurs à vitesse réduite ont, en outre, le grand avantage d'être très robustes et d'avoir un meilleur rendement. Si leur prix

Digitized by Google

est plus élevé, la dépense se trouve compensée dans une certaine mesure par la suppression des trains d'engrenages.

Lorsque les démarrages et les inversions de marche se succèdent sans interruption, pendant toute une journée, les moteurs n'ont pas le temps de se refroidir après chaque opération, et il convient alors de faire choix de moteurs pouvant supporter la charge moyenne, en service continu, sans que leur échauffement dépasse les limites admises.

Les moteurs asynchrones polyphasés à marche intermittente sont établis avec des paliers-flasques rapportés sur la culasse fig. 5), le collecteur à bagues se trouvant à l'intérieur.

Tous ces moteurs sont construits normalement blindés ouverts ou complètement fermés.

Les moteurs complètement fermés conviennent particulièrement pour les locaux humides ou poussiéreux ; ils sont efficace-

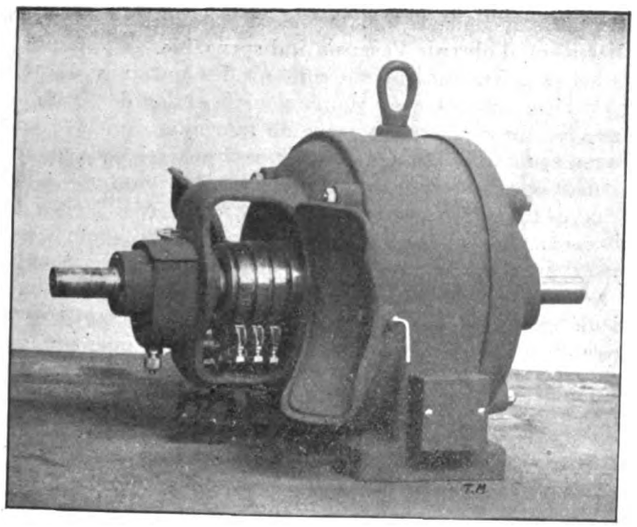


Fig. 5. — Vue d'un moteur asynchrone polyphasé à paliers-flasques rapportés sur culasse.

ment protégés contre la pluie et peuvent, si besoin est, être installés en plein air. Ils sont munis de portes de visite facilement maniables pour permettre de vérifier les balais et le collecteur. Ils peuvent être disposés pour être montés contre une paroi verticale ou suspendus à un plafond, à la seule condition que l'axe reste parfaitement horizontal.

Les paliers sont à graissage automatique à bagues et munis d'un trop plein qui empêche l'huile de pénétrer dans l'intérieur du moteur : de plus, les paliers sont munis d'un dispositif spécial empêchant toute aspiration d'huile à l'intérieur.

Les porte-balais sont doubles et très robustes ; ils assurent un bon fonctionnement du collecteur, malgré les trépidations auxquelles les moteurs sont exposés.

Comme les moteurs de levage peuvent être entraînés par la charge lors de la descente et tourner ainsi à des vitesses dépassant sensiblement la vitesse normale, les induits sont munis de frettes spéciales très robustes. Dans aucun cas, et afin d'éviter toute détérioration de l'induit, la vitesse maximum admissible au point de vue mécanique, ne doit pas dépasser 60 % de la vitesse normale en charge.

J. A. Montpellier.

HYDRAULIQUE

Le compteur enregistreur « Lea Recorder ».

Partout où l'eau est utilisée, il est nécessaire de connaître la consommation que l'on a faite. L'intérêt est évident dans le cas des chaudières à vapeur. Pour cela, les appareils sont nombreux.

Le compteur imaginé par l'ingénieur anglais, M. Lea, permet d'une façon simple de mesurer les débits et de plus, il est enregistreur, d'où son nom de « Lea Recorder (1). »

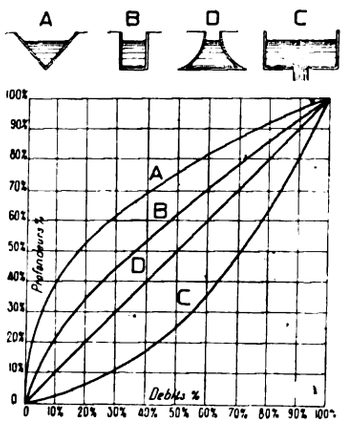


Fig. 1. — Courbes de variations du débit en fonction de la hauteur, selon la forme des orifices d'écoulement.

Il est basé sur l'écoulement des liquides en déversoir par un orifice pratiqué en mince paroi. Dans ce cas, le débit est donné par la formule $Q = \alpha S \sqrt{2gh}$, où α est un coefficient de contraction, S la section et h la hauteur au-dessus du seuil. Lorsque la section est en forme de V, le débit devient alors seulement fonction de la hauteur, comme l'a indiqué le professeur J. Thomson, en 1861, et, pour un angle de 90°, on a $Q = 0{,}305\, h^{\frac{5}{2}}$. Il suffit donc de mesurer la hauteur h. L'appareil comprend alors un flotteur placé dans un récipient, d'où l'eau s'écoule en déversoir par un orifice en forme de V (l'angle peut être égal à 90° ou aigu). Pour une forme déterminée du déversoir, correspond une courbe du débit en fonctiou de la hauteur (fig. 1). Pour transformer les indications de hauteur en volumes, la tige du flotteur est munie d'une crémaillère (fig. 2), engrenant avec un pignon calé sur un tambour horizontal, dont la surface porte une rainure en hélice dont le pas variable est proportionnel à $h^{\frac{5}{2}}$, et qui reproduit la courbe de la figure 1. Un style enregistreur marque le débit sur un tambour. Le tracé de la courbe étant précis, on a une mesure exacte du débit.

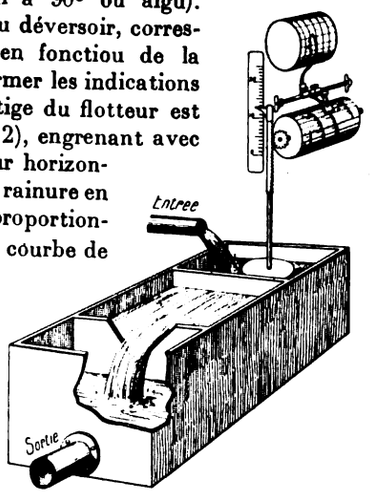


Fig. 2. — Vue schématique du compteur-enregistreur.

Sur le diagramme obtenu, les abscisses étant proportionnelles aux temps, on peut intégrer la courbe par planimétrage et on a ainsi la dépense d'eau. Mais, pour éviter ce planimétrage, un totalisateur (fig. 3) est adjoint à l'appareil. Le pignon de commande du totalisateur est entraîné par un cylindre denté sur une surface limitée d'un côté par une hélice à pas constant. Le cylindre se meut sous l'action d'un poids et d'un mouvement d'horlogerie régulateur. Le pignon, se déplaçant avec le style enregistreur, se présente devant les dents du cylindre pendant un temps plus ou moins long et engrène sur une fraction plus ou moins grande de la circonférence. Il peut être entraîné constamment pour le débit maximum, ou pas du tout

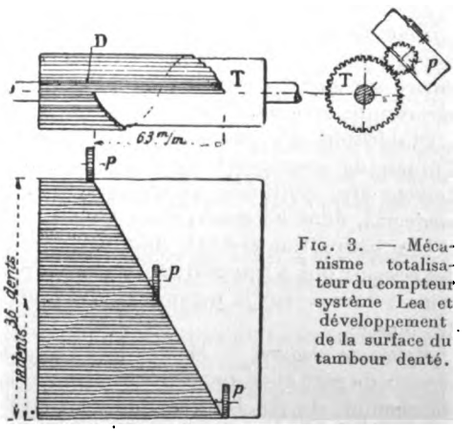


Fig. 3. — Mécanisme totalisateur du compteur système Lea et développement de la surface du tambour denté.

(1) Appareil ayant figuré à l'Exposition internationale de Gand de 1913 (section française).

Digitized by Google

pour un débit nul. Entre les deux, on a un entraînement proportionnel au débit.

Dans les usines à vapeur, l'application de ce système rend de grands services et permet de contrôler le fonctionnement des chaudières. C'est un appareil de construction simple, bien protégé dans une petite armoire (fig. 4). Il suffit de lire les indications directes du débit pour connaître la marche des chaudières et pouvoir remédier instantanément

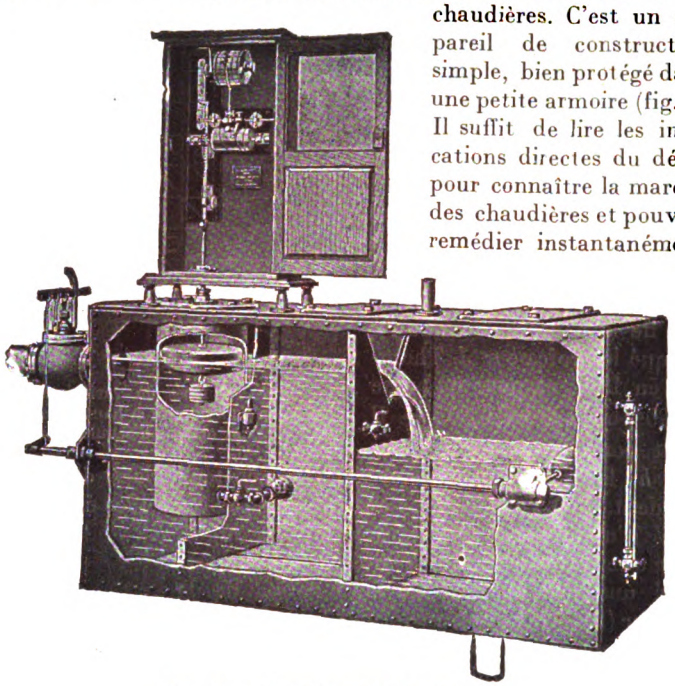


Fig. 4. — Vue d'ensemble de l'appareil.

à une consommation exagérée de vapeur, car cela correspond à une consommation correspondante de charbon.

J. B.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Des prompts secours dans les accidents de chemins de fer (1).

Nos réseaux de chemins de fer français possèdent actuellement une bonne organisation, qui leur permet de secourir les malades et les blessés.

Cette organisation est-elle absolument parfaite ? Avons-nous les moyens de secours rapides, efficaces, conformes aux règles de la chirurgie moderne ? Quelques modifications et additions importantes à notre service actuel de secours, nous paraissent nécessaires.

Nous étudierons les moyens de combler ces desiderata. Nous indiquerons surtout les mesures simples, pratiques, qui manquent encore sur quelques-uns de nos réseaux français, pour donner de prompts secours, dans tous les cas d'accident, léger ou grave.

Etablissons d'abord que les moyens de secours, les dépôts d'objets de pansement, de pansement individuel, de brancards, doivent être multipliés, placés sous la main du personnel et des médecins, dans les gares, dans les stations, dans les ateliers.

Une instruction spéciale doit être donnée à MM. les médecins des réseaux qui, à leur tour, instruiront le personnel sur les premiers soins à donner, sur la manœuvre des brancards, sur le transport des blessés.

Boîtes de secours. — Malgré leur réorganisation, les boîtes de secours de gare et de station, actuellement en usage sur les réseaux de chemins de fer français, doivent être modifiées, conformément aux règles de l'asepsie et aux progrès de la chirurgie moderne.

A notre avis, elles doivent être simplifiées, débarrassées des objets inutiles, nuisibles.

Elles ne contiennent pas un assez grand nombre d'objets de pansement, de bandes, de ouate comprimée, de paquets de pansement individuel, de type irréprochable, qui doivent permettre de panser, *aseptiquement*, dans le cas de catastrophe, un très grand nombre de blessés.

Elles doivent être composées de façon à pouvoir faire surtout des *pansements aseptiques*, plutôt que des *pansements antiseptiques*. Nous pensons, en effet, que le premier pansement de secours doit être *aseptique*, n'utilisant aucun antiseptique, laissant au chirurgien le soin de désinfecter les plaies, cherchant, ce qui nous paraît le plus important, à éviter l'infection de la plaie, *après la blessure*.

Les objets de pansement doivent être placés dans des boîtes métalliques hermétiquement fermées, closes dans l'autoclave, d'après notre modèle, ce qui permet d'éviter les souillures, les poussières, et d'obtenir l'asepsie indispensable.

Les boîtes de secours doivent contenir des lanternes, des tubes de chloroforme, un appareil simple pour injection de sérum, une seringue de Pravaz, une solution de morphine, quelques antiseptiques seulement, sous forme de comprimés, ceux dont le maniement est peu dangereux, tel que la teinture d'iode, l'eau oxygénée.

Brancards. — Les centres importants, les gares, stations et ateliers, doivent être pourvus de brancards en grande quantité. Nous recommandons notre nouveau modèle de brancard pliant, à articulations, léger, solide, facilement portatif, tenant très peu de place et pouvant être emmagasiné, en grande quantité, dans les gares, les ateliers, les wagons.

Les principales gares et les ateliers doivent être pourvus de porte-brancards, bien suspendus, à roues caoutchoutées.

Passons maintenant à l'étude de quelques moyens de prompts secours qui nous paraissent absolument indispensables.

I. — Salles pour opérations aseptiques et salles de pansement dans les principales gares et les ateliers des réseaux de chemins de fer.

Lorsqu'un agent ou un voyageur est blessé, le premier pansement ne peut, en général, avec l'organisation actuelle, se faire dans de bonnes conditions. Le patient est transporté dans le bureau du chef de gare, ou dans toute autre salle, qui manque souvent de table, qui est souvent plein de poussière. Le chirurgien n'a pas à sa disposition l'eau, les vases stérilisés nécessaires.

Dans les ateliers, les conditions dans lesquelles se font les pansements sont tout aussi défectueuses.

Si, en thèse générale, on peut dire que les opérations urgentes, qui doivent se pratiquer sans attendre, sont rares, il faut cependant reconnaître que le chirurgien doit souvent intervenir immédiatement, quand il s'agit par exemple, de ligatures d'artères, de sutures, de plaies pénétrantes de la poitrine ou de l'abdomen, de fractures compliquées, de lésions de la trachée et du larynx.

Actuellement, dans la plupart des compagnies de chemins de fer françaises et étrangères, la même salle des gares et des ateliers, sert, à la fois, pour donner des consultations, pour panser les blessures suppurantes, pour traiter les blessures accidentelles des employés et des voyageurs. Il est inutile d'insister sur les dangers d'une telle organisation.

En Autriche, en Allemagne, il existe, dans quelques gares importantes, des salles de pansement.

Dans les gares principales et dans les ateliers de la compagnie autrichienne K. k. Kaiser Ferdinand-Nordbahn, existent des salles d'opération et de pansement destinées à donner les premiers secours aux agents et aux voyageurs blessés.

En France, nous ne possédons pas, en nombre suffisant, des salles de prompts secours.

Les salles de pansement devraient contenir, en réserve, en

(1) Rapport présenté au IIe Congrès International pour le Sauvetage et la Prévoyance contre les accidents (Vienne, 1913), par le Dr P. Redard, médecin en chef des chemins de fer de l'Etat (France).

Digitized by Google

grande quantité, des objets de pansement, des paquets de pansement individuel, des attelles, des gouttières, des brancards pliants, qui rendraient de grands services dans le cas de grave accident de chemin de fer.

Ces créations auraient certainement comme résultat d'éviter les complications des blessures primitives, de diminuer la durée de leur traitement et, chez nos ouvriers, de faire baisser très notablement la durée des incapacités de travail pour blessures ou affections chirurgicales légères.

Elles permettraient, dans les cas d'accident grave, d'avoir, sous la main, un matériel important pour les premiers pansements, pour l'immobilisation et pour le transport des blessés.

Les salles pour opérations installées dans les gares ou ateliers, ne doivent servir que pour les opérations urgentes de petite chirurgie, pour les premiers pansements des blessures légères, les opérations complémentaires devant se faire dans les hôpitaux.

Les salles dites de pansement ne doivent servir que pour le pansement des plaies ou blessures en suppuration.

II. — Des wagons de secours.

Lorsqu'un accident grave de chemin de fer se produit dans une région éloignée d'un centre important, lorsque les blessés sont nombreux, le transport et le pansement des victimes ne peuvent, avec l'organisation actuelle, se faire dans de bonnes conditions. Nous savons, par expérience, combien est défectueux le transport en wagons des blessés par accidents de chemins de fer atteints de traumatismes graves des membres inférieurs, de l'abdomen, de la poitrine. Nous connaissons la difficulté d'immobiliser et de panser convenablement tous les blessés.

En général, le premier pansement, l'immobilisation des membres inférieurs ne peuvent être faits correctement, faute du matériel nécessaire. Les premiers pansements des blessures, si importants au point de vue des suites et des complications, ne peuvent être pratiqués *aseptiquement*.

Le transport dans des voitures de première classe, bien suspendues, ne donne pas toutes les garanties nécessaires. Il est, d'ailleurs, difficile d'avoir à sa disposition, au moment ou quelques heures après l'accident, des voitures de première classe, en nombre suffisant.

Ajoutons que quelques blessés exigent d'être reconduits dans leur résidence et doivent ainsi faire de longs parcours en chemin de fer.

Depuis quelques années, les Compagnies de chemins de fer se sont préoccupées de cette question.

1° Les unes ont proposé de tenir en réserve un certain nombre de wagons transformés en wagons-ambulances, contenant des lits et un matériel de secours important, qui peuvent se rendre, sur réquisition, sur le lieu de l'accident ;

2° Les autres ont pensé qu'il suffirait de placer dans les wagons de secours ordinaires, qui doivent se rendre sur le lieu de l'accident, quelques brancards, des médicaments et des objets de pansement ;

3° Nous proposons enfin une autre solution qui consiste à utiliser comme wagons-ambulances de secours, un certain nombre de voitures à voyageurs, disposées de façon à servir, en temps de guerre, au transport des blessés et malades militaires.

I. *Wagons-ambulances de secours.* — Les Compagnies de chemins de fer étrangères, en Allemagne, en Autriche, possèdent quelques wagons transformés en wagons-ambulances qui, remisés en divers points du réseau, sont promptement dirigés sur le lieu de l'accident.

Ici même, en Autriche, la Société des Sauveteurs de Vienne, sur l'initiative du Dr Charras, a mis à la disposition des Chemins de fer de l'Etat Autrichien, un wagon sanitaire admirablement aménagé.

La Compagnie Autrichienne K. k. Kaiser Ferdinand-Nordbahn, a fait construire, dans ses ateliers, six wagons-ambulances, semblables à ceux de l'Ordre des Chevaliers de Malte, qui sont des modèles irréprochables.

II. *Wagons ordinaires de secours pourvus d'un matériel sanitaire.* — La plupart des wagons ordinaires de secours des Compagnies étrangères de chemins de fer sont pourvus d'un matériel sanitaire.

En Belgique, en Autriche, tous les wagons de secours ordinaires contiennent des objets de pansement, des brancards, des attelles, etc., etc.

En France, la plupart de nos wagons de secours ordinaires ne contiennent aucun matériel sanitaire.

Les wagons de secours pourraient être, très facilement, sans grande dépense, disposés de façon à permettre le transport d'un matériel sanitaire important. Des brancards pliants seraient suspendus à la toiture des véhicules. Des placards recevraient les médicaments et les objets de pansement, les attelles, les gouttières, les appareils de Scultet. Dans plusieurs de nos travaux sur cette question, nous avons indiqué quelle doit être la composition des objets de pansement et de secours :

1° Une boîte de secours de Gare ;
2° Des paquets de pansement individuel ;
3° 40 paquets de ouate, comprimée et stérilisée, de 0 k 120 ;
4° 100 bandes assorties ;
5° Des attelles assorties à rallonges ;
6° 6 appareils de Scultet, pour les membres inférieurs ;
7° 6 appareils de Scultet, pour les membres supérieurs ;
8° 25 coussins (10 grands, 15 petits) ;
9° 2 appareils de lavage des plaies, d'après notre modèle ;
10° 2 bassins émaillés ;
11° 2 plateaux avec poignées ;
12° 3 tubes de sérum artificiel et appareil pour injection de ce sérum ;
13° 3 bidons de 2 litres contenant de l'eau bouillie ;
14° 4 lanternes, d'après notre modèle des boîtes de secours.

Dans la grande majorité des cas, les wagons ordinaires de secours sont insuffisants. Ils ne peuvent apporter que quelques brancards et un matériel de secours, certes, utile, mais insuffisant. Ils ne donnent aucun moyen de transport des blessés.

Il serait, croyons-nous, très utile de pouvoir joindre, dans le cas d'accident grave, aux wagons ordinaires de secours, un ou deux wagons-ambulances analogues aux modèles que nous avons signalés.

Ces wagons serviraient pour le pansement et le transport des blessés d'une façon très confortable.

Le coût de ces wagons si l'on évite tout luxe, toute complication inutile, serait peu élevé.

III. S'il n'était pas possible d'obtenir des wagons-ambulances spéciaux, on devrait demander de construire un certain nombre de voitures à voyageurs, qui seraient disposées de telle sorte qu'elles pourraient servir, en temps ordinaire, pour le transport des voyageurs, mais se transformer, en cas de guerre ou d'accident, en voitures pour le transport des blessés.

En résumé, les mesures déjà prises, en France et à l'Etranger, pour secourir, promptement et efficacement, les blessés de chemins de fer, doivent être généralisées et adoptées par toutes les Administrations des voies ferrées.

Il est surtout nécessaire d'aménager des salles d'opérations aseptiques et des salles de pansement dans les principaux centres et dans les ateliers de réseaux de chemins de fer.

Il faut que tous les wagons ordinaires de secours contiennent des brancards et un matériel sanitaire important.

Toutes les Compagnies devraient posséder quelques wagons transformés en wagons-ambulances, contenant des brancards et des lits et un matériel de secours, qui pourraient se rendre, sur réquisition, sur le lieu de l'accident et qui permettraient de porter, au loin, les blessés, avec toutes les conditions de confort désirables.

P. Redard,
Médecin en Chef des Chemins de fer de l'Etat.

Digitized by Google

MACHINES THERMIQUES

Robinet de jauge de niveau d'eau pour chaudières.

A la série des robinets de jauge de niveau d'eau décrits précédemment (1), vient s'ajouter celui que la Nathan Mfg C° (New-York) vient de lancer sur le marché. Ce robinet, dont nous donnons ci-dessous le dessin, est une heureuse combinaison des dispositions les meilleures que présentent les robinets actuellement en usage. Tandis que dans la plupart de ceux-là c'est un pointeau mobile qui vient s'appliquer sur un orifice évasé, ici c'est une capsule qui vient coiffer une tige creuse et fixe, à pointe conique, faisant saillie dans le corps ovoïde du robinet. La capsule fait partie d'une sorte de piston muni d'une garniture C pressée entre ce piston et une bague D; le tout est serré par l'écrou B dans la douille A qui, en se vissant ou en se dévissant sur l'extrémité filetée du robinet, bouche ou découvre l'orifice de sortie de la vapeur. La douille A n'est autre que le moyeu du volant qui sert à la manœuvre du robinet.

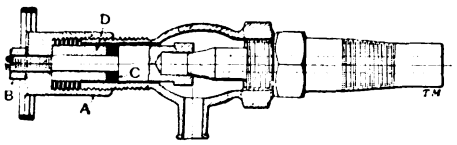


Fig. 1. — Dispositif du robinet de jauge de niveau d'eau de la Nathan Manufacturing C°.

Ce robinet ne se coince jamais ; il est étanche et se manœuvre très facilement, tout comme un robinet à pointeau ordinaire. On peut le roder pendant que la chaudière est en pression ; il suffit, pour cela, de desserrer légèrement l'écrou B, et de faire tourner la tige à l'aide d'un tournevis placé dans la fente que l'on voit à l'extrémité de cette tige.

On remarquera que le piston à capsule est muni d'un petit épaulement à son extrémité, afin que, en cas de dévissage exagéré, il ne puisse être chassé par la pression de la vapeur.

P. B. d'A.

Le moteur à pétrole système Williamson, à 2 temps, à cylindre oscillant.

Le cylindre monté sur tourillon est divisé en deux chambres séparées par le piston. La chambre inférieure sert de compresseur de balayage, la chambre supérieure est la chambre d'explosion ; l'air passe de l'une à l'autre par des orifices démasqués par le piston à fond de course, comme dans les moteurs ordinaires à 2 temps. Le pétrole est injecté par l'un des tourillons, l'échappement se fait par l'autre. La tige du piston, qui se termine en tête de bielle, sort du cylindre par un long fourreau, dans lequel l'étanchéité est assurée par des petits segments portés par la tige.

Le moteur déjà expérimenté a 152 d'alésage, 133 de course, et fait 7 chevaux 1/2 au frein à 400 tours, en consommant 300 gr. de pétrole lampant par cheval ; il pèse 175 kgs, volant compris. Il peut marcher au ralenti jusqu'à 120 t/m.

C. N.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 3 (1er février 1913), p. 104.

MÉTALLURGIE

Contribution à l'étude de la cémentation de l'acier à l'aide de gaz.

Tandis qu'on a employé presque exclusivement jusqu'ici, dans la pratique, des céments solides, on a aussi essayé, ces temps derniers, de cémenter l'acier avec des gaz (1). Les expériences qui seront décrites avaient pour but d'établir dans quelle mesure l'oxyde de carbone, le méthane et le gaz d'éclairage secs, avec ou sans addition d'une certaine proportion d'ammoniaque, pouvaient convenir pour la cémentation.

Cémentation à l'oxyde de carbone. — On a choisi pour les expériences un acier doux en barres de 10 mm de diamètre et 100 mm de longueur, qui furent tournées pour enlever la croûte d'oxyde. L'acier présentait la composition suivante : carbone, 0,091 %, silicium, 0,026 %, phosphore, 0,040 %, soufre, 0,035 % et manganèse, 0,32 %. L'oxyde de carbone fut obtenu en chauffant de l'acide formique avec de l'acide sulfurique concentré : il fut débarrassé soigneusement de l'oxygène et de l'acide carbonique, puis séché avec de la chaux. Le récipient de cémentation était constitué par un tube en porcelaine glacée de 28 mm de diamètre intérieur, placé dans un four électrique à résistance dont la température était contrôlée par un pyromètre Le Chatelier, relié à un millivoltmètre enregistreur Siemens. Sur chacune des barres cémentées, on enleva au tour des couches de 0,2 mm d'épaisseur pour déterminer la teneur en carbone et azote.

Les résultats réalisés avec l'oxyde de carbone sont reportés dans les tableaux I et II. Pour établir la rapidité avec laquelle s'opérait la cémentation, on dosa, par absorption dans des tubes contenant de la chaux sodée, les quantités d'acide carbonique formées par heure. On a choisi une durée de 8 h pour les 3 premières expériences à 800, 1000 et 1100° C. On a constaté que la cémentation est relativement grande pendant la première heure, et diminue d'une façon assez constante pendant les heures suivantes. Comme l'emploi de céments gazeux présenterait, dans la pratique, notamment pour le durcissement superficiel, un avantage

Tableau I. — Cémentation a l'oxyde de carbone

Température en degrés C	Temps h	Poids en grammes des quantités d'acide carbonique formées pendant chaque heure								Consomm. de gaz litres heure	Augment. de poids gr.	Acide carbonique total gr.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
800	8	0,0626	0,0262	0,0297	0,0218	0.0220	0,0216	0,0168	0,0160	1,25	0,0534	0,2097
900	4	0,0792	0,0321	0,0279	0,0218	—	—	—	—	1	0,0401	0,1610
1000	4	0,0900	0,0400	0,0350	0,0337	—	—	—	—	1	0,0550	0,2047
1000	8	0,0995	0,0443	0,0380	0,0370	0,0345	0,0337	0,0294	0,0206	1,2	0,0873	0,3370
1100	8	0,1126	0,0492	0,0396	0,0389	0,0368	0,0337	0,0520	0,0212	1,25	0,0951	0,3640
700	4	0,0116	0,0079	0,0057	0,0058	—	—	—	—	—	0,0070	0,0310
600	4	0,0110	0,0110	0,0055	0,0055	—	—	—	—	—	0,0066	0,0340

Tableau II. — Cémentation a l'oxyde de carbone

Température en degrés C	Temps h	Teneur en carbone % des différentes couches			
		I	II	III	IV
800	8	0,67	0,32	0,28	0,21
900	4	0,55	0,36	0,27	0,25
1000	4	0,41	0,31	0,21	0.18
1000	8	0,46	0,36	0,36	0,29
1100	8	0,28	0,28	0,20	0,22
700	4	0,15	—	—	—
600	4	0,13	—	—	—

(1) *Stahl und Eisen* 24 octobre 1912.

Digitized by Google

marqué sur l'emploi des céments solides, si la cémentation s'opérait beaucoup plus vite, on réduisit dans les expériences suivantes la durée de chacune d'entre elles à 4 heures.

Comme le montre clairement le tableau I (p. 402), la dissociation de l'oxyde de carbone s'opère moins rapidement quand la surface de l'éprouvette s'est enrichie de carbure de fer, et reste subordonnée à la quantité de carbure qui pénètre de la surface vers l'intérieur. Cette pénétration augmente naturellement avec une température croissante. On voit qu'à 800° C le bord extérieur de l'éprouvette a la plus forte teneur en carbone (0,67 °/₀) et que cette teneur décroît rapidement vers l'intérieur. Dans les barres traitées à des températures plus élevées, la teneur en carbone n'est pas aussi élevée à l'extérieur, mais à 1 000 et 1 100° la pièce entière est enrichie de carbone. La vitesse de diffusion du carbure augmente donc avec un accroissement de température, et devient supérieure à la vitesse de dissociation de l'oxyde de carbone.

Les expériences indiquent que, dans les conditions de pression normales, l'oxyde de carbone seul n'est pas avantageux comme cément, car aux températures entre 800 et 900° qui entrent en considération, la carburation a lieu trop lentement et le bord n'atteint pas la teneur en carbone de 0,9 °/₀ ordinairement nécessaire. La cémentation à cette température établit d'autre part une limite trop nette entre le bord carburé et le noyau non carburé, de sorte que, dans tous les cas, les deux zones se séparent (exfoliation). Il est vrai qu'on peut réduire cette limite et créer une transition en traitant d'abord la pièce à 800°C, puis en la chauffant ensuite assez longtemps à 1000°C, ou réciproquement.

Afin de rechercher l'effet de l'oxyde de carbone avec de faibles teneurs en azote, on exécuta deux séries d'expériences à des températures de 800, 900 et 1000°C, l'azote étant mélangé à l'oxyde de carbone sous forme d'ammoniaque, car il est prouvé que l'azote libre n'a aucune influence sur la cémentation. L'addition d'ammoniaque fut effectuée en faisant passer de l'oxyde de carbone dans une grande bouteille, contenant une solution d'ammoniaque d'une densité de 0,984 pour la première série d'expériences et de 0,966 pour la seconde série. L'oxyde de carbone avait absorbé dans le premier cas, 2,25 vol. °/₀ et, dans le second, 6,36 vol. °/₀ d'ammoniaque (rapporté au gaz sec). On constate, en considérant le tableau III qu'aux trois températures, la teneur en carbone de la couche extérieure est beaucoup plus faible que celle obtenue par l'emploi de l'oxyde de carbone pur. L'éprouvette traitée à 800°C présente la plus forte teneur en carbone dans la couche extérieure.

TABLEAU III.
EFFET DE L'OXYDE DE CARBONE + 2,25 VOL °/₀ D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone °/₀ des différentes couches				Teneur en azote °/₀				Augmentation de poids
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gr.
800	0,49	0,33	0,19	0,13	0,77	0,61	0,17	0,10	0,0923
900	0,35	0,28	0,21	0,19	0,45	0,30	0,24	0,14	0,0639
1000	0,34	0,26	0,24	0,19	0,23	0,14	0,14	0,10	0,0618

TABLEAU IV.
EFFET DE L'OXYDE DE CARBONE + 6,36 VOL. °/₀ D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone °/₀ des différentes couches				Teneur en azote °/₀				Augmentation de poids
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gr.
800	0,44	0,29	0,14	0,11	0,52	0,24	0,20	0,11	0,1007
900	0,40	0,34	0,24	0,12	0,52	0,29	0,23	0,14	0,0977
1000	0,34	0,22	0,18	0,16	0,62	0,29	0,25	0,28	0,0923

Il semble résulter des expériences que l'adjonction d'azote sous forme d'ammoniaque n'influence pas favorablement l'effet de l'oxyde de carbone, au strict point de vue de la formation du carbure de fer, mais que l'azote modifie notablement la dureté du métal.

Cémentation au méthane. — Tandis qu'Olsen et Weiffenbach ont pu démontrer une carburation à 815°C en utilisant du méthane et ont donné la teneur en carbone comme étant de 0,27 °/₀, Giolitti et Carnevali affirment qu'avec le méthane on ne peut obtenir à 800°C qu'une carburation insignifiante. Or, ce dernier résultat a été confirmé par des expériences de Kurek. A 900 et 1000°C, il y a, au contraire, une forte cémentation et, comme on peut le voir par le tableau V, les couches extérieures présentent une teneur en carbone très élevée.

TABLEAU V. — EFFET DU MÉTHANE

Température en degrés C	Teneur en carbone °/₀ des différentes couches				Augmentation de poids
	I	II	III	IV	gr.
800	il ne s'est produit aucune absorption de carbone				
900	1,31	0,93	0,74	0,45	0,1344
1000	1,81	1,41	1,26	0,55	0.3420

La cémentation s'effectue ici de toute autre façon qu'avec l'oxyde de carbone. La vitesse de dissociation du méthane est beaucoup plus grande à ces températures que la vitesse de diffusion du carbone, c'est-à-dire du carbure de fer, de sorte que les zones extérieures sont beaucoup plus carburées, alors que la teneur en carbone diminue relativement vite vers l'intérieur de la pièce.

TABLEAU VI.
EFFET DU MÉTHANE + 2.25 VOL. °/₀ D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone °/₀ des différentes couches				Teneur en azote °/₀ des différentes couches				Augmentation de poids
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gr.
800	0,35	0,33	0,15	0,095	0,69	0,49	0,10	0,071	0,0614
900	1,10	9,79	0,47	0,38	0,27	0,18	0,12	0,083	0,1109
1000	1,58	1,35	1,06	0,96	0,23	0,16	0,11	0,100	0,3188

TABLEAU VII.
EFFET DU MÉTHANE + 6,36 VOL. °/₀ D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone °/₀ des différentes couches				Teneur en azote °/₀ des différentes couches				Augmentation de poids
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gr.
800	0,66	0,32	0,22	0,12	0,58	0,23	0,13	0,094	0,0750
900	1,06	0,79	0,63	0,37	0,19	0,15	0,12	0,11	0,1378
1000	1,49	1,37	1,16	1,01	0,14	0,071	0,071	0,071	0,2826

Les tableaux VI et VII montrent l'effet du méthane sur le fer, avec une addition de 2,25 et 6,36 vol °/₀ d'ammoniaque. Le méthane mélangé à de l'ammoniaque ne donne à 800°C qu'une faible cémentation. Le carbone ne pénètre pas à plus d'environ 0,8 mm de profondeur. A 900 et 1000°C, la couche extérieure de l'éprouvette n'atteint pas la teneur en carbone obtenue avec le méthane seul. Cela paraît provenir de ce que la présence de beaucoup d'hydrogène (l'ammoniaque est parfaitement décomposé à cette température) entrave la dissociation du méthane et réduit en conséquence la carburation.

Cémentation au gaz d'éclairage. — Dans les expériences, le gaz avait la composition suivante : Oxyde de carbone, 9,7 °/₀, hydrogène, 51,7 °/₀, méthane 30,70 °/₀, hydrocarbures lourds, 2,8 °/₀, oxygène, 0,3°/₀, acide carbonique, 1,7°/₀, et azote, 3,3°/₀. On voit

Digitized by Google

TABLEAU VIII. — EFFET DU GAZ D'ÉCLAIRAGE

Température en degrés C	Teneur en carbone % des différentes couches I	II	III	IV	Augmentation de poids gr.
800	0,93	0,35	0,16	0,13	0,0516
900	1,45	1,10	0,79	0,48	0,1695
1000	2,18	1,37	1,19	0,95	0,3251

TABLEAU IX.
EFFET DU GAZ D'ÉCLAIRAGE + 2,25 VOL % D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone % des différentes couches I	II	III	IV	Teneur en azote % des différentes couches I	II	III	IV	Augmentation de poids gr.
800	0,30	0,32	0,17	0,10	0,61	0,24	0,13	0,091	0,0494
900	1,01	0,68	0,47	0,37	0,12	0,094	0,066	0,091	0,01013

TABLEAU X.
EFFET DU GAZ D'ÉCLAIRAGE + 5,36 VOL. % D'AMMONIAQUE

Température en degrés C	Teneur en carbone % des différentes couches I	II	III	IV	Teneur en azote % des différentes couches I	II	III	IV	Augmentation de poids gr.
800	0,76	5,50	0,33	0,33	0,72	0,54	0,20	0,065	0,1047
900	1,17	0,76	0,59	0,38	0,26	0,20	0,15	0,13	0,1473

par le tableau VIII que dans la cémentation au gaz d'éclairage pur, la teneur en carbone de la couche extérieure est beaucoup plus élevée que dans la cémentation au méthane. On constate dès 800°C une assez forte carburation. L'effet cémentant du gaz d'éclairage à cette température peut fort bien être attribué aux petites quantités d'hydrocarbures lourds.

L'addition d'ammoniaque agit comme pour le méthane, c'est-à-dire qu'elle implique une plus faible teneur en carbone.

Essais de dureté. — Les essais de dureté n'ont été effectués que sur les éprouvettes cémentées à 800° et 900°C. On a employé un scléromètre Martens. Le bras portant le diamant fut chargé de 20 gr et les stries furent faites à différentes places de la circonférence des éprouvettes, de l'intérieur vers l'extérieur. La largeur des stries fut vérifiée à l'aide d'une loupe après avoir été agrandie 450 fois. Le tableau XI reproduit les valeurs obtenues. Les éprouvettes sont classées suivant leur dureté. Le métal avant cémentation avait une dureté de 60.

Le tableau indique que la cémentation par un gaz additionné d'ammoniaque rend le métal beaucoup plus dur. Il faut aussi remarquer la relation qui existe entre la teneur en carbone, la teneur en azote et la dureté. A dureté égale, la teneur en azote est d'autant plus élevée que la teneur en carbone est plus faible. G.

TABLEAU XI. — ESSAIS DE DURETÉ

Dureté des différentes couches de 0,2 mm d épaisseur I			II			III			Teneur de la 1re couche en C %	N %	Cément	Température en degrés C
180	155	155	112	90	85	80	78	78	0,76	0,72	Gaz d'éclairage + 6,36 % NH_3.	800
170	107	98	90	82	80	80	75	70	0,49	0,77	CO + 2,25 % NH_3.	800
143	90,1	77,5	77	76	74	74	70	68	0,44	0,52	CO + 6,36 % NH_3.	800
107	98	90	82	82	82	75	73	72	0,40	0,52	CO + 6,36 % NH_3.	900
106	102	100	100	86	84	82	82	82	1,17	0,26	Gaz d éclairage + 6,36 % NH_3.	900
106	84	75	62	62	60	—	—	—	0,35	0,69	CH_4 + 6,36 % NH_3.	800
93,4	81	80	80	81	80	75	74	75	1,10	0,27	CH_4 + 6,36 % NH_3.	900
88,5	88	88	87	88	87	87	87	85	1,45		Gaz d'éclairage.	900
88,5	77	77	76	77	74	70	71		0,30	0,61	CH_4 + 2,25 % NH_3.	800
88	88	87	78	75	75	74	74	74	1,01	0,12	CH_4 + 2,25 % NH_3.	900
87	86,8	87	78	76	75	68	67	65	0,66	0,58	Gaz d éclairage + 2,25 % NH_3.	800
85,5	85	85	82	82	81	75	75	75	1,06	0,19	Gaz d'éclarage + 2,25 % NH_3.	900
85	75	75	77	74	73	74	70	70	0,35	0,45	CO + 2,25 % NH_3.	900
81,7	70	70	66	65	65	61	60	—	0,93	—	Gaz d'éclairage.	800
78,8	65,2	—	—	—	—	—	—	—	0,67	—	CO.	800
75,2	70,4	68,5	68	65	—	—	—	—	0,55	—	CO.	900

MINES

Haveuse à mouvements alternatif et rotatif combinés.

La haveuse système Hess (1) se compose essentiellement d'une barre conique, recevant d'un moteur électrique un mouvement de rotation de 300 tours par minute, en même temps qu'un mouvement rectiligne alternatif de 0m,03 de course. Cette barre qui mesure 1m,50 de longueur et 0m,18 de diamètre à la base, est armée de dents disposées en hélice. Sa génératrice inférieure est dans le plan de base de la machine, de façon que le havage se fasse tout à fait au mur.

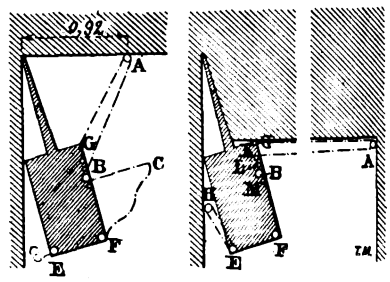


FIG. 1. FIG. 2.
FIG. 1 et 2. — Schémas relatifs au fonctionnement d'une haveuse.

La figure 1 représente l'amorçage, la figure 2 le havage proprement dit, pendant lequel la machine se déplace parallèlement au front. Dans cette dernière opération, la chaîne de halage, fixée à la machine en G, passe sur les poulies fixes A et H, et est entraînée par la poulie motrice B; son extrémité vient s'enrouler sur un tambour E, commandé par une manivelle; au moyen de cette manivelle, on règle le mouvement de la chaîne, de façon à maintenir constante l'orientation de la machine. La vitesse de translation varie de 0m,33 à 0m,90 par minute, avec un moteur de 23 chevaux. La barre pèse environ 90 kgs et la haveuse complète environ 1 100 kgs.

Les principaux avantages attribués à cette machine sont : le havage sans poussière ; le faible encombrement (1m,50 sur 0m,60 sans la barre), permettant de boiser jusqu'à 2 m du front ; enfin la forme angulaire de l'entaille, favorisant l'action des explosifs. A. R.

(1) *Coal Age*, 5 juillet 1913 et *Notes Techniques du Comité central des Houillères de France*, 15 août 1913.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

CHIMIE

Contribution à l'étude de l'action de diverses eaux sur le plomb. — L'eau distillée pure, préparée spécialement et exempte de gaz dissous, n'exerce qu'une très faible action sur le plomb, la quantité dissoute étant à peine décelable. Mais son action est modifiée par la présence de certains gaz dissous : H, CO^2, O et air, le plus actif étant O. La présence simultanée de CO^2 et de O donne à l'eau un « pouvoir érosif », dû au fait que le plomb passe en solution pour être ensuite précipité par CO^2 à l'état de suspension de carbonate (« plomb érodé »). Un excès de CO^2 dissout ce précipité, qui peut être reformé par le passage d'un courant d'air exempt de CO^2, en donnant à l'eau une « apparence soyeuse ». L'eau distillée rendue légèrement acide agit sur le plomb en donnant un liquide qui n'est pas précipité par CO^2. L'eau distillée ordinaire attaque un peu plus le plomb que l'eau distillée pure. Les phosphates de Ca et de Na dissous dans l'eau semblent empêcher entièrement le plomb d'entrer en solution ; les carbonates et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux ont une action analogue. Les eaux naturelles pures (eau de pluie et de rivières) exercent une action comparable à celle de l'eau distillée ordinaire ; les eaux des lacs ont une action encore moindre. Les solutions diluées d'électrolytes attaquent généralement le plomb, en particulier les nitrates et les sels d'ammonium ; mais au bout d'un certain temps, il se produit une couche protectrice, qui empêche l'attaque de continuer. Les eaux minérales et les eaux séléniteuses n'exercent en général qu'une très faible action sur le plomb, mais il y a des exceptions.

(Communication de M. *H. Heap*, Society of Chemical Industry, Manchester, 2 mai 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Les progrès récents de la téléphotographie (1). — L'auteur rappelle d'abord les travaux de l'abbé Caselli, qui, en 1865, donna une solution parfaite, mais malheureusement prématurée, du problème de la téléphotographie.

Tels qu'ils ont été présentés en 1907 et en 1908, les procédés téléphotographiques de M. Edouard Belin utilisaient, pour la transmission, le relief des photographies à la gélatine bichromatée. Les valeurs de ces reliefs étaient traduites électriquement par un rhéostat minuscule, dont le curseur était à l'extrémité d'un levier appuyé sur le cylindre de transmission. Ce rhéostat, mis en série avec la ligne télégraphique, faisait constamment varier, et de quantité convenable, l'intensité du courant agissant sur le galvanomètre de réception.

Ce dernier, très rapide et de sensibilité suffisante, était, en la circonstance, un oscillographe de M. Blondel. Un faisceau lumineux constant, réfléchi par le miroir, rencontrait d'abord une lentille convergente, et tous ses rayons venaient concourir sur l'axe principal en un même point, foyer conjugué du miroir par rapport à la lentille. C'est là que, sur un cylindre identique à celui de départ, se déroulait la préparation sensible. Les variations électriques étaient traduites, à leur tour, en variations lumineuses par l'intercalation, sur le parcours du faisceau lumineux, d'un écran dégradé transparent appelé *gamme de teintes*.

Le procédé qui vient d'être sommairement décrit a, dès le début, donné d'excellents résultats ; mais, pour de multiples raisons, la transmission ne pouvait qu'être assez lente ; d'autre part, la traduction des reliefs par un rhéostat avait l'inconvénient de donner des épreuves formées de teintes plates étagées au lieu de garantir l'infinie variété des teintes dégradées.

C'est dans ce but qu'en 1909, M. Belin a remplacé le rhéostat et le levier par un microphone, spécialement étudié pour avoir une résistance d'origine fixe. Le progrès considérable ainsi réalisé permit d'entrevoir, pour la téléphotographie, des applications beaucoup plus précises et beaucoup plus nombreuses.

Cependant, ces dispositions ne se prêtaient pas à des transmissions très lointaines, et il fallut chercher un moyen de couvrir, sûrement, les plus grandes distances, tout en maintenant, autant que possible, la qualité des résultats. C'est dans ce but que M. Belin a réalisé, au début de l'année 1912, un organe de transmission réunissant à la fois les qualités du rhéostat et du microphone et appelé, pour cette raison, rhéomicrophone. En même temps, tous ces perfectionnements permettaient de réduire considérablement l'encombrement du poste de transmission et c'est ainsi qu'on parvint à réaliser un appareil transmetteur portatif, susceptible de devenir l'auxiliaire indispensable du reporter photographe.

Au mois d'août 1912, un premier essai de cet appareil fut effectué entre Le Havre et Paris, et de bonnes photographies furent expédiées à Paris depuis une cabine publique au bureau central du Havre.

Une difficulté restait encore à surmonter : il fallait pouvoir transmettre très vite sur de très grandes distances et vaincre par suite la capacité des conducteurs.

A cet effet, M. Belin songea à substituer, à l'emploi du courant continu, celui du courant alternatif, en maintenant la fréquence de ce dernier voisine de la fréquence téléphonique moyenne. Les modifications générales à apporter au système ne devaient pas être importantes et la disposition adoptée fut la suivante :

Au départ, un alternateur à 600 périodes se trouve relié au primaire d'un transformateur, sur lequel est placé en dérivation un microphone convenable. Le secondaire du transformateur est relié à la ligne. A l'arrivée, un transformateur semblable est monté en sens inverse et c'est à son primaire qu'est relié l'équipage de l'oscillographe.

Au mois de janvier 1912, des expériences officielles ont été faites, avec le concours de l'Administration française des Télégraphes, entre Bordeaux et Paris. Des photographies étaient envoyées depuis un poste d'abonné de Bordeaux avec l'appareil transmetteur portatif, et les documents étaient, d'autre part, transmis, par courant alternatif, de Paris à Bordeaux. Ces dernières expériences ont prouvé que la netteté et la valeur des documents originaux restaient garanties malgré la distance et que, malgré la fréquence du courant, aucun trouble gênant n'était constaté par induction sur les lignes voisines.

Depuis cette époque, des appareils ont été construits qui vont, incessamment, faire passer les procédés téléphotographiques de M. Edouard Belin du laboratoire à la pratique définitive.

Et le seul point qui restait à résoudre est maintenant un fait acquis, puisque, prochainement, des photographies de traits et de demi-teintes seront transmises par la télégraphie sans fil.

(Communication de M. *E. Belin*, Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 7 novembre 1913.)

GAZ (INDUSTRIE DU)

Elimination du sulfure de carbone des gaz. — Avec l'usage intensif qu'on fait du gaz d'éclairage, tant pour le chauffage que pour l'éclairage, la nécessité s'est fait sentir de purifier le gaz de tous les composés sulfurés qui l'accompagnent encore, après l'élimination de l'hydrogène sulfuré, composés dont la proportion varie de 30 à 150 gr par 100 m^3 de gaz, suivant le charbon employé et le procédé de gazéification pratiqué ; le plus important de ces composés sulfurés est le sulfure de carbone, qui en constitue des 4/5 aux 6/7. Ce n'est pas tant au point de vue hygiénique qu'au point de vue pratique, qu'il y a intérêt à se débarrasser du sulfure de carbone. Le dépôt floconneux blanchâtre, qui se fait sur les tiges en cuivre ou en laiton des brûleurs, est dû à la présence dans le gaz de ces combinaisons du soufre : l'acide sulfureux produit pendant la combustion attaque le métal en formant du sulfate de cuivre, de zinc ou de fer. On connaît l'histoire de la bibliothèque de la ville de Londres, où toutes les reliures tombaient en miettes : l'analyse chimique montra qu'elles contenaient de l'acide sulfurique.

A l'usine à gaz d'Heidelberg, on poursuit depuis quelque temps des essais en vue d'éliminer le sulfure de carbone du gaz, par un procédé dû à M. *Knoevenagel*, et qui consiste en principe à faire absorber ce sulfure de carbone par de l'alcali-cellulose. Il faut au préalable que le gaz, débarrassé du goudron, de l'ammoniac et de l'hydrogène sulfuré, soit privé totalement d'acide carbonique, par barbotage dans une solution de carbonate de potassium ; il se fait du bicarbonate, qui, par ébullition, redonne de l'acide carbonique et du carbonate ; la solution de carbonate sert ainsi indéfiniment. L'acide carbonique doit être éliminé du gaz, car sa présence rendrait inapplicable le procédé d'absorption du sulfure de carbone au moyen de l'alcali-cellulose. Cette matière, obtenue par l'action d'une lessive de soude sur de la cellulose sulfitée, et

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 3 (février 1909), p. 107, et n° 6 (mai 1909), p. 247.

Digitized by Google

finement broyée, est placée dans des caisses analogues à celles où le gaz se débarrasse de son hydrogène sulfuré, en passant sur un mélange d'oxyde de fer et de chaux, étendu en couches minces. Le sulfure de carbone donne, avec la cellulose isolée, du xanthogénate de sodium, selon la formule :

$$C^6 H^{10} O^5 + Na\,OH + CS^2 = C \begin{cases} = S \\ O\,(C^6 H^9 O) \\ S\,Na \end{cases} + H^2 O$$

Le xanthogénate peut servir de matière première pour la préparation de l'hydrate et du formiate de cellulose.

Cette méthode a été étudiée à l'usine à gaz d'Heidelberg, où l'on a monté dans ce but une petite installation d'essai. Le charbon employé était un charbon anglais, à teneur relativement élevée en soufre ; le gaz produit contenait avant l'épuration 70,4 gr de sulfure de carbone par 100 m³, et n'en gardait, après épuration par l'alcali-cellulose, que 18,01 gr par 100 m³, soit une diminution de 75 %. 10 t de masse absorbante retiennent 1,25 t de sulfure de carbone. Le traitement préalable au carbonate de potasse élimine 87 % du gaz carbonique contenu dans le gaz (la teneur tombe de 2,7 % à 0,35 %), les dernières traces d'acide carbonique étant enlevées par un passage sur de la chaux.

Les frais qu'occasionnerait cette purification du gaz en sulfure de carbone ne sont pas encore établis. Mais il est à noter que des essais sont faits en vue d'utiliser le xanthogénate formé dans l'industrie de la cellulose et du celluloïd ; de plus les quantités d'acide carbonique à extraire du gaz sont si considérables qu'on envisage la possibilité de le liquéfier et de le livrer au commerce. Le prix de revient du nouveau procédé en serait diminué d'autant.

(Communication de M. *Kuckuck* et de M. *Knœvenagel*, Jahresversammlung des Deutschen Vereins von Gas-und Wasserfachmännern, Strasbourg, 20-27 juin 1913.)

MÉTALLURGIE

Nouvelles études sur le tungstène. — Le système tungstène-carbone. — La question de l'influence du carbone sur les propriétés du tungstène n'avait pas été élucidée jusqu'à présent. Les résultats suivants ont été acquis grâce aux travaux de M. *Otto Ruff*.

Les indications du diagramme « concentrations-températures » relatif aux points de fusion, et l'examen métallographique ont révélé l'existence des trois composés Tu^3C, Tu^2C, TuC, carbures tri, bi et monotungstiques. Le carbure bitungstique correspond, dans les diagrammes, à un maximum de 2 800°, accompagné de 2 minima à 2 660 et 2 580. Le carbure monotungstique n'existe pas à l'état pur (correspondant à la formule TuC) à la température de solidification de la fonte de tungstène. Fondue à l'arc électrique, une fonte de tungstène, qui peut absorber au maximum 6 % de carbone environ, c'est-à-dire la teneur qui répond à la composition d'un carbure monotungstique, abandonne par refroidissement lent du carbone à l'état de graphite, jusqu'à concurrence de 3,8 %, de sorte que le régule solidifié est constitué par un mélanlange de carbures mono et bitungstiques et de graphite. Par refroidissement brusque, la teneur de ce régule en carbone combiné peut atteindre 4,5 %. A l'analyse, les alliages contenant la plus grande proportion de carbone combiné se sont trouvés être les plus riches en carbure monotungstique. D'où l'on peut admettre que si la quantité de carbone dissous croît dans certaines conditions, c'est parce que la concentration en carbure monotungstique augmente, et non pas la solubilité du carbone, qui reste faible, malgré la température élevée.

L'existence d'un carbure tritungstique rend compte de ce fait que de très petites quantités de carbone abaissent considérablement le point de fusion du tungstène ; 0,1 % de carbone correspond à 4,7 % de ce carbure, et la solubilité de ce dernier dans le tungstène solide est très faible, puisque, pour cette teneur de 0,1 % de carbone, on trouve parmi les cristaux de tungstène un eutectique tungstène-carbure de tungstène. La teneur en carbone du tungstène qui doit être étiré en filaments doit donc en tout cas être inférieure à ce chiffre de 0,1 %.

(Communication de M. *Otto Ruff*, Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte, Vienne, 21-28 septembre 1913.)

Etude sur les changements de volume des alliages. — Les changements de volume des alliages ont à la fois une importance théorique et pratique.

Leur relation avec les intervalles de cristallisation indiqués sur le diagramme d'équilibre est très nette dans le système cuivre-aluminium.

Dans les alliages cuivre-étain, à 90 % de cuivre, cuivre-zinc à 15 % de zinc, de même que pour l'aluminium pur, par exemple, la force produisant les dilatations dans les moulages pendant la solidification est considérable.

Pour les alliages cuivre-étain, ainsi que pour les moulages en aluminium pur, la température de coulée du métal semble exercer une influence sur les dilatations observées. Les dilatations extrêmement grandes et régulières, particulières à l'alliage cuivre-zinc au voisinage de 15 % de cuivre, sont toujours précédées d'un arrêt ; la dilatation ne se produit que pendant la cristallisation du constituant *e*. L'examen microscopique et des essais de densité ont révélé des cavités autour des cristaux de cet alliage, cavités produites par l'absorption des cristaux *d* par les cristaux *e*.

Lorsqu'on chauffe lentement des barres d'alliage cuivre-étain à 90 % de cuivre, d'alliage cuivre-zinc à 15 % de cuivre, ou d'aluminium pur, au four électrique, on obtient, en chaque cas, des contractions sur la longueur de la barre. Lorsqu'on laisse la barre d'alliage cuivre-zinc se refroidir lentement, on constate une dilatation tout à fait extraordinaire et beaucoup plus considérable que celle qui se produit dans le moulage ; en répétant le chauffage et le refroidissement jusqu'à cinq fois, on a pu noter un accroissement de longueur de 38 mm sur une longueur initiale de 254 mm ; la section de la barre avait également augmenté.

L'auteur de cette recherche pense que la contraction de l'alliage cuivre-zinc par refroidissement lent, doit être due à la liquation des cristaux *e*, le liquide remplissant les fissures existant entre le moulage et les cristaux qui forment l'ossature restant entrelacés. La grande dilatation et la croissance continue de la barre par chauffage répété doivent être dues au remplissage des cavités, suivi de la transformation cristalline de l'état *e* à l'état *d*.

Avec l'alliage cuivre-étain à 90 % de cuivre, la dilatation paraît produite par le refroidissement du liquide autour des dendrites *a* puisqu'on ne l'observe plus lorsque la barre a subi un revenu.

Avec l'aluminium, les changements de volume observés au chauffage et au refroidissement sont probablement dus à la présence d'impuretés gazeuses.

(Communication de M. *J. H. Chamberlain*, Institute of Metals, août 1913.)

La cohésion intercristalline des métaux. — MM. le Dr W. Rosenhain et Donald Ewen, du National Physical Laboratory, poursuivent depuis un certain temps, une recherche pour la vérification de la théorie d'après laquelle les cristaux d'un métal sont cimentés les uns aux autres par de minces pellicules du même métal à l'état amorphe ou dans un état qu'ils appellent *Undercooled liquid condition* (1). Dans un mémoire antérieur, ces deux auteurs, ont fourni à l'appui de cette théorie, des preuves tirées de la façon dont se comportent les métaux chauffés dans une atmosphère très raréfiée.

Depuis lors, cette théorie a été confirmée encore par les recherches de MM. Rosenhain et Humfrey sur la ténacité et la rupture de l'acier doux aux hautes températures (2), les expérimentateurs ayant établi qu'aux hautes températures, le type de déformation et de rupture obtenu par des efforts quelconques, mais non très rapides, était entièrement différent du type observé aux basses températures. Aux basses températures, la déformation et la rupture se produisent principalement à travers les cristaux dont les enveloppes agissent à la façon de nervures, donnant à l'ensemble de la rigidité et de la résistance. Au contraire, aux hautes températures, les cristaux restent à peu près sans déformation, tandis que le mouvement du métal et la rupture finale se produisent principalement dans les pellicules intercristallines.

Un examen approfondi des faits observés montre qu'ils peuvent facilement s'expliquer par la théorie du ciment amorphe. Ce ciment est fort et dur aux basses températures mais, de même que tous les liquides à grande viscosité, il devient mou et mobile aux hautes températures. Si l'on pousse à l'extrême les conséquences de cette théorie, on est conduit à admettre qu'à une température suffisamment élevée, le ciment de tous les métaux purs doit acquérir une fluidité telle qu'il ne possède plus de résistance notable, alors que les cristaux conservent encore un certain degré de résistance et de dureté. Il en résulte qu'à ces températures, les cristaux, même des métaux les plus ductiles, pourront être isolés par traction sans subir de déformation et que le métal manifestera une extrême fragilité intercristalline.

(1) Etat liquide conservé à basse température.
(2) *Iron and Steel Institute*, mai 1913.

Digitized by Google

Cette hypothèse a été vérifiée expérimentalement pour le plomb, l'étain, l'aluminium et le bismuth. Des photographies d'étonnantes de ruptures intercristallines ainsi obtenues sont données dans le mémoire. La cassure par fragilité du plomb à 323° C (c'est-à-dire à 4° au-dessous de son point de fusion) rappelle par son aspect celle d'un moulage de fonte fragile.

Ces expériences démontrent que la fragilité bien connue des métaux au voisinage de leur point de fusion est due à l'affaiblissement de leur cohésion intercristalline, mise en évidence par la théorie du ciment amorphe.

Répondant d'avance à l'objection qui pourrait leur être faite, à savoir que les impuretés rassemblées entre les cristaux peuvent influencer les résultats, les expérimentateurs font remarquer que cette objection ne peut s'appliquer à leurs essais. Ils appuient cette assertion en montrant qu'un alliage eutectique pur de plomb et de zinc présente des phénomènes analogues.

(Communication de MM. le *Dr Walter Rosenhain* et *Donald Ewen*, Institute of Metals, août 1913.)

Sur le fait dénommé : Cristallisation par la fatigue (1). — La rupture de nombreuses pièces de fer ou d'acier a été attribuée à ce fait qui, altérant la structure du métal, en augmente la fragilité. Dans aucun cas cependant, il n'a pu être constaté que l'effet d'efforts répétés ait pu être la cause d'altération dans la structure du métal.

M. Rogers est arrivé à conclure de l'examen de nombreuses pièces que, si une pièce se brise, en service, et présente une cassure cristalline, elle aurait présenté une cassure identique étant neuve. Jamais la fatigue n'occasionne de cassures cristallines dans un métal qui, neuf, ne présente que des cassures fibreuses.

Souvent ces cassures cristallines proviennent de ce que l'acier employé provient d'un mélange de fer et d'acier non homogène. La rupture s'explique alors, par suite des fragilités différentes des deux constituants, ainsi que par la non homogénéité du mélange.

M. Rogers cite le fait suivant : une tige d'acier d'une machine rotative (type Wohler) est soumise à des chocs alternatifs (10 000 environ) sous l'action d'une force de 7 000 kgs par pouce carré et à raison de 1 200 chocs par minute. La tige est ensuite brisée et la cassure étudiée. Elle est entièrement fibreuse, comme celles remarquées sur des échantillons du même métal, non mis en service.

M. Rogers conclut en disant que cette dénomination lui semble absolument fausse et qu'elle ne répond à aucun fait réel.

(Communication de M. *Rogers*, Iron and Steel Institute, septembre 1913.)

Le traitement électrothermique des minerais de zinc. — Jusqu'ici, les essais effectués aux Etats-Unis et au Canada sur le traitement électrothermique des minerais de zinc n'ont pas donné de bons résultats.

Il est certain cependant que ce procédé est appelé à un grand avenir ; l'on peut entrevoir le moment où les dépenses d'application ne dépasseront pas 30 fr par tonne, et où les pertes seront réduites à 18 kg de zinc, 454 gr de plomb, 85 gr d'argent, 0,3 gr d'or par tonne ; pour le présent, on peut doubler ces chiffres.

(Communication de M. *W. M. Johnson*, American Electrochemical Society, septembre 1913.)

Electrolyse des solutions de cyanures. — Le traitement des minerais réfractaires d'or et d'argent par le procédé aux cyanures est de plus en plus général ; cependant, on constate encore de nombreuses lacunes dans l'étude scientifique de cette méthode et particulièrement des procédés d'électrolyse à y appliquer ; la question a beaucoup d'intérêt pratique ; l'école des mines de l'université de Columbia l'a mise à l'étude.

(Communication de MM. *E. F. Kein*, *G. H. Clevenger*, *W. L. Hall*, American Electrochemical Institute, Denver, septembre 1913.)

Récupération des poussières des fours dans la métallurgie du cuivre. — On vient d'installer, à la Boston et Montana Smelter Co, un nouveau système de récupération des poussières dont l'installation a coûté 5.500 000 fr.

Il se compose essentiellement d'une cheminée de 170 m de haut et 16 m de diamètre intérieur, au bas de laquelle se rassemblent les poussières. L'usine prétend que l'économie qu'elle fera sur les pertes de cuivre, d'argent et d'or, comparativement avec l'ancien mode de dépoussiérage, atteindra 1 850 fr par jour, soit 650 000 fr par an. De plus, on peut s'attendre aussi à une amélioration du rendement dans le traitement des poussières arsenicales, qui seront plus riches que précédemment.

Enfin, le tungstène a l'avantage d'envoyer les fumées à une hauteur telle qu'elles ne soient plus nuisibles pour le voisinage.

(Communication de MM. *C. W. Goodale* et *J. H. Klepinger*, meeting de l'American Institute of Mining Engineers, Great Falls, Montana, août 1913).

MINES

Procédés de préparation mécanique des minerais par flottage. — Les procédés de flottage reposent tous sur l'utilisation de la tension superficielle des liquides, et sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle les substances minérales diverses sont mouillées par l'eau et adhèrent aux huiles ou aux gaz.

La tension superficielle est mise en évidence dans l'expérience classique de l'aiguille graissée flottant à la surface de l'eau ; c'est elle qui joue le principal rôle dans tous ces procédés.

Dans la gamme étendue des minerais où le métal se présente à l'état natif ou sous forme de combinaisons diverses, alliages, oxydes, carbonates, sulfures, etc., ce sont les minerais sulfurés seuls qui jusqu'ici, ont pu être traités par le flottage. Les particules de sulfure possèdent, en effet, la propriété d'adhérer fortement à l'huile et de ne pas se laisser mouiller par l'eau. Comme l'huile, d'autre part, a une tendance très accusée à adhérer aux gaz, il s'ensuit que toute particule sulfurée enrobée d'huile voit augmenter très sensiblement sa tendance à ne pas se laisser mouiller, c'est-à-dire à flotter. Le dégagement de bulles de gaz dans le sein de la masse liquide produit le même effet.

Les gangues minérales et, en particulier, le quartz, présentent des propriétés diverses, ayant une faible adhérence pour l'huile ou les gaz et une forte adhérence pour l'eau. En acidulant celle-ci, on augmente très sensiblement cette dernière propriété.

L'acide joue un rôle important ; d'une part, il favorise la précipitation des stériles et la coagulation des particules métalliques à la surface et, d'autre part, il provoque la formation de bulles gazeuses, etc., s'attachant aux particules métalliques.

L'huile n'est pas nécessaire pour produire l'émersion des matières utiles à la surface des liquides ou l'émulsion de la pulpe ; certains procédés arrivent à ce résultat avec de l'acide carbonique, sans huile ; d'autres emploient, à la place de l'huile, des agents solubles qui ont l'avantage de laisser les concentrés propres ; c'est le cas avec l'alcool amylique, le camphre, les phénols et les huiles essentielles comme l'huile d'eucalyptus, assez commune en Australie. L'action de ces produits est mal connue ; on ne peut pas leur appliquer ce qui a été dit à propos de l'huile, puisqu'ils sont complètement dissous ; il n'y a plus sélection des particules métalliques, puisque la dissolution est complète.

Fig. 1.

On peut chercher à se figurer ce qui se passe de la manière suivante (fig. 1).

Soit un fragment de blende en contact avec la surface de l'eau AB l'adhérence de l'air à la blende s'oppose à ce que l'eau déplace la gaine d'air, et la tension superficielle empêche la pénétration de cette parcelle métallique dans l'eau.

Si l'on avait enduit cette parcelle d'huile et si l'eau avait été légèrement acidulée, on aurait augmenté à la fois l'adhérence de la blende pour la gaine gazeuse et la résistance de la surface à la pénétration.

C'est-à-dire que la tendance naturelle de la blende à flotter se trouve complétée par l'action de l'acide et de l'huile. Au contraire, un fragment de quartz se comportera tout différemment ; possédant une adhérence moins grande pour sa couche d'air et ayant une tendance naturelle à se laisser mouiller par l'eau, l'acide de l'eau augmente cette tendance, de sorte que le quartz tombe rapidement au fond du vase.

Le surface AB peut être considérée comme faisant partie d'une bulle gazeuse au sein d'une masse liquide. Dans ce cas, cette bulle entraînera à la surface la particule métallique. C'est également le cas lorsqu'on émulsionne du minerai broyé dans de l'huile et de l'eau acidulée ; on libère ainsi de nombreuses bulles minuscules qui s'élèveront à la sur-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. II, n° 1 (janvier 1910), p. 19 ; n° 2 (février 1910), p. 83 ; n° 3 (mars 1910), p. 151 ; n° 4 (avril 1910), p. 210 ; n° 5 (mai 1910), p. 280 ; n° 6 (juin 1910), p. 345 ; n° 7 (juillet 1910), p. 385.

Digitized by Google

face en formant une écume reliant les particules sulfurées, tandis que la gangue se précipite au fond.

Pour rendre ce phénomène plus sensible et pour augmenter le rendement de ces procédés, il faut chercher à augmenter les surfaces en contact. La tension superficielle par unité de surfaces restant constante, on peut employer deux moyens pour cela : 1° broyer le minerai de manière à l'amener à un état de très grande division ; 2° provoquer la formation d'une écume en émulsionnant la pulpe.

Les sulfures se rassemblent alors à la surface et s'y agglutinent en formant de petites masses ; cette coagulation des matières est fort importante pour certains procédés ; il paraît que l'on peut, grâce à cette propriété, réaliser le traitement des schlamms si l'on procède à une agitation suffisamment violente de la pulpe, en chauffant et en aérant.

Les divers procédés peuvent se répartir dans les cinq classes suivantes :

I. — Procédés utilisant la tension superficielle seule ;

II. — Procédés utilisant le pouvoir adhésif des gaz ;

III. — Procédés utilisant le pouvoir adhésif des gaz et des huiles ;

IV. — Procédés utilisant l'effet d'une dépression à la surface du liquide avec huile et gaz ;

V. — Procédés utilisant les propriétés des huiles et des gaz avec émulsion de la pulpe.

De nombreux appareils ont été imaginés ; il n'en sera décrit qu'un de chaque classe, choisi à titre d'exemple parmi ceux qui ont fourni des résultats de marche industrielle.

I. — L'appareil *Maquisten* (fig. 2) emploie des tubes en fonte de 30 cm de diamètre, de 2 m de longueur, munis intérieurement de rainures hélicoïdales, fermés du côté de l'arrivée, ouverts à l'autre bout, dans une auge à déversoir. Les tubes tournent à 30 tours par minute; la pulpe, dans son passage par ces tubes, subit un brassage et les particules métalliques sont constamment ramenées à la surface, tandis que les gangues se précipitent au fond. Les tubes sont classés par batteries de quatre ils peuvent passer 5 t en vingt-quatre heures. Les concentrés d'une première série sont repassés dans une deuxième, quelquefois dans une troisième.

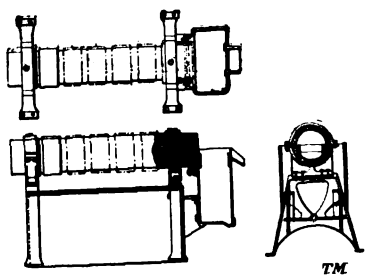


Fig. 2. — Appareil de flottage système Maquisten.

Cet appareil a été employé, en particulier aux mines de Golconda, pour la concentration des minerais de cuivre à 3 %; il paraît demander un minerai peu schlammeux.

II. — Dans le procédé *Potter-Delprat* (fig. 3), les cuves de traitement sont constituées par des pyramides renversées en bois doublé de plomb ; deux tubes en fer permettent l'arrivée de l'acide au fond de la cuve et facilitent l'agitation. L'acide sulfurique employé est en solution à 2 ou 3 % et à la température de 82° C. Le minerai est formé d'une gangue de quartz, rhodonite et grenat renfermant environ 3 % de carbonate de fer et de chaux ; la teneur en matière utile est de 20 % de zinc, 6 % de plomb et 80 gr d'argent. Toutes les matières sont broyées au tamis 40 ; les stériles s'écoulent par le fond et les concentrés passent au-dessus du déversoir sous forme d'écume métallique ; ils sont prêts pour un traitement ultérieur.

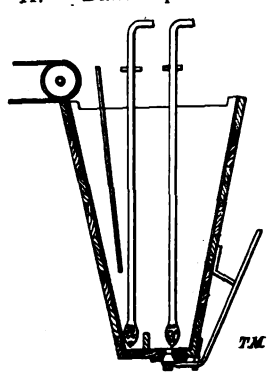


Fig. 3. — Appareil de flottage système Potter-Delprat.

III. — Dans le procédé *Hyde* (fig. 4). le minerai broyé, mélangé avec l'acide, est décanté en A ; la pulpe est ensuite remontée en B et additionnée d'huile ; un agitateur brasse le mélange.

La masse est ensuite retraitée dans des compartiments voisins ; les concentrés des trois premières cuves sont retraités dans une deuxième série pour les débarrasser de leur silice en excès.

Ce procédé réalise la coagulation des schlamms, dans l'application qui en a été faite à Butte and Superior C°, à Basin (Montana), où le minerai est un sulfure double de plomb et de zinc avec gangue de quartz et de rhodocrosite ; on broie au tamis de 100.

IV. — Dans le procédé *Elmore* (fig. 5), le dégagement des bulles gazeuses est facilité en faisant régner le vide au-dessus de la cuve de traitement L ; la pulpe, additionnée d'huile et d'acide dans le mélangeur, pénètre dans l'appareil de traitement sous l'influence de la dépression. Des râbles y assurent le brassage des matières ; l'évacuation des produits stériles et concentrés se fait par deux tubes distincts comme l'indique la figure 5.

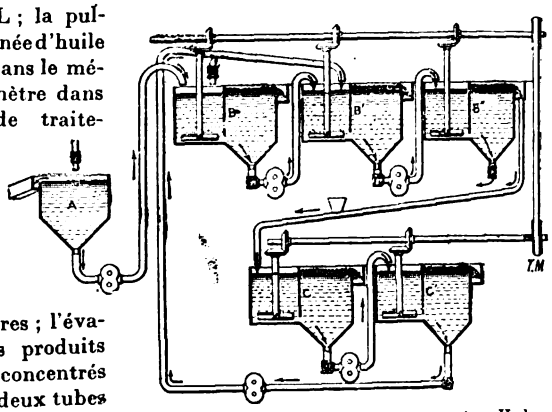


Fig. 4. — Appareil de flottage système Hyde.

Un appareil de 1m,50 de diamètre peut traiter de 25 à 30 t par jour; la consommation d'huile varie entre 15 et 5 kg par t. On a parfois intérêt à ajouter un peu de calcaire et d'acide à la pulpe pour favoriser le développement des bulles. L'huile doit être ensuite brûlée pour nettoyer les concentrés.

V. — Parmi les procédés par émulsion, il convient de citer le système de la *Minerals Separation Limited* (fig. 6).

Le minerai, l'eau faiblement acidulée et l'huile sont mélangés intimement dans une série de cuves à section rectangulaire, en bois, où des agitateurs métalliques tournant à une vitesse périphérique de 500 m à la minute, déterminent l'émulsion de la pulpe ; il y a formation de nombreuses bulles, coagulation des particules métalliques et le tout se rend dans une cuve triangulaire voisine, où l'écume vient flotter à la surface et se déverse dans un canal d'évacuation, alors que la pulpe de la cuve est aspirée au fond dans la cuve rectangulaire voisine par l'action de l'agitateur correspondant.

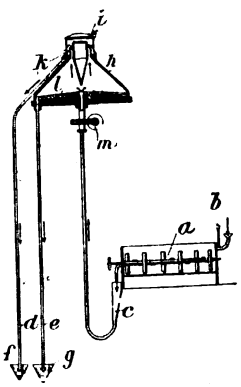


Fig. 5. — Appareil de flottage système Elmore.

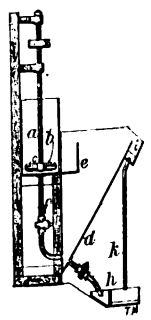


Fig. 6. — Appareil de flottage système de la Minerals Separation Limited.

L'emploi de matières solubles, comme l'huile d'eucalyptus, pour produire l'émulsion a cet avantage sérieux de permettre de se dispenser de fours à grillage pour brûler les huiles utilisées. Ce procédé a été appliqué avec succès en Australie à des schlamms comme à des sables : il paraît aussi permettre de séparer des matières de même densité, blende, sidérose, baryte.

L'encombrement de ces appareils est faible ; il suffirait d'un emplacement horizontal de 3 m par 9 m sur 4 m de hauteur, pour traiter 400 t de produits par jour.

Dans tous ces appareils, on retrouve à peu près les mêmes actions fondamentales mises en œuvre de diverses façons, les éléments variables sur lesquels on peut agir pour obtenir la mise au point des procédés, étant les suivants :

Nature des huiles ou substances analogues
Quantités de ces matières;
Quantités d'acide,
Durée d'agitation ;
Vitesse d'agitation ;
Température ;
Consistance de la pulpe.

Quant au broyage des minerais, il doit être poussé assez loin : dans la plupart des cas, tout le minerai doit passer au tamis 40 et 80 % traverser le tamis 100.

Des prix de revient sont publiés sur ces procédés de flottage ; ils ne

Digitized by Google

paraissent pas toujours comparables entre eux ; certains auteurs indiquent les chiffres suivants reproduits à titre purement documentaire :

	Par tonne de minerai traitée
Potter-Delprat	4 fr 15
Debavay	4 fr 50
Elmore	4 fr 55
Minerals Separation Limited	4 fr 50

Ces chiffres comprennent une partie des frais généraux de l'installation d'ensemble, mais non l'intérêt et l'amortissement du capital immobilisé. Ils sont relatifs à des ateliers des Nouvelles-Galles du Sud.

Le principal chapitre des dépenses est celui de la consommation d'acide : 1 fr 25 à 1 fr 50 environ.

En résumé, ces procédés ont leur application limitée aux cas suivants : minerais sulfurés, ne devant pas contenir plus de 5 % de carbonate soluble dans des solutions acides étendues ;

Minerais ne devant pas renfermer de minéraux flottants nuisibles aux concentrés produits, tels que la fluorite pour le zinc, par exemple.

Enfin, pour les minerais de cuivre, ils ne s'appliqueraient pas à ceux qui renferment des proportions appréciables de bornite.

Jusqu'à présent, on ne semble pas avoir trouvé le moyen de réaliser industriellement la séparation des sulfures entre eux ; les concentrés produits doivent être traités sur des tables. Seul le procédé Hoorwood a essayé de réaliser cette séparation, en procédant à un léger grillage préalable, qui détruit l'adhérence aux gaz et à l'huile chez certains sulfures.

La plupart des Sociétés exploitant ces brevets prélèvent une redevance qui s'élève à environ 1 fr. 25 par tonne traitée. Dans la région de Borken-Hill, ces procédés ont été étudiés particulièrement dans les dix dernières années et ont donné des résultats assez remarquables. Les résidus de traitement des minerais de plomb existant à Broken-Hill renferment en général une teneur élevée en zinc ; il n'est pas rare de rencontrer des haldes renfermant 20 % de zinc, 6,2 de plomb, et 177 gr d'argent. Ces sables ou ces schlamms retraités après broyage ont donné des concentrations de 1/5 à 1/6, et une extraction totale, zinc, plomb et argent, de 80 à 90 % pour le zinc, de 60 % pour le plomb et 60 % environ pour l'argent.

Pour fixer les idées, voici un tableau de traitement pour 1911 et 1912, donné par M. Hoover dans un ouvrage récent (1) :

ANNÉES	MINERAI				CONCENTRÉ DE ZINC				CONCENTRÉ DE PLOMB			
	Tonnage traité	TENEUR Zn %	TENEUR Pb %	TENEUR Ag gr	Tonnage prod.	TENEUR Zn %	TENEUR %	TENEUR Ag gr	Tonnage prod.	TENEUR Zn %	TENEUR Pb %	TENEUR Ag gr
	tonnes				tonnes				tonnes			
1911	211 675	18,56	5,38	255	68 452	46,28	7	430	6 197	16,91	57,2	1 179
1912 6 mois	171 005	14,9	5,8	219	44 229	46,9	7,6	393	5 254	13,9	59,4	1 011

Extraction : Zn 85 %, Pb 62 %, Ag 51,3 %.

Le même auteur estime que la production annuelle des divers procédés de flottage se monte à 200 000 t de zinc, 20 000 t de plomb, 150 000 kg d'argent et 1 000 t de cuivre.

(Communication de M. *G. Bousquet*, Société des Ingénieurs civils, 20 juin 1913.)

Gisement de dégagement du grisou. — Le grisou en couche n'est ni à l'état liquide, ni en poches gazeuses incluses dans le massif. Il ne semble pas non plus s'y trouver uniquement à la façon d'un gaz indépendant et occlus en pression dans les pores, ni résulter d'une réaction chimique par agent extérieur, tel que l'air. On peut le considérer comme dissous dans le solide, mais le plus vraisemblable paraît être de l'assimiler purement et simplement aux autres hydrocarbures issus de la houille, et d'admettre qu'en principe lui aussi ne préexiste pas, et que son dégagement n'est pareillement que le résultat de la dissociation des hydrocarbures plus ou moins fixes et complexes qui font partie constitutive de la houille vierge.

En tout cas, il serait initialement dû à un changement physique ou chimique dans la manière d'être de la houille, et son véritable gisement résiderait ainsi dans une sorte de qualité spécifique de la houille, qualité ayant trait à sa nature propre, et pouvant être désignée du nom générique de « pouvoir grisouteux », par analogie à « pouvoir calorifique ».

Un tel pouvoir grisouteux serait susceptible de variations très rapides, très régulières et très étendues dans la houille en place.

En fait, et quelle que soit, dans les limites indiquées, l'hypothèse admise pour le gisement du grisou, le phénomène du dégagement dans une zone donnée ne semble déterminé ni par l'état de fissuration ou de peu de compacité, du charbon ni par l'état d'affaiblissement, même prolongé, de la paroi séparant cette zone de la surface à nu. Par contre, ce dégagement paraît immédiatement consécutif à des actions de pressions, de chocs ou d'ébranlements exercées sur ce charbon et en relation directe avec leur intensité. On peut alors le considérer comme engendré et régi par elles, selon un processus qui, effectivement, est classique pour certaines ruptures d'équilibre relatives à des changements de manière d'être, dissolutions ou dissociations.

Les conditions d'espèces qui régissent la production et le dégagement du grisou dans une zone donnée comprennent : 1° celles qui ont trait au gisement de grisou, c'est-à-dire, d'après ce qui a été dit précédemment, à la nature de la houille et au pouvoir grisouteux ; 2° celles qui intéressent le phénomène du dégagement, c'est-à-dire, dans l'hypothèse admise, la nature et l'intensité des actions de pressions de chocs ou d'ébranlements exercées sur le charbon, actions qui sont produites en fait par les pressions de terrains ou par les procédés d'abatage. La nature et l'importance de la paroi séparant la zone intéressée de la surface à nu n'interviendrait que dans l'écoulement du grisou ainsi produit.

On peut expliquer de la sorte l'inefficacité des sondages quant au drainage du grisou, le manque de signification des mesures de pression ou de débit, la relation entre les actions de terrains et le drainage du massif, les variations du dégagement dans les préparatoires, les traçages et les dépilages, et même l'influence encore hypothétique des mouvements orogéniques ou sismiques, ainsi que la non-répercussion des dépressions barométriques sur la production du grisou par la houille, cette répercussion étant limitée aux accumulations dans les vides d'exploitation, et au régime d'écoulement du grisou antérieurement produit par l'action des terrains, et logé dans les pores ou fissures du massif.

C'est à la grande intensité de l'un au moins des deux facteurs du dégagement que seraient dues les manifestations du genre instantané. L'élévation du pouvoir grisouteux constituerait plutôt l'origine des dégagements instantanés proprement dits, caractérisés par l'extrême abondance du gaz et les effets d'entraînement ou de charriage par torrent gazeux. L'intensité des actions mécaniques subies : coups de charge, écrasements du massif, etc., pourrait suffire à provoquer des dégagements brusques ou anormaux, assez analogues aux précédents, mais n'ayant cependant pas tout à fait le même mécanisme, ni les mêmes caractères, surtout au point de vue des projections et des singularités plus ou moins consécutives.

En pratique, la combinaison et les variations d'importance respective de l'un et l'autre facteur engendreraient toutes les particularités et toute la gamme des phénomènes, depuis le dégagement normal jusqu'au cas extrême, constitué évidemment par la simultanéité d'élévation des deux facteurs, d'où pourraient résulter des dégagements très violents, très caractérisés, et parfois d'apparence spontanée, parce que non directement provoqués par le travail de l'abatage.

Pratiquement, le pouvoir grisouteux de la houille en place, serait difficile à reconnaître par investigation directe ou mesure précise, mais on pourrait en préjuger par l'examen des facteurs suivants : situation géologique, nature du charbon, teneurs en grisou, profondeur, terrains encaissants, drainage résultant des actions de terrains ; et l'expérience confirme les déductions ainsi obtenues.

Pour un gisement donné, le dégagement du grisou en couche étant à peu près uniquement régi par les actions de terrains et les procédés d'abatage, relèverait très directement de l'organisation et de la progression des travaux. D'où un certain nombre de mesures préventives et défensives (d'ailleurs corroborées par l'expérience) et ayant trait à l'aménagement et à la méthode générale d'exploitation, à la méthode spéciale des tirs d'ébranlement, et à l'organisation des travaux.

(Communication de M. *G. Laligant*, Société de l'Industrie minérale District du Sud-Est, 22 juin 1913.)

(1) T. J. Hoover : *Concentrating Ores by flotation*. Mining Magazina. Londres 1912. — Voir également sur ces questions, *Notes Techniques au Comité Central de France*, 133, 215, 312, 336.

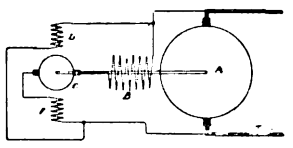
Digitized by Google

ANALYSE SYSTÉMATIQUE DES BREVETS D'INVENTION

ÉLECTRICITÉ

Dynamo à tension pratiquement indépendante de la vitese de rotation. — On a déjà proposé d'établir des dynamos dont la tension demeure entre certaines limites à peu près indépendante de la vitesse de rotation, en se basant sur le principe suivant (voir par exemple F. Loppe, *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, 1904, pages 341 et suivantes).

Si l'on se place d'abord dans le cas d'une génératrice excitée séparément, l'on intercale dans son circuit inducteur, l'induit d'une petite génératrice auxiliaire munie également d'une excitation séparée et actionnée à une vitesse proportionnelle à celle de la dynamo principale ; on conçoit, *a priori* que dans ces conditions, le flux de la machine principale diminue quand la vitesse augmente, si la génératrice auxiliaire est connectée de manière à réduire le courant d'excitation de la machine principale, et par conséquent l'on peut s'arranger pour que la tension aux bornes de cette dernière machine demeure à peu près constante lorsque la vitesse varie entre certaines limites. Malheureusement, en examinant les phénomènes mis en jeu de plus près, l'on vérifie aisément que la variation de vitesse admissible, même si l'on tolère une variation de tension de 25 % ne dépasse pas le rapport 1 à 3, ce qui est insuffisant dans certaines applications, telles que l'éclairage des trains, etc.



On vérifie encore que l'on obtiendrait toujours avec une dynamo excitée séparément, une régulation beaucoup plus satisfaisante, en remplaçant l'enroulement excitateur indépendant de la petite génératrice auxiliaire par un enroulement en série avec son propre induit ; la tension de la machine principale tend alors asymptotiquement vers une valeur bien déterminée lorsque la vitesse croît.

Pourtant, la dernière disposition ne fournirait pas encore une solution suffisante dans le cas fréquent où l'on désire rendre la dynamo principale auto-excitatrice en branchant aux balais le circuit d'excitation ; en effet, il est alors facile de démontrer que le flux de la machine principale tend vers une valeur finie lorsque la vitesse augmente, et que par conséquent la force électromotrice engendrée croît d'une façon continue avec la vitesse.

Il est à remarquer en outre que cet inconvénient n'existe pas avec le mode d'excitation de la dévoltrice prévue par M. Loppe, car avec ce système, le flux s'annule toujours pour une certaine valeur de la vitesse, même si la dynamo principale est auto-excitatrice.

Conformément à la présente invention (système J. Béthenod), l'on remédie simultanément à ces divers inconvénients en combinant les deux modes d'excitation que l'on vient de décrire. Sur la figure, A est l'induit de la machine principale, et B son inducteur. L'induit C de la dévoltrice qui est actionnée à une vitesse proportionnelle à celle de A, est monté en série avec B ; enfin, la dévoltrice possède deux enroulements inducteurs dont les actions s'ajoutent ; l'un D est monté en dérivation aux bornes de A, tandis que l'autre E est monté en série avec C. Le rôle de l'enroulement D est d'amener forcément une diminution du flux avec la vitesse, en dépit de l'auto-excitatrice, mais la présence de l'enroulement E, qui sera du reste généralement prépondérant, améliore beaucoup la régulation, ainsi qu'on peut le vérifier par une construction graphique très simple.

Dans tous les cas, il est facile de se rendre compte que la puissance de la dévoltrice C sera toujours très réduite, puisqu'elle sera notablement inférieure à la puissance nécessaire pour l'excitation de la machine principale ; c'est là un avantage important du présent système sur ceux qui comportent une excitation avec enroulements inducteurs différentiels, car une telle excitatrice prend des dimensions comparables à celles de la génératrice principale, si l'on veut obtenir une régulation acceptable.

(*Société alsacienne de constructions mécaniques*, Belfort [Territoire de Belfort], Brev fr., cl. 12, n° 455551, 24.V.12).

Générateurs spécialement applicables à l'alimentation d'arcs électriques en vue de la production de courants à haute fréquence. — Pendant ces dernières années, l'on a imaginé de nombreux générateurs de courants à haute fréquence basés sur l'emploi d'arcs ou d'étincelles d'un genre particulier. Tous ces dispositifs prévoient entre l'éclateur et la source de courant l'intercalation d'une résistance ohmique de valeur relativement importante dont le rôle est notamment d'éviter la mise en court-circuit de la source lors du jaillissement de l'arc (ou de l'étincelle). La présence de cette résistance a le grand inconvénient d'abaisser de façon très sensible le rendement global de l'installation puisqu'elle absorbe une fraction très importante de l'énergie fournie par la

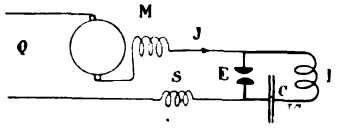


Fig. 1.

source (50 % par exemple), si élevé que soit du reste le rendement du générateur à haute fréquence proprement dit.

La présente invention a pour objet un dispositif qui permet de supprimer complètement cet inconvénient qui devient extrêmement grave dans des installations puissantes destinées par exemple à la télégraphie ou à la téléphonie sans fil.

Elle consiste en principe (fig. 1) à intercaler entre la source Q et l'éclateur E aux bornes duquel est branché le circuit oscillant ECL, une

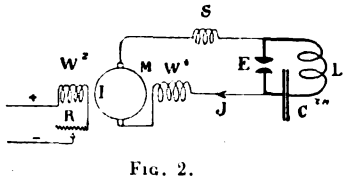


Fig. 2.

machine à courant continu M, à excitation série, fonctionnant en moteur ; on sait que, dans ces conditions, une telle machine non saturée joue le rôle d'une véritable inductance. Cette inductance n'est du reste aucunement nuisible et même elle permet de réduire la valeur des self-inductances S que l'on a coutume d'intercaler sur le circuit de charge, de façon à éviter notamment la circulation de courants de haute fréquence dans le circuit d'alimentation. Quant à l'énergie mécanique disponible sur l'arbre de la machine M, on peut l'utiliser à un usage arbitraire, soit même la reconvertir en énergie électrique en accouplant par exemple cette machine à l'un des générateurs alimentant l'éclateur E.

Dans ce dernier cas, si le courant d'alimentation est continu, l'on peut même combiner la machine M avec la dynamo génératrice, de façon à ce que les deux machines possèdent un induit commun, ce qui supprime un collecteur. La fig. 2 donne l'exemple d'une telle combinaison; l'ensemble formé par l'induit I et l'enroulement série démagnétisant W_1, joue le rôle de la machine série M de la fig. 1; quant à l'enroulement W_2, il se trouve relié à une source excitatrice auxiliaire quelconque, par l'intermédiaire du rhéostat de réglage R. L'ensemble IW_2 joue alors le rôle de la génératrice proprement dite. Il est à remarquer que le montage de la fig. 2 a déjà été proposé en électrotechnique,

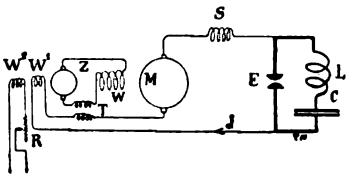


Fig. 3.

mais pour des applications différant complètement de celles envisagées ici, qui exige des proportions spéciales des enroulements W_1 et W_2, les ampèretours de l'enroulement W_1 étant ici une fraction très importante des ampèretours de l'enroulement indépendant W_2.

Pour des installations importantes surtout, il peut être très avantageux de reporter l'enroulement W_2 sur l'excitatrice de la génératrice M ou tout au moins sur une petite machine auxiliaire agissant sur le flux inducteur de cette génératrice (son induit peut, par exemple, être monté en série avec l'enroulement inducteur de cette dernière machine). Mais il faut alors tenir compte de la self-inductance de l'enroulement inducteur relié à l'induit de cette machine auxiliaire, si l'on veut obtenir un résultat absolument comparable encore à celui produit par une résistance ohmique intercalée dans le circuit d'excitation de l'arc. Pour cela, il faut que la chute de tension produite aux bornes de la machine principale soit toujours proportionnelle au courant J fourni par la source ; il est facile de démontrer que cette condition est remplie si l'on fait agir sur l'enroulement inducteur de la machine principale une force électromotrice supplémentaire proportionnelle à $\frac{dJ}{dt}$. La fig. 3 montre, à titre d'exemple, un montage permettant de réaliser cette condition. La machine auxiliaire Z porte un enroulement inducteur W_1, parcouru par le courant principal J, tandis que l'enroulement à excitation séparée W_2 (qui peut d'ailleurs être reporté sur une deuxième machine auxiliaire, autoexcitatrice ou non, dont l'induit en est série avec l'induit de Z, ou se trouve relié à un deuxième enroulement inducteur disposé sur la carcasse de la machine principale), produit une tension indépendante du courant J. Enfin, un transformateur T dont l'enroulement primaire est parcouru par le courant J et dont l'enroulement secondaire est par exemple monté en série avec l'induit de Z sert à produire la forme électromotrice proportionnelle à $\frac{dJ}{dt}$ dont il a été question ci-dessus. Dans ces conditions, si les divers enroulements sont convenablement dimensionnés, il est facile de démontrer que la force électromotrice produite par M est de la forme $E_0 - KJ$, K étant une constante, de telle sorte que le problème envisagé est complètement résolu.

(*E. Girardeau*, Paris, Brev. fr., cl. 12, n° 454.869, 3.VI.12).

Digitized by Google

Génératrice de courant électrique, à contre-compoundage. — Cette invention a pour objet un système perfectionné de machine génératrice de courant électrique, à contre-compoundage, devant fonctionner à voltage constant en combinaison avec une batterie d'accumulateurs, et entraînée par un moteur à vitesse variable.

Le système dont il s'agit, permet d'obtenir, au début de la marche, un effet de compoundage de la machine, par suite de l'augmentation du flux inducteur total, et de l'effet, provenant du déplacement simultané, de la ligne neutre dans le sens de la rotation de la machine, effet qui s'ajoute alors à celui de la réaction de l'induit.

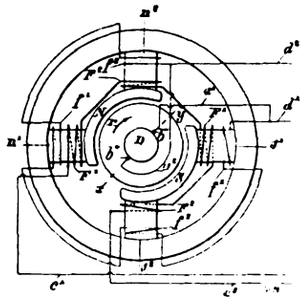


FIG. 1.

La figure 1 est une vue schématique représentant la disposition des enroulements sur les noyaux de la machine D, dans le cas d'une machine bi-polaire. La figure 2 est une vue schématique représentant l'ensemble du système et de son montage, sur le circuit d'utilisation.

Comme l'indique la figure 1, chacun des pôles N et S de la machine est constitué au moyen de deux noyaux jumelés n_1, n_2, et s_1, s_2, recevant, chacun, un enroulement gros fil F_1, F_2 et un enroulement fil fin f_1 f_2, le nombre des tours des enroulements F_1, par rapport à celui des tours des enroulements F_2, sur les noyaux correspondants, étant convenablement déterminé, comme il sera expliqué ci-après, en supposant que l'induit tourne dans le sens indiqué par la flèche *r* (figure 1).

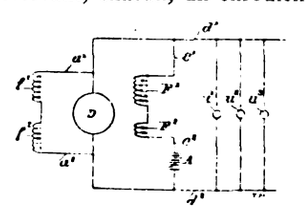


FIG. 2.

Les enroulements gros fil F_1, F_2 sont disposés en série dans le circuit de charge des accumulateurs A, comme l'indique la figure 2, par l'intermédiaire des conducteurs appropriés c_1, c_2 et ils sont, en outre, bobinés de manière que leurs ampères-tours s'ajoutent à ceux des enroulements fil fin, f_1, f_2, lorsque les accumulateurs fournissent du courant.

Les enroulements fil fin f_1, f_2, sont disposés et bobinés, comme l'indique la figure 1 ; ils sont reliés, par l'intermédiaire de conducteurs appropriés, a_1, a_2, aux balais *b*, *b* de la machine, ces derniers étant d'ailleurs reliés, par l'intermédiaire de conducteurs d_1, d_2, au circuit renfermant les appareils d'utilisation, tels que u_1, u_2, u_3.

Dans ces conditions d'établissement, on voit que, au début de la marche, et tant que la batterie d'accumulateurs n'est pas en charge, c'est-à-dire pendant qu'elle fournit du courant dans le circuit d'utilisation, les ampères-tours des enroulements gros fil s'ajoutent aux ampères-tours des enroulements fil fin, pour produire un effet de compoundage de la machine, par suite de l'augmentation du flux inducteur total. La ligne neutre se déplace en même temps, vers l'arrière, par rapport à sa position normale *x-y*, c'est-à-dire en sens inverse de celui de la rotation de l'induit, et les balais doivent alors être calés au voisinage de la position correspondante.

Au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse de rotation de la machine, le débit de la batterie d'accumulateurs diminue, l'effet de compoundage des enroulements gros fil va en diminuant, et, simultanément, la ligne neutre se déplace vers l'avant, c'est-à-dire dans le sens de rotation de l'induit.

Lorsque les accumulateurs entrent en charge, l'effet des enroulements gros fil change de sens, et devient un effet de contre-compoundage, diminuant le flux inducteur total, les ampères-tours, sur chaque noyau, étant alors déterminés par la différence qui existe entre les ampères-tours fil fin, et les ampères-tours gros fil ; en même temps, la ligne neutre continue à se déplacer vers l'avant, c'est-à-dire dans le sens de la rotation de l'induit, déplacement dont l'effet s'ajoute à celui de la réaction d'induit, pour obtenir la limitation du voltage.

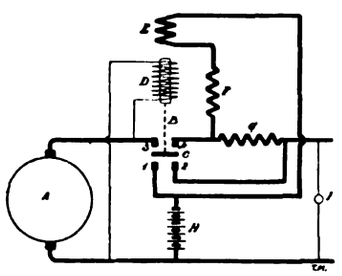
(*Société Anonyme des Automobiles et Cycles Peugeot*, Paris. Brev. fr., cl. 12, n° 455623, 17.III.13.)

Réglage des installations comportant des dynamos combinées avec des batteries d'accumulateurs.—Dans les installations génératrices d'énergie électrique où l'on ne dispose que de forces motrices très variables, et où l'on veut pouvoir alimenter d'une manière continue un réseau à tension constante, on est obligé de combiner des batteries d'accumulateurs aux dynamos génératrices.

Cette invention (système J. Béthenod) a pour objet un mode de réglage de telles installations.

Ce mode de réglage est caractérisé par le montage et le fonctionnement du conjoncteur-disjoncteur qui permet, suivant la tension aux bornes de la dynamo, soit de faire débiter celle-ci sur les accumulateurs et le réseau par l'intermédiaire de résistances convenables, soit d'alimenter le réseau par les accumulateurs.

La fig. 1 représente schématiquement l'invention et, pour plus de clarté, on va la décrire



en la supposant appliquée, à titre d'exemple, à une installation d'éclairage des véhicules. La dynamo génératrice A est actionnée par exemple par l'essieu du véhicule, c'est-à-dire à vitesse très variable.

Cette dynamo peut être de l'un quelconque des types connus fournissant un voltage pratiquement indépendant de la vitesse à partir d'une certaine valeur de celle-ci. La présente invention est absolument indépendante du mode de réglage de la tension propre de la dynamo dont on n'a pas représenté l'excitation.

1, 2, 3 et 4 représentent les plots du conjoncteur-disjoncteur B destiné à mettre en circuit soit la dynamo A, soit la batterie H. Ce conjoncteur-disjoncteur comporte deux enroulements, l'un shunt D placé en dérivation aux balais de A et l'autre E en série avec le courant de charge de la batterie.

Voici le fonctionnement de l'ensemble :

Si le véhicule est arrêté, sous l'action de la pesanteur, d'un ressort ou de tout autre dispositif approprié, le pont C du conjoncteur-disjoncteur B repose sur les contacts 1 et 2, de telle sorte que la batterie H alimente les lampes I directement.

Dès que la vitesse devient suffisante, l'enroulement shunt D attire le noyau du conjoncteur-disjoncteur et le pont mobile C, abandonnant les contacts 1 et 2, vient réunir 3 et 4. La dynamo débite alors sur la batterie par l'intermédiaire de la résistance F et sur les lampes par l'intermédiaire de la résistance G ; la première résistance a pour but de limiter le courant de charge, dans le cas où la batterie serait déchargée à fond et son importance peut être très réduite, dans certains cas, tels que ceux où la batterie est du type Edison, etc. ; quant à la deuxième résistance G, elle a, comme dans les montages connus, la mission de permettre de charger les accumulateurs, sans survolter les lampes. Ces deux résistances que le conjoncteur-disjoncteur court-circuite pendant les arrêts, peuvent être avantageusement en fer ou en tout autre conducteur à coefficient de température positif élevé.

Enfin, quand la vitesse du véhicule baisse, le courant dans la batterie H, c'est-à-dire dans l'enroulement en série E du conjoncteur-disjoncteur finit pas s'inverser, de telle sorte que les ampères-tours de cet enroulement arrivent à annuler ceux de D ; le pont mobile C quitte alors 3 et 4 et revient s'appliquer sur 1 et 2.

Il est à remarquer que dans cette dernière position, l'enroulement E est court-circuité en même temps que les résistances F et G ; il ne s'oppose donc pas à l'action de D, tant que la dynamo ne débite pas, ce qui procure un fonctionnement très sûr du conjoncteur-disjoncteur. Enfin, quand la dynamo débite, ses ampères-tours s'ajoutent à ceux de l'enroulement D, ce qui est également très favorable au bon fonctionnement de l'appareil.

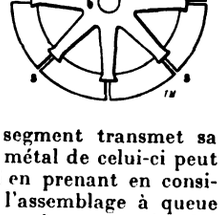
Le noyau mobile peut du reste être polarisé au moyen d'un aimant permanent ou d'un enroulement auxiliaire.

(*Société Alsacienne de constructions mécaniques*, Belfort [territoire de Belfort], Brev. fr., cl. 12, n° 455398, 22.V.12.)

Induit pour machines électriques. —Les machines électriques de grand diamètre se composent généralement d'un corps annulaire magnétique entourant un moyeu en forme d'étoile.

L'invention est caractérisée par la subdivision de l'anneau en segments séparés par des fentes axiales pratiquées de telle manière que les efforts de chaque segment soient transmis invididuellement au moyeu en forme d'étoile.

a représente le corps annulaire, *b* le moyeu en forme d'étoile. L'anneau est divisé par les fentes *s* en plusieurs segments. Les fentes *s* peuvent traverser axialement toute la longueur de la périphérie, ou bien on laisse une si petite liaison que les mouvements des segments n'en sont pas incommodés. Dans ce cas l'allongement ne s'équilibre plus dans le corps annulaire mais chaque segment transmet sa charge sur le moyeu. Le métal de celui-ci peut naturellement être choisi en prenant en considération la densité ; et l'assemblage à queue d'aronde n'exige plus un si grand soin. De préférence le moyeu en forme d'étoile *b* a la forme d'un corps de résistance uniforme comme il est montré en fig. 1. Les rayons de l'étoile ont aussi de préférence une forme de résistance uniforme, et sont amincis à leur extré-

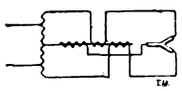


Digitized by Google

mité. De même l'axe, les rayons et le moyeu peuvent être des corps de résistance uniforme. Surtout dans les machines électriques à haute fréquence usitées dans la télégraphie et la téléphonie sans fil, cette disposition permet d'obtenir une grande résistance et une grande vitesse périphérique.

(*R. Goldschmidt*, Allemagne. Brev. fr., cl. 12, n° 454624, 1.V.12.)

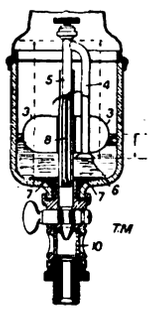
Lampes à vapeur de mercure pour courant alternatif (Connexions des). — Ce système de connexions est caractérisé par ce fait que les deux bobines de réactance anodiques et la bobine de réactance cathodique ont le même noyau de fer.



(*Korting und Mathiesen, A. G.*, Leutzsch-Leipzig, Brev. all., cl. 21 *f*, n° 263 252, 20.IV. 12.)

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

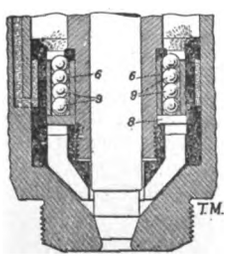
Graisseur. — Un graisseur à gouttes comprend un récipient où se trouve un flotteur et un siphon, celui-ci étant automatiquement fermé quand le réservoir est vide. Pour cela, la branche courte 4 du siphon est munie d'une ouverture évasée qui s'appuie sur une surface plane 7 quand le récipient est vide. Le centre de gravité du siphon et du flotteur 3 est sur une verticale passant à l'intérieur du cercle de base de l'ouverture 6. Quand l'huile arrive, cette ouverture oscille autour d'un point d'appui, ce qui facilite la séparation de 6 et 7. Un pointeau 8 se trouve dans la grande branche 5 du siphon et on voit l'huile tomber goutte à goutte à travers un tube de verre 10.



(*Stern Sonneborn*, Londres. Brev. angl., cl. 12, n° 14913, 26.VI.12.)

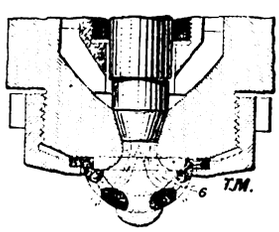
MACHINES THERMIQUES

Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. — Une aiguille d'injection pour moteur Diesel, comprend une boîte 6 renfermant des billes métalliques 9. Le fond est muni d'orifices 8 dont le nombre et la largeur varient avec la puissance de la machine.



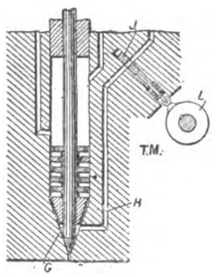
(*E. Schneider*, Le Creusot. Brev. angl., cl. 7, n° 12856, 31. V. 12.)

Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. — Pour empêcher la condensation du liquide émulsionné, en passant dans l'ouverture du pointeau, la paroi d'une chambre annulaire 6 entre l'aiguille et des petites ouvertures, est incurvée de façon à guider le combustible à travers les trous. Ceux-ci peuvent être aplatis pour produire un jet plat et l'aiguille peut s'ouvrir en sens opposé.



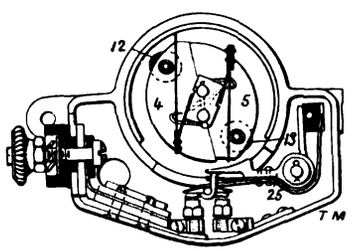
(*E. Schneider*, Le Creusot. Brev. angl., cl. 7, n° 14 662, 22. VII.12).

Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. — Dans les machines utilisant un combustible difficile à enflammer, on laisse, dans le dispositif d'injection, un passage H débouchant dans un espace à pression faible, comme celle de l'atmosphère et conduisant à une chambre G au-dessus du siège conique de l'aiguille d'injection. Un robinet J s'ouvre périodiquement de façon qu'à faible charge, le combustible passe par ce robinet. Celui-ci est commandé par une came L actionnée par le régulateur, de façon que la largeur et la durée d'ouverture, augmentent lorsque la charge décroît. L'extrémité libre de H se présente devant une cloison, de façon à recueillir le liquide qui peut sortir et le renvoyer au réservoir.



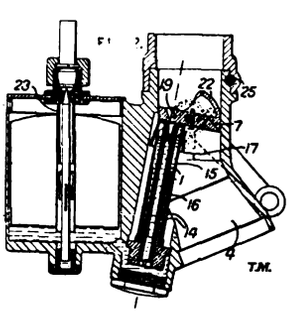
(*Krupp Skt. Ges. Germaniawerft*, Kiel. Brev. angl., cl. 7. n° 13412. 7.VI.12.)

Allumeur pour moteurs à explosion. — Des masses excentrées 4, 5, soumises à la force centrifuge portent des galets-cames 12, 13 qui agissent sur un levier de contact 25. Ces galets peuvent effectuer un mouvement radial et périphérique de façon que le levier de contact 25 entre en action plus tôt lorsque le nombre de tours augmente.



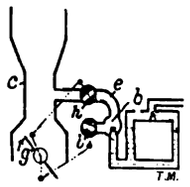
(*Westinghouse Electric Company Ld*, London, Brev. all., cl. 46 *c*., n° 263 033, 8.VIII.12.)

Carburateur. — Le gicleur est percé au dessous du niveau du liquide et, par ces trous, l'air arrive pendant l'aspiration pour former une émulsion avec le liquide. Le gicleur 1 est excentré par rapport à l'arrivée d'air 4 et il peut être bouché par le papillon 7. Celui-ci présente une ouverture 19 et une surface 22 qui force l'air à passer du côté du jet de liquide. Le gicleur 1 communique par des orifices 14 avec un réservoir 15 où l'air arrive par une cloche 17. La partie inférieure de ce réservoir contient un manchon 16. Le liquide arrive dans la chambre à niveau constant par le tube 23, sans se répandre sur le sommet du flotteur. Dans une autre forme de gicleur, les trous 14 sont remplacés par une série de cônes ou par une pièce perméable à l'air. Une clavette tangentielle 25 fixe le carburateur au tube d'aspiration.



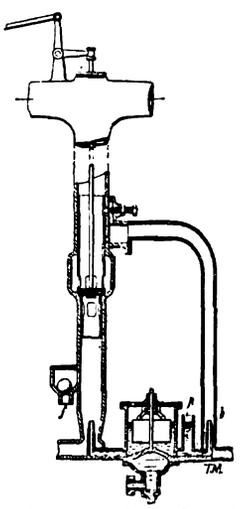
(*M. E. Gobbi*, Asnières. Brev. angl., cl. 7, n° 14021. 15.VI.12.)

Carburateur. — Le gicleur se trouve placé dans une chambre spéciale à côté de la conduite d'aspiration ; cette chambre est en communication d'une part avec l'air extérieur, d'autre part, avec la partie de la conduite d'aspiration située derrière l'étrangleur. Ce carburateur est caractérisé ainsi qu'il suit : dans la conduite *e* allant de la chambre *b* du gicleur à la conduite d'aspiration *c* et dans la conduite allant à l'air extérieur, se trouvent deux étrangleurs *h* et *i*. Ces derniers sont en relation avec l'étrangleur *g* de la conduite principale d'aspiration, de telle façon que le mouvement de *h* se fasse dans le même sens que celui de *g* et que celui de *i* se fasse en sens contraire.



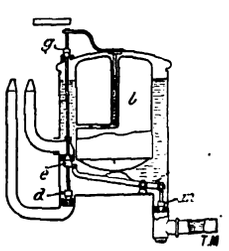
(*H. V. L. Jouffret, J. M. Renée, M. Gondard, M. Mennesson*, Paris. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 262940 15.X.10.)

Carburateur double à deux gicleurs. — Le plus petit carburateur est destiné aux remplissages faibles ou moyens du cylindre et aux nombres de tours, relativement peu élevés de la machine ; la formation du mélange s'y fait automatiquement, le gicleur *b* étant alimenté par un réservoir auxiliaire *p* à niveau variable. Le grand carburateur est destiné aux grands remplissages du cylindre et aux nombres de tours élevés et le réglage s'y effectue au moyen d'une soupape à air auxiliaire *f*.



(*Léon Bollée*, Le Mans. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 263 139, 28.III.09).

Carburateur à double gicleur pour moteurs à explosions. — Le gicleur auxiliaire sert pour la mise en marche. En plus de la soupape ordinaire à combustible *m*, commandée par le flotteur *e*, se trouvent deux soupapes d'arrêt *d* et *e*, pour les deux gicleurs et une soupape à air *g*. Ces soupapes sont reliées entre elles de telle façon qu'à la mise en marche, la soupape *d* du gicleur principal et la soupape à air *g* soient fermées, tandis que la soupape *e* du gicleur auxiliaire est ouverte ; le mouvement de ces trois soupapes entraîne l'ouverture de la soupape *m* d'admission du combustible dans le réservoir à flotteur.

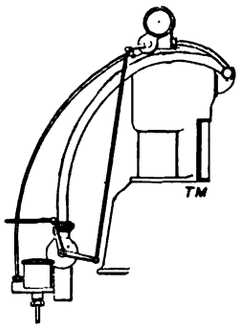


(*J. E. F. Cambessédès*, Paris, Brev., all., cl. 46 *c*, n° 263266, 8.VI.11.)

Carburateur double pour moteurs à combustion interne. — Le carburateur principal sert à l'alimentation du moteur pour le nombre de tours normal, le carburateur sert pour la mise en marche et les faibles nombres

Digitized by Google

de tours. L'invention est caractérisée ainsi qu'il suit : le carburateur auxiliaire se trouve accolé au cylindre où se fait la combustion et se trouve placé au-dessus du carburateur principal. Par suite de la dépression produite dans le carburateur auxiliaire, le combustible aspiré dans le réservoir à flotteur du carburateur principal, arrive au carburateur auxiliaire.

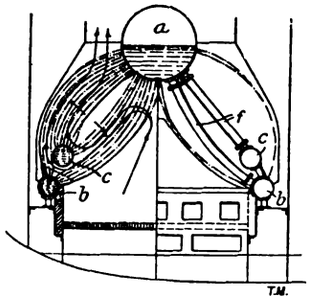


(*Louis Renault*, Billancourt, Brev. all., cl. 46, *c*, n° 263265, 31.VII.12.)

Carburateur pour l'emploi du pétrole et autres huiles lourdes dans les moteurs à explosions. — Cette invention s'applique aux moteurs munis de carburateurs ayant un ou plusieurs jets principalement destinés à la mise en marche et au ralenti. Elle consiste à alimenter ces jets avec des huiles légères et à alimenter avec l'huile lourde le ou les jets qui servent principalement à la marche normale.

(*Société du carburateur Zénith*, Rhône. Brev. fr., cl. 5, n° 454627, 1.V.12.)

Chaudières à tubes d'eau. — Dans une chaudière à tube d'eau, un tambour supérieur *a* est relié à des bouilleurs inférieurs *b* et *c*, de telle façon que un bouilleur *c* est enfermé par les tubes allant au bouilleur *b*. Ceux-ci sont reliés aux autres bouilleurs *c* et *a* par des tubes *f*. Les gaz du foyer sont guidés à travers les tubes par des chicanes, comme l'indiquent les flèches, ou bien peuvent passer directement.



(*R. Helm*, Steglitz, *Marks*, London. Brev. angl., cl. 123, n° 13538, 10.VI.12.)

Condenseurs par surface et par injection. — En employant les pompes à air du système Westinghouse-Leblanc il est possible avec une pompe unique d'extraire les gaz incondensables de deux milieux où règnent des pressions différentes lorsque ces gaz sont pris à des pressions différentes dans les deux milieux.

Cette invention a pour objet d'utiliser cette propriété de la pompe à air Westinghouse-Leblanc lorsque l'air ou les gaz incondensables sont pris dans un même milieu.

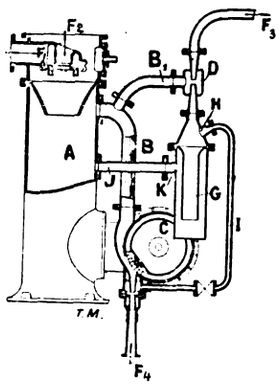
Pour obtenir ce résultat, il suffit de comprimer partiellement une partie de l'air ou des gaz incondensables et de faire dégager cet air ou ces gaz du col du diffuseur de la pompe à air. On peut effectuer cette compression soit par une trompe à eau, soit par un éjecteur à vapeur.

La figure représente un condenseur par injection, comportant le dispositif faisant l'objet de l'invention.

A la chambre de condensation A aboutit le tuyau d'aspiration d'air B de la pompe à air G qui est reliée à sa partie supérieure par un conduit B^1 à une trompe à eau D alimentée par de l'eau à une pression quelconque.

En pratique, dans les condenseurs par injection, la prise d'eau de la trompe à eau sera branchée, soit sur l'aspiration d'eau du condenseur, soit sur le refoulement des eaux chaudes extraites de la chambre de condensation.

Dans les condenseurs par surface la prise d'eau de la trompe à eau pourra être branchée sur le refoulement de la pompe d'extraction d'eau condensée, ou sur la bâche alimentaire.



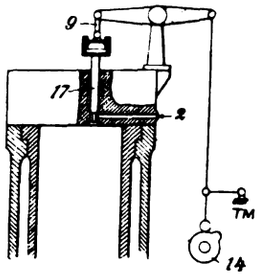
A la trompe à eau est relié un réservoir à double enveloppe G. A la partie supérieure de ce dernier est disposée une tubulure H par laquelle se dégage l'air comprimé par la trompe D. Cet air partiellement comprimé est aspiré par la pompe C et est dirigé vers celle-ci par le conduit I. L'eau sortant de la trompe après s'être séparée de l'air auquel elle est mélangée retourne dans la chambre de condensation par la tubulure K et le tuyau I.

Enfin, comme on le voit sur la figure, l'arrivée d'injection au condenseur se fait suivant la flèche F^1, l'arrivée de vapeur à condenser par la flèche F^2, l'arrivée d'eau sous pression à la trompe D par la flèche F^3 et l'évacuation de la pompe à air a lieu dans le sens de la flèche F^4.

On comprend qu'une partie de l'air contenu dans l'espace A passe par le conduit B^1 et sous l'action de la trompe ou éjecteur de vapeur D est comprimé dans le réservoir d'où il est aspiré par la pompe C à travers le conduit I aboutissant au col du diffuseur à une pression supérieure à celle qui règne dans la chambre où l'on veut maintenir le vide.

(*Société Anonyme pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc*. Brev. fr., cl. 5, n° 454669, 21.II.13.)

Démarreur à air comprimé. — La commande de la soupape de démarrage se fait automatiquement ; elle entre en action lorsque l'on admet de l'air comprimé, et cette action cesse lorsqu'on coupe l'arrivée de l'air comprimé. Cette invention est caractérisée ainsi qu'il suit : la commande de la soupape de démarrage se fait par la came 14 et par un système de tiges, 9, 17 qui s'allonge ou se raccourcit selon qu'il y a ou qu'il n'y a pas d'air comprimé dans la conduite 2.



(*O. E. Jorgensen*, Copenhague, Brev., all., cl. 46 *d*, n° 262959, 6.III.12.)

Gazogène. — Dans un gazogène, type haut-fourneau, où les cendres sont portées à la fusion, on brise mécaniquement le combustible pour faciliter la descente au niveau des tuyères. Dans une forme du gazogène (fig. 1) un arbre creux rotatif et refroidi par circulation d'eau, porte des fourches 4. Dans d'autres formes, l'arbre est fixe tandis que la cuve tourne sur des roulements portés sur le cendrier, ou encore le cendrier tourne aussi. Dans la fig. 2, des grattoirs 8 sont soulevés et retombent pour briser la voûte formée.

La fig. 3 représente un gazogène par insufflation où l'air arrive par une conduite verticale 17 refroidie par l'eau. Cette conduite de vent est munie de fourches 27, et est montée dans un palier 23-24. Par rotation, le combustible est remué. Un cône 29 oblige le charbon à s'ébouler vers le centre. Un robinet 28 permet au gaz de passer à travers la couche de combustible. (Voir *La Technique Moderne*, t. VII [15 septembre 1913], n° 5, p. 203.)

Fig. 1.

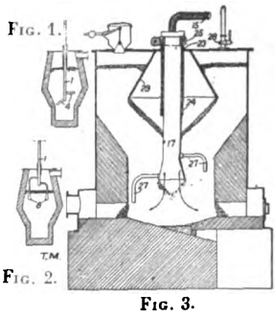
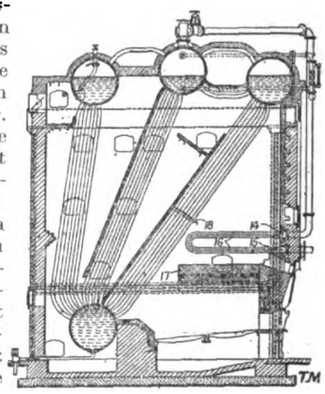


Fig. 2.

Fig. 3.

(*Société des Gazogènes Marconnet*. Paris. Brev. angl., cl. 51, 51 et 55, n° 12479, 25.VI.12.)

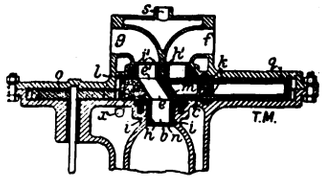
Générateurs de vapeur. — Dans une chaudière à tubes d'eau, de nombreux tubes verticaux sont disposés de façon à aisser près du foyer une place pour un surchauffeur. Les tubes de celui-ci sont placés horizontalement et près de la voûte du foyer. Les chicanes convenablement posées envoient les gaz chauds sur ce surchauffeur.



En faisant varier le nombre de ces chicanes, on change le degré de surchauffe.

(*Stirling Boiler Co*, Westminster, Brev., angl., cl. 123, n° 13 965. 15.VII.12.)

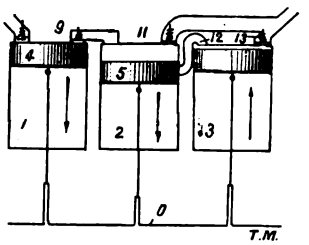
Moteur à combustion interne. — Un disque rotatif *c*, monté excentriquement sur la culasse du cylindre, comprend deux passages inclinés. Lorsque le disque tourne, l'orifice *b* du cylindre est en communication avec la conduite d'échappement *g*, ou le tuyau d'admission *f*. Le passage *ee'* servant à l'échappement, augmente de section en allant vers l'extrémité *e*, qui se trouve d'ailleurs à une plus grande distance du centre de rotation *k*, que *e'*. Les fuites sur les faces de ce distributeur sont annulées par des coussinets *h*, *h'* pressées contre le disque par des ressorts. Le coussinet *h* est chanfreiné en *m* pour éviter des trop grandes pressions entre lui et le disque et en *n* pour faciliter le passage du gaz. Le disque est creux pour éviter d'être trop chauffé. Il tourne sur des roulements à billes *k*, *l*, à demi-vitesse entraîné par un engrenage *o*. Le tout est enfermé dans un carter *q* rempli d'huile.



(*E. L. Ménagé*, Paris. Brev. angl., cl. 7, 12 et 135, n° 13135. 25.VI.13.)

Digitized by Google

Moteur à combustion interne à deux temps. — Les cylindres 2 et 3 servant respectivement à la combustion et à la détente, communiquent entre eux dès que le maximum de pression est atteint dans 2. Le cylindre 1 sert à la compression. Tous trois ont le même diamètre. Ils sont reliés au même vilebrequin *o*, l'angle entre les manivelles des cylindres 1 et 2, étant tel que le mélange est comprimé, à la pression voulue, quand le piston de 2 est à fond de course supérieur. La soupape 9 s'ouvre et le mélange est refoulé dans la chambre de combustion de 2. L'allumage se produit et quand la pression atteint son maximum, le piston du cylindre 3 étant à fond de course, le piston 5 dégage l'orifice de la communication, et les gaz passent dans le cylindre d'expansion. Les soupapes d'échappement sont commandées par cames et ne se ferment que quand les pistons sont à fin de course.



(*J. Francon*, Paris. Brev. ang., cl. 7, n° 12459. 25.V.12.)

Occlusion automatique des orifices d'admission à la fin de la course motrice dans les moteurs à quatre temps sans soupape d'admission. — Ce dispositif évite, à la fin de la course motrice, toute communication entre le cylindre contenant des gaz enflammés sous pression et la chambre d'aspiration contenant les gaz frais, de sorte que toute inflammation intempestive de ceux-ci est évitée.

Ce dispositif comprend essentiellement une bague obturatrice pouvant coulisser librement autour du cylindre, dans un logement annulaire formé autour de celui-ci.

La fig. 1 montre en coupe longitudinale un cylindre de moteur pourvu du nouveau dis-

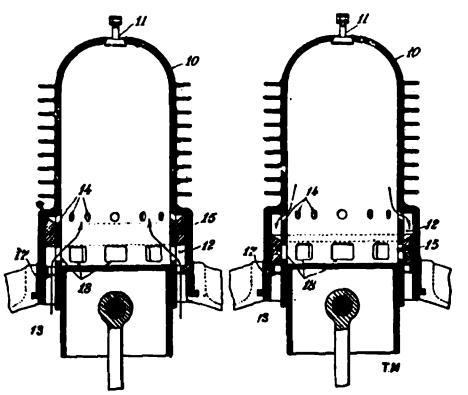


Fig. 1. Fig. 2.

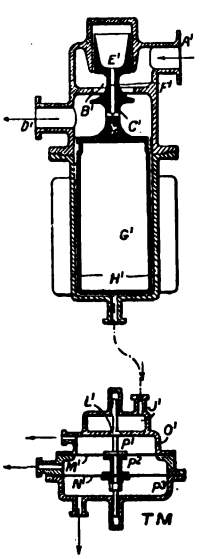
positif, à la fin de la course d'aspiration. La fig. 2 est une vue analogue montrant la position des organes à la fin de la course motrice.

Le cylindre 10 représenté fait partie d'un moteur à quatre temps comportant un nombre quelconque de cylindres. Il est pourvu d'une soupape d'échappement 11 commandée comme d'habitude. Le cylindre 10 est pourvu près du carter, d'un logement ou chambre annulaire 12 qui communique en bas avec le carter 13 formant chambre d'admission et en haut, par des ouvertures 14 avec l'intérieur du cylindre. Dans le logement 12 peut coulisser, à frottement doux, une bague obturatrice 15 dont le bord supérieur est biseauté de manière que lorsque la bague est à fond de course vers le haut, son extrémité supérieure puisse néanmoins être mise en communication avec l'intérieur du cylindre par les ouvertures 14. Le mouvement de la bague 15 vers le bas est limité par un segment élastique fendu 17 logé dans une rainure interne du cylindre. Lorsque la bague est arrêtée par ce segment de butée, elle obture les orifices d'admission 18 du cylindre.

Lorsque le piston descend pour effectuer la course d'aspiration, aucune aspiration n'a lieu effectivement et le piston produit un vide relatif dans le cylindre. La bague obturatrice 15 est repoussée par un ressort non représenté ou par la force centrifuge à la position représentée à la fig. 1, et les orifices d'admission 18 sont découverts. Quand le piston les démasque, les gaz frais du carter se précipitent dans le cylindre et le remplissent. Le piston remonte ensuite pour effectuer la compression et l'explosion a lieu. Puis le piston redescend pour effectuer la course motrice. Lorsqu'il démasque les ouvertures 15, les gaz enflammés sous pression qui remplissent le cylindre repoussent, malgré l'action du ressort ou de la force centrifuge, la bague obturatrice 15 à la position de la fig. 2 dans laquelle elle obture les orifices d'admission 18, de sorte que, lorsque le piston en continuant à descendre, démasque ces orifices, aucune communication ne peut avoir lieu entre le cylindre et la chambre d'aspiration ou carter. Ensuite la soupape d'échappement s'ouvre, le piston remonte pour chasser les gaz brûlés, la bague obturatrice reprend la position de la fig. 1 sous l'effet du ressort ou de la force centrifuge et le fonctionnement se continue ensuite de la même façon.

(*Société des Moteurs Gnome*, Paris. Brev. fr., cl. 5, n° 454325, 24.IV.12.)

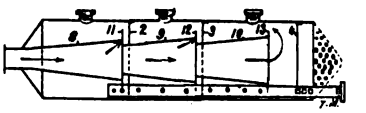
Régulateur pour éjecteur de vapeur. — Un éjecteur de vapeur muni d'un cône convergent et divergent de mélange est combiné avec un régulateur de façon que la pression p au col de la tuyère soit toujours égale à une fraction déterminée de la pression P qui existe dans l'espace où débouche la tuyère. La vapeur entrant en A_1 passe par un orifice B_1 obstrué plus ou moins par une valve C_1 et se rend ensuite à l'éjecteur par le passage D_1, après avoir subi une chute de pression qui dépend de la position de C_1. Cette valve est équilibrée par un piston E_1 dont la partie supérieure communique avec la face inférieure de G_1, par un canal F_1. Cette valve C_1, se trouve sur un flotteur G_1 mobile dans un cylindre H_1 muni d'ailettes de refroidissement.



L'eau de condensation accumulée dans le cylindre, en soulevant le flotteur, tend à fermer l'orifice B_1. Le cylindre H_1 est relié à une chambre J_1 et à une soupape L_1. De cette façon, la position de G_1 dépend de celle de L_1. La tige de L_1 est liée à deux diaphragmes M_1 et N_1 partageant le récipient O_1 en 3 parties P_1, P_2, P_3 communiquant respectivement avec la chambre de décharge, la chambre d'échappement et la gorge de la tuyère. Si la surface de M_1 est égale à 60 % de celle de M_1 on aura $p = 0{,}6$ P. En cas d'arrêt, la pression dans P_2 s'élève, la soupape L_1 descend et G_1 s'ouvre.

(*Société Anonyme pour l'Exploitation des Procédés Westinghouse-Leblanc*, Paris. Brev. angl., cl. 35 et 38, n° 8064. 3.IV.12.)

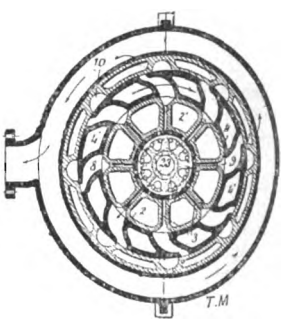
Silencieux pour moteurs à explosion. — Il se compose d'une série de chambres dans chacune desquelles se trouvent des tuyaux divergents dirigés suivant l'axe de l'appareil.



Ce silencieux est caractérisé par ce fait qu'entre les tuyaux (8, 9, 10) et les parois des chambres (11, 2, 12, 3, 13, 4...) se dévient une partie des gaz d'échappement passant par les tuyaux (8, 9, 10).

(*J. Lelarge*, Paris. Brev. all., cl. 46 *c*, n° 262984 28.IX.12.)

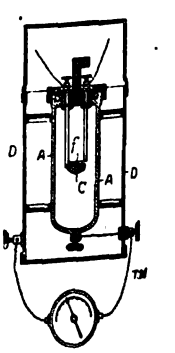
Turbine à explosion. — Le rotor cylindrique tourne entre deux corps cylindriques espacés. Cette turbine est caractérisée ainsi qu'il suit : dans le cylindre 2 se trouvent des canaux d'admission pour le mélange explosif s'évasant vers sa périphérie pour former des chambres 9. Dans le rotor se trouvent des chambres d'explosions 8 et dans le cylindre extérieur se trouvent des chambres d'échappement 10. Le rotor est d'abord mis en mouvement par l'action, sur les parois courbes des chambres 8, du mélange explosif provenant des chambres 9 et l'explosion se produit pendant cette rotation, un instant avant que les chambres d'explosion 8, ne soient en relation avec les chambres d'échappement 10, les gaz pénètrent alors dans ces chambres à une pression très élevée et agissent par réaction sur le rotor.



(*J. J. Heilmann*, Paris. Brev. all., cl. 46 *d*, n° 262 802, 22.II.11.)

PHYSIQUE

Calorimètre. — Le corps C à essayer est enflammé par un fil fin *f* et brûlé dans de l'oxygène comprimé contenu dans un cylindre en acier et forme ainsi le joint chaud d'un couple thermo-électrique, le cylindre en cuivre extérieur D formant la soudure froide. (Voir *La Technique Moderne*, t. IV, n° 8 [15 avril 1912], p. 318.)



(*C. Féry*, Paris. Brev. angl., cl. 97, n° 13270, 5.VI.12.)

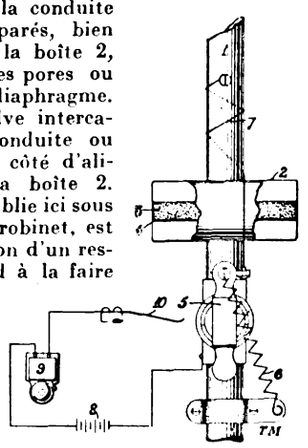
Propagation de la flamme en arrière dans les mélanges combustibles gazeux (Moyen d'empêcher la). — L'invention a pour objet d'empêcher ou d'entraver la propagation de la combustion d'un mélange explosif gazeux en arrière dans la conduite ou tuyau d'alimentation, au-delà d'un certain point.

Pour cela, la conduite est pourvue d'un dia-

Digitized by Google

phragme en matière réfractaire présentant une porosité et une perméabilité telles qu'il permet au mélange gazeux de passer à travers lui.

1 désigne la conduite, ou tuyau, par laquelle le mélange explosif gazeux est fourni au lit de matière réfractaire, 2 désigne la boîte hermétiquement close qui est interposée entre deux bouts de la conduite ou tuyau, qu'elle sert à relier, et fait partie de la canalisation qui amène le mélange gazeux au lit de matière réfractaire. Le diaphragme 3 en matière poreuse, perméable, réfractaire, est établi de la façon décrite dans le brevet antérieur Bone, Wilson et McCourt, n° 421248, en date du 8 octobre 1910. Ce diaphragme est porté par des consoles 4 assujetties à la boîte 2, à l'intérieur de cette dernière, et il est monté et fixé de façon à ce que seul le passage ouvert à l'écoulement du mélange gazeux entre les deux bouts ou section de la conduite ou tuyau séparés, bien que reliés, par la boîte 2, est à travers les pores ou interstices du diaphragme. 5 désigne la valve intercalée dans la conduite ou tuyau 1 sur le côté d'alimentation de la boîte 2. Cette valve, établie ici sous la forme d'un robinet, est soumise à l'action d'un ressort 6 qui tend à la faire tourner vers sa position de fermeture, mais est empêché de le faire par un fil fusible 7, de préférence constitué par un alliage de plomb, d'étain et d'antimoine qui peut être similaire, ou identique, à l'alliage employé dans la fabrication de ce que l'on désigne dans les industries électriques sous le nom de plomb fusible.



En tous cas, ce plomb fusible est tel que, lors d'une élévation de la température des pièces sur lesquelles il est situé, il fond. Le fil 7 est relié, par l'une de ses extrémités, avec le levier ou poignée de la valve ou robinet 5 et passe par-dessus la boîte 2, et en contact avec elle, jusqu'à la partie de la conduite ou tuyau 1, située sur le côté de sortie ou de livraison de la boîte, partie de la conduite ou tuyau à laquelle l'autre extrémité du fil est assujettie au moyen d'une vis par exemple. 8 désigne une pile électrique connectée, d'une part, au boisseau du robinet 5 et d'autre part, par l'intermédiaire d'un avertisseur 9, avec un contact 10 occupant une position telle que, quand la valve ou robinet 5 se ferme, sa poignée vient en contact avec le contact 10, de telle sorte que le circuit électrique se trouve complété et que l'avertisseur 9 fonctionne.

Le diaphragme, lorsqu'il est introduit dans la conduite ou tuyau, la valve ou robinet 5 étant ouverte et maintenue ouverte par le fil fusible 7, agit de la façon suivante pour empêcher, ou entraver, la propagation de la combustion du mélange explosif gazeux vers l'arrière au-delà d'un certain point dans la conduite ou tuyau d'alimentation. Si la vitesse à laquelle le mélange explosif gazeux est fourni au lit de matière réfractaire vient à diminuer accidentellement ou à tomber au-dessous de la vitesse à laquelle, ou au-dessous de laquelle, la propagation de flamme en arrière dans le mélange gazeux est possible, la combustion sera propagée vers l'arrière à partir du lit de matière réfractaire, le long de la conduite ou tuyau d'alimentation, vers la boîte 2 et le diaphragme 3. Lorsque la combustion atteint le diaphragme 3, la continuation de sa propagation vers l'arrière est arrêtée par le diaphragme et la combustion du mélange gazeux, passant à travers celui-ci, se produit sensiblement à l'intérieur de la couche extérieure, ou couche superficielle, de sortie du diaphragme, à la façon expliquée dans le brevet antérieur n° 421248 précité. En raison de la chaleur engendrée à l'intérieur de la boîte 2, le fil fusible 7 fondra et la valve ou robinet 5, se trouvant alors libérée, se fermera sous l'action du ressort 6, de telle sorte que l'arrivée du mélange gazeux sera interceptée, un avertissement ou indication étant en même temps donné par la fermeture du circuit électrique actionnant l'avertisseur 9.

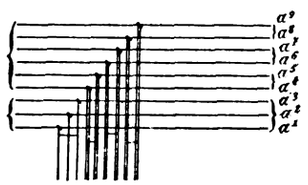
(*Bonecourt Surface Combustion Limited*, Angleterre. Brev. fr., cl. 15, n° 454066, 7.II.13.)

TEXTILE (INDUSTRIE)

Fabrication de velours à côtes pour pantalons et autres applications. – Les velours à côtes pour pantalons et autres applications qu'on fabrique actuellement sont tissés avec une seule navette, le fil de trame en coton étant en numéros fins, et le tissage comportant un grand nombre de duites 60, 70, et même jusqu'à 120 duites au quart de pouce (6 m/m 1/2); tous les fils de trame sont du même numéro.

Le procédé de fabrication du nouveau velours à côtes objet de l'invention se distingue du procédé ordinaire en ce qu'il comporte un faible duitage (25 à 30 duites au 1/4 de pouce par exemple) tout en produisant un velours qui a le même aspect que les velours à côtes fabriqués actuellement avec grand duitage ; il en résulte que la production est beaucoup plus avantageuse parce qu'elle est beaucoup plus rapide.

Fig. 1.



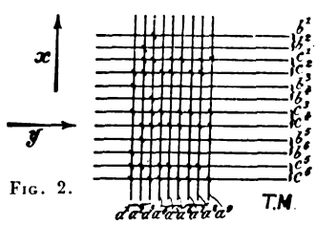


Fig. 2.

Ce résultat est obtenu grâce à une combinaison de tramage, 2 et 2, c'est-à-dire que l'on tisse dans la chaîne alternativement deux trames de fil fin, puis deux trames de fil gros, et ainsi de suite.

Les trames de fils fins (qui ne sont pas coupées) concourent avec la chaîne à former le fond du tissu, tandis que les trames de fils gros sont destinées à former les boucles émergeant du côté de l'endroit et qui seront coupées parallèlement aux lisières du tissu, pour former velours.

Les fils gros du tramage ne sont pris que par quelques fils de chaîne, espacés entre eux, suivant la largeur des côtes que l'on veut obtenir. Il se forme donc, entre les fils de chaîne espacés qui lient les gros fils de trame destinés à faire velours, des voûtes transversales aux lisières, qui permettent de passer le couteau sous ces voûtes.

Lorsque ces duites de gros fils sont ainsi coupées, et forment le côté poil du tissu, on sépare les uns des autres les fils fins qui composent ces grosses duites, en les soumettant à un cardage, ce qui sépare ces fils, lesquels forment alors velours à côtes.

Pour produire le tramage 2 à 2 avec des conduites successives de fils fins et de fils gros, qui permet d'obtenir le tissu velours d'après le procédé objet de l'invention, on fait le tissage à deux navettes sur métiers à revolver, c'est-à-dire une navette contenant une canette de coton fin, et l'autre navette contenant une canette de coton gros.

Le métier étant en marche, la navette contenant le fil fin sort du revolver, exécute sa course à droite et à gauche, et reprend sa place dans la boîte du revolver. On a donc ainsi les deux duites de fil fin. Immédiatement après, la deuxième navette, qui contient le fil gros accomplit aussi sa course à droite et à gauche, et reprend sa place dans la boîte de navette, ce qui donne les deux duites de fil gros. On a ainsi successivement deux duites de fil fin et deux duites de fil gros.

Le plan de tissage (fig. 2) montre que les trames de fils fins vont toutes se placer du côté de l'envers du tissu, se touchant côte à côte pour former le fond, tandis qu'au contraire, les gros fils se placent tous du côté de l'endroit du tissu, en se touchant également, pour pouvoir être coupés au couteau et former les côtes du velours.

Il convient de faire remarquer, et c'est là un point important, que les fils gros destinés à former les poils velours ne sont pris que par quelques fils de chaîne du fond du tissu, qui sont espacés entre eux suivant la largeur des côtes que l'on veut obtenir, de telle sorte que c'est entre ces fils de chaîne espacés que se forment, comme il a déjà été expliqué, les voûtes qui permettent le passage du couteau parallèlement aux lisières du tissu.

Les fils employés pour la fabrication de ces tissus velours peuvent être en coton, laine, soie, ou autre textile, à un bout ou à plusieurs bouts, le but de cette combinaison de tramage 2 à 2 avec deux fils de trame de différentes grosseurs étant de supprimer une grande partie des duites qui servent dans la fabrication actuelle à faire les côtes poils, et par conséquent, d'augmenter la production du tissage.

La fig. 1 représente, comme exemple, le rentrage ou lissage des fils de la chaîne dans un harnais 9 lames pour la fabrication de ce nouveau velours à tramage 2 et 2 dans les conditions ci-dessus expliquées.

Le harnais est supposé avec 9 lames : a^1, a^2, a^3 indiquent trois lames pour ligatures (une broche de peigne). a^4... a^9 indiquent 6 lames correspondant au fond envers, a^4 a^5 (1 broche de peigne), a^6 a^7 (1 broche de peigne), a^8 a^9 (1 broche de peigne).

Sur la fig. 2, on voit la disposition en plan de la ratière qui lève les lames les-lèvent. La flèche x indique le sens de la chaîne, y le sens de la trame.

On a reproduit sur ce plan les directions des trois lames a^1, a^2, a^3 pour ligature et des six lames a^4.... a^9 de fond envers. Pour le tramage, on a montré :

b^1, b^2 2, duites grosses pour fils poils les-lèvent;

c^1, c^2, 2 duites fines pour fond envers les-lèvent ;

b^3, b^4, 2 duites grosses pour fils poils les-lèvent ;

c^3, c^4, 2 duites fines pour fond envers les-lèvent ;

b^5, b^6, 2 duites grosses pour fils poils les-lèvent;

c^5, c^6, 2 duites fines pour fond envers les-lèvent.

(*Société Gérard Frères*, Vosges. Brev. fr., cl. 4, n° 455 581, 15.III.13.)

L.-V. Bournat, J. Brunswick, L.-M. et E.-G.

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

INDUSTRIELLES

Les expositions. — Contrats d'exposition. — Droits des industriels. — Responsabilité des organisateurs. — Les saisies. — Suspension des saisies. — La protection des inventeurs. — Les certificats de garantie.

Les expositions appellent le concours d'une multiplicité de personnes entre lesquelles se nouent des obligations temporaires aux aspects les plus inattendus, et la vie de ces grandes exhibitions est faite d'un véritable lacis de contrats et de concessions de toute nature. On ne saurait analyser les conditions du contrat d'exposition lui-même, variables suivant chaque règlement, mais cependant certaines obligations générales se retrouvent à la charge des organisateurs vis-à-vis des industriels. Les organisateurs doivent par exemple fournir l'emplacement prévu, faciliter le travail du personnel, sauvegarder la sécurité des personnes et des choses. De nombreuses décisions ont admis un recours contre l'Etat, ou le Comité d'exposition qui n'avaient pas procuré à l'exposant la jouissance utile de sa concession : c'est ainsi qu'un arrêté du Conseil d'Etat du 22 janvier 1905 accorde une indemnité à raison d'une fourniture imparfaite de la lumière électrique à un exposant. Mais les questions de responsabilité sont rendues très délicates par une stipulation fréquente dans les règlements d'exposition : les organisateurs y font, en effet, souvent insérer une clause générale d'exonération de toute responsabilité pour les dommages causés par le vol, les incendies, les explosions, les vices de construction. Cette clause d'irresponsabilité est-elle valable? Assurément non, en cas de vol et de faute lourde. La question serait discutable en cas de faute ordinaire, mais la jurisprudence l'a tranchée en faveur des exposants : lors de l'incendie de la section française à Chicago, en 1894, la Cour suprême des Etats-Unis rejeta la clause d'irresponsabilité opposée par le Comité d'exposition à la demande en dommages-intérêts des industriels. La jurisprudence belge admet la validité absolue de la clause d'irresponsabilité. Mais la Cour de Cassation française s'est prononcée d'une façon formelle contre cette stipulation si onéreuse pour l'industrie. A propos d'une exposition à Montpellier et des avaries survenues à plusieurs exposants, la Cour déclara, le 31 décembre 1910 « qu'en matière de contrat d'exposition, bien que le règlement auquel les exposants ont adhéré contienne au profit de la ville où l'exposition a lieu une clause de non garantie pour tous les accidents pouvant atteindre les objets exposés, quelles qu'en fussent les causes, la ville ne saurait exciper de cette clause pour échapper à la responsabilité des fautes commises par le Commissaire général et l'entrepreneur de l'exposition ».

Les difficultés relatives aux saisies dans le local des expositions sont du plus grand intérêt pratique. La saisie des objets exposés est possible sans qu'on puisse objecter que l'exposition est constituée en entrepôt réel ou que les marchandises voyagent en transit, car ce ne sont là que des faveurs d'ordre fiscal. Les créanciers de l'organisateur ne peuvent pas saisir ; on s'en était inquiété lors de l'exposition de Philadelphie en 1876, lorsqu'on redoutait la faillite de la société organisatrice; mais l'organisateur n'ayant aucun droit sur les biens exposés, ses créanciers ne peuvent pas agir. Les créanciers de l'exposant peuvent au contraire saisir, car ils ont un droit général sur tout le patrimoine de leur débiteur et les objets d'exposition peuvent en constituer la part la plus précieuse. Mais il semble que la saisie doive se borner aux opérations d'inventaire et de description ; l'appréhension et la vente des objets nous paraissent inadmissibles, car elles porteraient atteinte aux droits des organisateurs qui ont accueilli les objets en vue d'une exhibition d'une durée déterminée. Leur droit éminent pourrait leur permettre de s'adresser à la juridiction des référés pour suspendre les effets d'une saisie qui va à l'encontre du but de l'exposition. La saisie-arrêt n'est pas possible non plus entre les mains des administrateurs de l'exposition. Le Tribunal de la Seine remarque, dans un jugement du 8 novembre 1900 que les « objets n'ont pas cessé d'être en la possession des exposants » et qu'ainsi l'administration ne peut pas être atteinte par la saisie-arrêt comme tiers détenteur. Toutes les autres formes de la saisie sont possibles et notamment la saisie-description pour contrefaçon, l'une des plus fréquentes.

Et ceci nous amène à examiner le régime tout particulier institué au profit des inventeurs et créateurs de marque pendant la durée des expositions. Ces grandes fêtes de l'industrie donnent aux inventeurs l'occasion de faire connaître leurs découvertes : cette vaste publicité peut lancer une idée, attirer la clientèle, susciter des concours financiers. Mais l'inventeur va-t-il être obligé de se faire breveter avant l'ouverture de l'exposition pour éviter que son invention ne soit défloree par la vulgarisation et par conséquent non brevetable? C'est alors s'engager dans un mécanisme compliqué, coûteux pour certains. Et puis aussi cette invention ne peut être qu'un essai pour lequel l'exposition va justement être la pierre de touche du succès. Pour solutionner cette situation antithétique, la Convention internationale de Paris de 1883 contenait un engagement réciproque des nations d'organiser une protection temporaire ; notre loi du 13 avril 1908 a satisfait à ce vœu : les exposants qui veulent jouir de la protection temporaire établissent une description de leur invention, retirent une attestation descriptive auprès du Commissaire général, constatant que les objets sont réellement exposés, puis ils forment une demande de certificat de garantie adressée à l'Office national de la Propriété Industrielle. Ce certificat de garantie assure aux inventeurs, pendant douze mois, à partir de l'ouverture officielle de l'exposition, les mêmes droits que le dépôt légal d'une demande : ils sont protégés contre la contrefaçon, mais, pour exercer un droit de poursuite, ils doivent prendre un brevet. Il y a lieu de remarquer que ce délai de douze mois permettra bien de prendre un brevet dont la date rétroagira à celle de la demande du certificat, mais que ce délai ne peut pas se cumuler avec le délai de priorité de douze mois accordé par la Convention d'Union pour former des demandes dans les pays étrangers. Notons, en pratique, qu'avant chaque exposition, la ministère du commerce fait paraître un décret indiquant la date ultime jusqu'à laquelle peut se produire la demande de certificat en garantie ; pour le salon de l'automobile, un arrêté ministériel du 10 juillet 1913 et un avis paru dans le *Bulletin officiel de la Propriété industrielle* le 4 septembre 1913, nous font connaître que les intéressés doivent déposer leur demande avant la clôture. Pour l'exposition internationale de Gand, le décret du 29 octobre 1912 indique que la demande peut être déposée dans les trois mois de l'ouverture officielle. Pour l'exposition de Lyon, la demande sera adressée à la Préfecture du Rhône et avant la clôture de l'exposition. Ainsi, le certificat de garantie constitue une sorte de brevet provisoire que l'on confirme ou que l'on abandonne selon le succès de l'idée qui vient d'être lancée ; la critique de l'exposition dira si c'est simplement une curiosité intéressante ou bien si c'est une force qui doit fructifier sous le couvert du monopole.

Marcel PLAISANT,
Avocat à la Cour de Paris.

Décrets relatifs à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs.

Un décret du 10 juillet 1913 a modifié le décret du 29 novembre 1904 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs. Ce décret tient compte de la loi du 26 novembre 1912 sur la codification des lois ouvrières et de la loi du 31 décembre 1912 qui l'a modifiée (1).

Le décret du 10 juillet 1913 n'apporte à celui du 29 novembre 1904, que les modifications de fond exigées par l'application des dispositions de la loi du 31 décembre 1912. Il en supprime les prescriptions passées dans le Code.

Les quelques remaniements apportés aux autres dispositions ont pour but de scinder certains alinéas ou certaines phrases, afin de permettre de prévoir, le cas échéant, un délai minimum différent pour les mises en demeure fondées sur les prescriptions distinctes contenues antérieurement dans le même alinéa ou dans la même phrase.

L'article 21 du nouveau décret fixe, pour chaque prescription du décret, le délai minimum à prévoir pour l'exécution des mises en demeure.

Dans la fixation de ce minimum, il a été à la fois tenu compte, d'une part, de la plus ou moins grande facilité avec laquelle satisfaction peut être donnée à la mise en demeure, et, d'autre part, de l'urgence que peut présenter, dans l'intérêt des ouvriers, l'exécution de cette mise en demeure.

Le Ministre du Travail rappelle d'ailleurs que les délais fixés par l'article 21 sont des délais minima ; qu'ils ne doivent pas être interprétés comme représentant le délai raisonnable à accorder dans tous les cas ; sans pouvoir descendre au-dessous du minimum fixé, ce délai raisonnable doit être déterminé dans chaque espèce, en tenant compte des circonstances, par les inspecteurs du travail et, en cas de réclamation des intéressés, par le Ministre.

Un autre décret du 1er octobre 1913, porte réglementation d'administration publique pour l'exécution des dispositions du Livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale (titre II: Hygiène et sécurité des travailleurs), en ce qui concerne les mesures particulières d'hygiène applicables dans les industries où le personnel est exposé à l'intoxication saturnine.

P. B.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 4 (15 février 1913), p. 160.

Le Gérant : E. PINAT.

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

CINQUIÈME ANNÉE (2e Semestre). — Tome VII. — N° 12. 15 DÉCEMBRE 1913

La Technique Moderne

MINES

LES MINES DE FER EN LORRAINE FRANÇAISE

Sommaire. — *Le gisement ferrifère de Meurthe-et-Moselle a pris une situation prépondérante en France, et très importante dans la sidérurgie mondiale. — Bibliographie sommaire. — Situation géographique et géologique. — Historique de la mise en valeur de ce gisement : découverte et conséquences de la mise en valeur du bassin de Briey. — Causes et résultats de cette mise en valeur. — Evaluation du tonnage disponible et comparaison avec celui des prolongements du gîte en Lorraine allemande et Luxembourg. — Régions consommatrices et importance de leur consommation.*

Importance du gisement ferrifère lorrain.

La possession de réserves abondantes de minerai de fer est actuellement une des plus grandes préoccupations des nations industrielles, et l'on sait notamment quelle ténacité les Allemands mettent dans la recherche et la possession de gîtes ferrifères de toutes sortes soit dans le Zollverein, soit au dehors.

La France, plus que médiocrement pourvue en minerais riches, avait des réserves importantes de minerais à moins de 40 % qui, peu utilisables autrefois, constituent maintenant, grâce aux progrès de la technique et à l'amélioration des conditions de transport, sa principale richesse minérale.

Dans son rapport du Congrès géologique de Stockholm en 1910, M. Nicou estime à 3 500 000 000 de t les réserves de minerai de fer de la France et de 100 à 150 000 000 de t celles de ses possessions de l'Algérie et de Tunisie (1).

Les minerais de Lorraine entrent à eux seuls pour 3 000 000 000 de tonnes dans ce total et au cours de l'année 1912, ils ont fourni 17 160 000 t sur une production globale de 18 800 000 t pour la France continentale, c'est-à-dire 91 %.

A côté de la formidable production américaine qui dépasse 50 000 000 de t, du Zollverein (Allemagne et Luxembourg) qui atteint 30 000 000 de t, et de l'Angleterre qui dépasse 15 000 000 de t, la France commence donc, grâce à Meurthe-et-Moselle, à compter dans la production mondiale du minerai de fer.

Il y a peu d'années encore, elle importait des minerais de fer ; elle est devenue, par les efforts des métallurgistes lorrains, un exportateur important : en 1912, l'excédent des importations sur les exportations se montait en effet à 1 140 000 t; le montant des exportations a atteint 6 864 000 t, dont 6 412 000 t fournies par Meurthe-et-Moselle, soit la presque totalité.

Ces quelques chiffres montrent la singulière importance qu'a pris le minerai lorrain en France et celle qu'il commence à avoir sur le marché mondial. Mais, fait plus significatif encore, ce ne sont pas seulement les marchés belges et allemands tout voisins qui ont absorbé en 1912 comme au cours des dernières années, la totalité du minerai lorrain exporté en 1912, car 24 000 t de ce minerai ont été expédiées en Angleterre au cours de cette année. Ce trafic nouveau va se développer malgré les 500 kilomètres de voies ferrées à parcourir pour atteindre Dunkerque ou Calais, et on peut évaluer à 75 000 t les quantités qui seront expédiées en 1913.

Le but de cette courte étude étant d'exposer succinctement les conditions actuelles et les causes du rapide développement des mines de fer de la Lorraine française, nous renvoyons le lecteur désireux d'une documentation plus complète aux ouvrages et études qui décrivent ce riche bassin, dont nous donnons en note une bibliographie sommaire (1).

(1) P. Nicou : *Les Ressources de la France en Minerai de fer*, Paris, 1911.

(1) On trouvera dans l'ouvrage de M. Henri Joly : *Le Jurassique inférieur et moyen de la bordure Nord-Est du bassin de Paris*, une bibliographie très complète indiquant toutes les études scientifiques et géologiques ayant trait à la question, à laquelle nous renvoyons pour le surplus les principaux ouvrages à consulter :

Braconnier M. A. *Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle*, Nancy-Paris, 1883.

Bailly. *L'exploitation du minerai de fer oolithique de la Lorraine.* Annales des Mines, janvier 1903.

Bulletins de la Chambre de Commerce de Meurthe-et-Moselle (Mensuel).

Bulletins de la Société Industrielle de l'Est à Nancy (et ses conférences) (Mensuel).

Bulletins et publications du Comité des Forges de France. (Périodique).

Bulletins et Publications du Comité Central des Houillères. (Périodique).

Cousin. *Notice sur l'Industrie minérale*, Extrait de Nancy et la Lorraine. 1886.

Diétrich (de). *Gîtes de minerais et bouches à feu de la Lorraine en* 1785.

Gréau. *Le fer en Lorraine*, publié par la Chambre de Commerce de Meurthe-et-Moselle, 1908.

Guillain Armand. Etude parue dans la *Revue de Métallurgie*, 1912.

Kolhmann W. *Die Minette-Formation Deutsch Lothringens*, nordlich der Fentsch. Stahl und Eisen, Dusseldorf, 1898.

Kolhmann W. *Die Minette Ablagerung des Lothringischen Jura. Stahl und Eisen*, Düsseldorf, 1902.

Laur F. *Le Bassin ferrifère de Briey*, 1901.

Laurent. *Industrie métallurgique. Conférence au Musée Social*, 13 février 1912.

Nicou P. *Les Ressources de la France en minerais de fer*, Paris, 1911.

Rolland G. *Des gisements de minerai de fer oolithique de l'arrondissement de Briey (M.-et-M.) et de leur mode de formation. Comptes-*

Digitized by Google

Situation et nature. — Historique.

Le gisement de minerai de fer hydroxydé oolithique du Lias supérieur, s'étend, sans interruption, géologiquement et stratigraphiquement parlant, sur plus de 100 km du sud au nord, affleurant le long des vallées de la Meurthe et de la Moselle et plongeant sous les plateaux qui s'étendent à l'Ouest, depuis Sion Vaudemont et Pont-Saint-Vincent au Sud jusqu'au Nord dans le grand duché de Luxembourg, où son affleurement s'infléchit vers l'Ouest et pénètre jusqu'en Belgique, où il disparaît avec les coteaux du Lias qui meurent un peu au-delà des frontières.

La carte (1) donnée page 419 (fig. 1) permet de se rendre compte de cette disposition.

Traversant la Lorraine annexée et l'Allemagne et se prolongeant en Luxembourg et en Belgique, le gîte appartient à quatre pays, mais c'est la France qui, malgré l'annexion à l'Allemagne d'une partie de la Lorraine, en a gardé la meilleure part.

Le minerai se rencontre au toit du toarcien, au contact des assises plutôt argileuses et en pente douce du sommet du Lias et des abrupts massifs calcaires de la base du jurassique, dont la différence d'aspect et d'aptitude culturales constitue une des caractéristiques du paysage lorrain. Il se trouve, en effet, exactement au changement de pente qui se marque entre le plan incliné cultivé qui s'élève du fond des vallées, et les falaises, impropres à la culture et couvertes de broussailles et de bois, qui surmontent cette pente douce, en sorte que, généralement, l'affleurement se trouve vers la lisière des bois.

Tous ces terrains s'enfoncent vers le centre du Bassin de Paris avec un pendage moyen de 10 à 15 mm par m, et le gîte se trouve rapidement à une assez grande profondeur quand on s'éloigne des affleurements vers l'Ouest.

Il est inexploitable et industriellement inexistant sur 16 kilomètres depuis Belleville jusqu'à Pagny-sur-Moselle au contact de la frontière allemande, c'est-à-dire justement sur le passage de l'anticlinal houiller de Sarrebruck.

Il se trouve ainsi partagé, au point de vue de l'exploitation, en deux bassins : celui de Nancy au Sud, et au Nord l'ancien bassin de la Moselle avec ses prolongements luxembourgeois et belge.

Jusque vers le milieu du XIX^e siècle, le minerai oolithique du lias fut délaissé, malgré la facilité de son exploitation et l'obligation coûteuse de laver les autres minerais dits de « fer fort » exploités un peu partout en Lorraine ; on l'appelait dédaigneusement « minette » et le nom lui est resté. La fonte qu'il donne est phosphoreuse et son utilisation ne devint guère possible pour la fabrication du fer qu'après l'introduction du puddlage anglais.

L'industrie sidérurgique ne pouvait guère en effet traiter jusqu'alors que des minerais exempts de phosphore.

La Lorraine possédait quelques gîtes de cette qualité constitués par des amas dits de « minerai de fer fort » que de Diétrich décrit dans son rapport de 1785 : « Les gîtes de minerai et les bouches à feu de Lorraine ».

Les principales de ces minières étaient : dans le bailliage de Villers-la-Montagne, Saint-Pancré, Tellancourt, Frenoy, Gorcy, Cussigny près de Longwy et, plus à l'Est : Audun, Aumetz et Ottange (actuellement en Lorraine annexée). De Diétrich cite aussi dans le bailliage de Briey : Rosselange, Rombas, Moyeuvre, maintenant annexées, mais il semble que ces exploitations devaient déjà avoir pour objet quelques bancs particulièrement riches et purs du gisement oolithique de la Minette.

Certaines de ces exploitations, notamment celle de Saint-Pancré et du plateau d'Aumetz, restèrent jusque vers 1870 très importantes pour l'époque. Elles furent le berceau du district métallurgique de Longwy.

Il y avait bien aussi autour de Nancy, sur le Plateau de Haye et sur les collines de Bouxières et environs, de petites poches de minerai en grain analogues, mais elles étaient très exiguës et furent épuisées dès le moyen âge. On a exploité aussi parfois par galeries certains bancs plus riches et plus purs de gisement oolithique, comme le témoignent les anciens travaux retrouvés par les exploitations actuelles du Val de Fer à Chavigny, de Ludre et de Messein et il semble que les anciens fourneaux de Sexey-aux-Forges, de Chavigny, de Ludres et du Val Saint-Thiébaut, autour du plateau de Haye, de la forêt de Puvenelle et Bois Greney près de Pont-à-Mousson, devaient en consommer.

Il en a été de même dans la vallée de Coulmy et probablement à la Côte Rouge, près de Longwy.

L'exploitation régulière du minerai oolithique lorrain (la minette) date de l'institution, en 1834, des concessions de Moyeuvre et d'Hayange sur des affleurements maintenant en Lorraine allemande du bassin actuel de Briey. Elle répondait aux besoins croissants de minerai de la Maison de Wendel, à laquelle revient ainsi l'honneur de la première utilisation industrielle de la minette Lorraine, et dont le développement et la puissance vont marcher de pair avec celui du bassin.

Les premières concessions du district de Longwy, celles de Coulmy, 62 Ha et de Chatelet 6 Ha, maintenant épuisées, datent de 1844. Leur minerai commençait à alimenter, vers 1°46, concurremment avec du minerai de fer fort, les fourneaux de Gorcy, d'Herserange et de Moulaine. Vinrent ensuite les concessions de Romain en 1848, puis de Warnimont en 1857.

La première concession du Bassin de Nancy, celle de Champigneulles, fut octroyée le 3 août 1848, mais les premières études de l'inventeur du gîte, M. Vincent-Lamy, remontent en 1841, et dès 1846 une Société créée par lui entreprenait les premiers travaux d'exploitation et de construction d'un haut-fourneau mis à feu en août 1846. Peu après sont octroyées les concessions de Chavigny, en 1856, de Marbache et Frouard, en 1858.

Puis progressivement les affleurements furent reconnus et concédés de proche en proche et les bassins du Nord (district de Longwy, Thionville, Metz) et du Sud (région de Nancy) se trouvèrent constitués dans leurs grandes lignes.

Pendant longtemps, la Minette ne fut utilisée que dans les usines dénaturant elles-mêmes leurs fontes, obtenues réellement ou prétenduement, avec un mélange de minerai de fer fort.

La fonte obtenue, soit avec le minerai de fer fort seul, soit par un mélange de celui-ci avec la minette, était en effet préféré. Les usines usant du privilège que leur donnaient les articles 59 à 70 de la loi des Mines, maintenant abrogés, de s'alimenter par préférence à tous autres auprès des minières de minerai d'alluvion de la région, se faisaient répartir tout le disponible de minerais de fer fort extrait; mais, vu sa rareté croissante, elles en vinrent peu à peu à n'en plus rechercher que pour la forme et pour pouvoir placer plus facilement leur fonte, et enfin quand la fonte de

---

rendus du Congrès géologique international. VIII^e, session, Paris 1901.

Rapports *des Ingénieurs des Mines aux Conseils généraux* (Annuel).

La Revue Industrielle de l'Est, Nancy. (Hebdomadaire).

Rapport *général de l'Exposition internationale de l'Est de la France,* en 1909.

R. Pinot. *L'Industrie métallurgique.* Bibliothèque de « France Univers » « Les grandes Industries Française », 1913.

Schmidt. *Le gisement de fer du bassin de Briey et de la Lorraine allemande.* Revue Universelle des Mines, 1901.

Simon N. *Description géologique de la formation ferrugineuse du bassin de Longwy, Briey, Esch et de la Moselle,* Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, t. I, p. 1329-1887.

Statistique de l'Industrie minérale (Ministère des Travaux publics) (Annuel).

Villain. *Conférence sur le gisement des minerais de fer en Meurthe-et-Moselle.* Revue industrielle de l'Est, 1^er juillet 1900.

Villain. *Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine,* Annales des mines, 1902.

(1) Carte extraite du dossier du Consortium des Sociétés Lorraines de Charbonnages réunies en 1907 et mise à jour fin 1913.

Digitized by Google

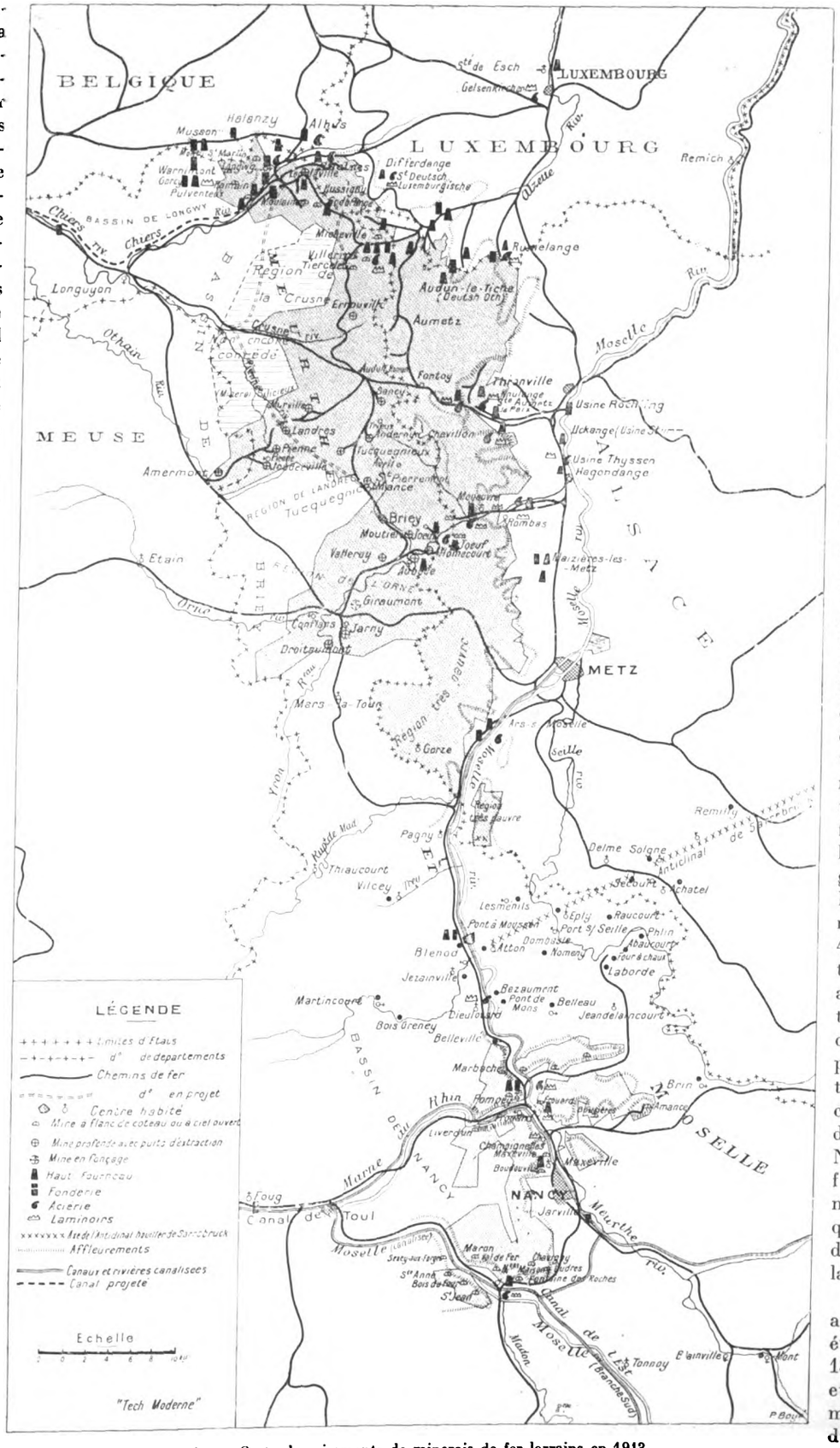
minette eut conquis le marché, elles consommèrent les derniers stocks et on abandonna les minières de fer fort épuisées.

La fonte de minette ne commença qu'après 1886 à entrer dans le commerce et à pénétrer lentement dans les autres centres métallurgiques de Champagne, des Ardennes et ensuite du Nord. Ses débuts furent très difficiles, même dans les fonderies, où l'on disait qu'un seul wagon de cette fonte suffirait à gâter tout un train de fonte anglaise à laquelle on la mélangerait.

Toutefois, la crise survenue à la suite des traités de commerce de 1860, a facilité son introduction, par la nécessité où l'on s'est trouvé d'abaisser le prix de revient des produits métallurgiques en employant de plus en plus du minerai abondant et à bon marché.

De 1859 à 1869, la fonte de minette, fondue au coke, de Meurthe-et-Moselle, se substitue à la fonte au bois dans toute la région de l'Est, où l'on abandonne les anciennes minières de fer fort pour ne plus exploiter que la minette.

Presque insignifiante en 1834 et ne représentant encore en 1860 que le neuvième de celle de la France entière, la production lorraine de minerai de fer en atteint déjà près de 50 %, au moment de la guerre franco-allemande, ainsi que le montre le tableau ci-après (p. 420) qui donne, en même temps, la valeur moyenne des minerais français et les productions comparées de fonte en Lorraine et dans la France entière.


BELGIQUE
LUXEMBOURG
MEUSE
METZ
NANCY
Longuyon
Briey
Thionville
Audun-le-Tiche
Aumetz
Rumelange
Differdange
Esch
Pont-à-Mousson
Dombasle
Nomeny
Atton
Blénod
Pagny
Thiaucourt
Vilcey
Martincourt
Bezaumont
Belleau
Jeandelaincourt
Marbache
Maxeville
Jarville
Toul
Canal de l'Est
Tonnay
Chavigny
Maron
Sexey-aux-Forges
Laxou
Homécourt
Joeuf
Auboué
Moyeuvre
Hayange
Usine Thyssen Hagendange
Usine Rochling
Ottange
Rumelange
Differdange
Esch
Remich
Mersch
Ettelbruck
Diekirch
Wiltz
Clervaux
Vianden
Echternach
Grevenmacher
Luxembourg
Mondorf
Capellen
Esch-sur-Alzette
Pétange
Rodange
Arlon
Virton
Florenville
Montmédy
Longwy
Audun-le-Roman
Villerupt
Tiercelet
Mont-St-Martin
Longlaville
Herserange
Mont-St-Martin
Landres
Tucquegnieux
Pierrepont
Mance
Chambley
Conflans
Jarny
Mars-la-Tour
Gorze
Ars-sur-Moselle
Novéant
Corny
Frouard
Pont-St-Vincent
Custines
Malzéville
Champigneulles
Maxéville
Nancy
Laxou
Houdemont
Vandœuvre
Villers-lès-Nancy
Brin
Pompey
Liverdun
Foug
Marbache
Belleville
Bois d'Ureney
Jezainville
Lesmenils
Eply
Raucourt
Port-sur-Seille
Phlin
Abaucourt
Laborde
Jeandelaincourt
Delme
Solgne
Secourt
Château-Salins
Remilly
Faulquemont
Pontpierre
Dieuze
Morhange
Sarrebourg
Sarralbe
Sarreguemines
Forbach
Saint-Avold
Boulay
Thionville
Hagondange
Maizières-les-Metz
Woippy
Metz
Rombas
Amermont
Etain
Orne
Othain
Chiers
Crusnes
Alzette
Moselle
Seille
Nied
Rhin
Marne
Meurthe
Canal de la Marne au Rhin
Canal de la Moselle
Canal de l'Est (Branche Sud)
Canal de la Meurthe
Canal de Toul
Canal de la Marne au Rhin (Branche Est)
Canal de la Moselle (Canalisée)
Canal de la Meurthe (Canalisée)
Canal de la Marne au Rhin (Canalisée

tout son essor à l'exploitation du gîte de minette, aussi bien en France que dans le Zollverein (Luxembourg et Lorraine annexée) et en Belgique. Elle permettait en effet de produire de l'acier au convertisseur avec la fonte phosphoreuse dans des conditions économiques meilleures que par le procédé « Bessemer » qui ne s'applique qu'aux fontes de minerais purs particulièrement rares en France.

Dates	MINERAI M.-et-M.	MINERAI France	Prix moyen en France	FONTE M.-et-M.	FONTE France
1834	39 585 t	785 724 t	7 fr	13 585 t	269 063 t
1840	81 090	994 674	7 40	23 739	403 000
1850	110 000	1 077 000	6 21	36 955	405 653
1860	330 900	3 033 000	4 64	102 542	898 353
1869	1 479 396	3 130 000	4 20	420 430	1 380 965

Les métallurgistes lorrains, soutenus par les Banques locales, qui méritent à bon droit d'être citées comme modèles, — non seulement réparèrent les pertes de la guerre, mais, grâce surtout à la découverte du Bassin de Briey, développèrent un centre minier et métallurgique prépondérant en France, comme le montre le tableau suivant :

Dates	MINERAI M.-et-M.	MINERAI France	FONTE M.-et-M.	FONTE France	FER ET ACIER (1) M.-et-M.	FER ET ACIER (1) France
1872	1 009 161	2 781 000	224 202	1 217 838	8 000	1 025 000
1882	2 159 535	3 467 251	716 043	2 039 067	49 000	1 531 000
1892	2 928 478	3 706 748	1 213 143	2 057 258	257 000	1 654 000
1902	4 129 082	5 003 782	1 561 480	2 404 974	742 000	2 207 000
1912	14 370 858	18 810 000	3 402 672	4 949 000	2 223 000	4 404 000

Progressif jusqu'en 1902, le développement de l'industrie minière et sidérurgique prend brusquement à partir de cette date une allure telle qu'en Meurthe-et-Moselle la production de minerai est plus que triplée et celle des fontes de l'acier plus que doublée. Nous verrons que cette avance est due à l'entrée en ligne du bassin de Briey, auquel la Lorraine et la France sont exclusivement redevables de l'accroissement total de leurs productions, car les autres centres sidérurgiques n'ont augmenté leurs productions que grâce aux minerais, à la fonte et à l'acier lorrains.

Jusqu'en 1870, des faits nombreux observés dans les exploitations des bassins de Longwy et de Nancy avaient fait croire que le minerai oolithique n'était exploitable que dans certaines régions voisines des affleurements et perdait en richesse et en qualité en s'enfonçant vers l'Ouest sous les plateaux, d'où la théorie dite des affleurements, émise par l'ingénieur des Mines du district, M. Braconnier, dans maintes publications, et heureusement admise par les géologues allemands dans le tracé de la frontière. D'ailleurs, la pauvreté relative et la faible valeur marchande du minerai lorrain, jointes à la nature très aquifère des calcaires qui le recouvrent et qu'il aurait fallu traverser, avaient jusque-là écarté l'idée de le rechercher et de l'exploiter par puits sous le niveau des eaux souterraines ; toutes les exploitations se faisaient donc par des galeries ouvertes à flanc de coteau le long des vallées et vallons secondaires.

Aussi, après la perte de la Lorraine annexée, on ne rechercha le minerai, dans la partie restée française, que dans quelques ilôts du gîte, relevés par des failles le long de la nouvelle frontière près de Moyeuvre, où fut instituée en 1874 la concession du Bois de Briey de 133 Ha, à l'Est et au Sud-Est d'Avril, où furent données en 1882 et 1883 les concessions du Bois d'Avril et de Fillières la Grange. D'autres recherches faites en 1882 et 1883 vers Avril et près de Sancy-Trieux, par sondages mal observés, firent conclure plus que jamais à l'appauvrissement de la formation ferrugineuse à mesure qu'on avançait vers l'Ouest.

Cependant, à la suite d'études faites des deux côtés de la frontière, par son Directeur, M. Victor Sepulchre, l'inventeur du bassin de Briey, la Société de Vezin-Aulnoye, convaincue de la fausseté de la théorie des affleurements, avait, dès 1882, commencé à Jœuf et à Homécourt, très au large des anciens affleurements, des recherches qui aboutirent à la découverte à une centaine de mètres, sous le niveau de la vallée de l'Orne, d'un gîte riche et puissant (1) et à une campagne d'exploration, encouragée et dirigée par l'Ingénieur des Mines, M. Genreau, avait été aussitôt aigement entreprise.

Les premières concessions d'Homécourt, Auboué et Moutiers furent instituées le 11 août 1884 en faveur de ces trois Sociétés.

De 1884 à 1889, 17 concessions furent instituées sur plus de 15 000 hectares, d'un gîte remarquable par la puissance et la régularité des couches, la richesse et la qualité des minerais. Rompant avec une tradition qui limitait strictement aux besoins justifiés l'octroi et l'étendue des concessions, M. Genreau n'avait pas hésité à proposer, et avait obtenu d'une administration supérieure éclairée, l'institution de concessions beaucoup plus importantes que précédemment.

La richesse minière perdue par la guerre était reconstituée. Telles furent l'origine et la première étape du développement du bassin de Briey, dont cette première portion porte plus particulièrement le nom de bassin de l'Orne, du nom de la rivière qui le traverse.

De 1894 à 1902, il s'accrut de plus de 20 000 hectares de concessions nouvelles sous les successeurs de M. Genreau, s'inspirant de la même ampleur de vues, MM. Cousin et Villain. Ce dernier a en outre si magistralement mis en lumière, par ses études, la nature, la consistance et la valeur du bassin. On donne plus particulièrement à cette zone le nom de « Bassins de Tucquegnieux et de Landres. »

De nouvelles recherches, entreprises tout récemment, étendirent encore la reconnaissance du bassin qui renferme maintenant quarante-cinq concessions couvrant 40 000 hectares, et se rattache sans solution de continuité avec le bassin de Longwy.

Mais le gîte reconnu s'étend encore au-delà sur plusieurs milliers d'hectares, traversés par la vallée de la Crusne, qui donne déjà son nom à ce futur district.

Richesses, productions et débouchés.

L'étude et la mise en valeur du bassin de Longwy et de Nancy étaient poursuivies pendant ce temps avec la même persévérance et avaient permis de les reconnaître et délimiter complètement.

Tous ces travaux et leurs résultats ont fourni les éléments d'une évaluation méthodique très suffisamment approchée des tonnages disponibles.

Le service des mines a pu les utiliser pour estimer la valeur et le tonnage des quantités de minerais exploitables actuellement reconnus dans le gisement lorrain.

(1) Il s'agit de la production de massiaux de fer et de lingots d'acier. Les chiffres relatifs à la France entière sont ceux du métal ouvré pour 1872 et 1882. Les tonnages respectifs de fer et d'acier sont les suivants à partir de l'année 1888 où le département de Meurthe-et-Moselle commence à produire de l'acier; ces chiffres montrent la part prépondérante de l'acier.

	FER M.-ET-M	FER FRANCE	ACIER M.-ET-M.	ACIER FRANCE
1888	42 400	817 000	152 000	592 000
1892	47 400	828 500	209 800	825 400
1902	32 600	639 600	719 600	1 568 000
1912	31 600	—	2 191 000	—

(1) Confiante dans le succès de ses recherches, la Société de Vezin-Aulnoye avait aussi, dès 1882, commencé les acquisitions de terrains pour une usine et déposé, le 17 février 1883, sa demande en concessions de la mine d'Homécourt, suivie les 17 et 22 avril de celles des Sociétés de Gorcy et de Pont-à-Mousson sur des territoires voisins.

Informé dès sa nomination à Nancy par M. Victor Sepulchre des recherches qu'allait faire sa Société et de ses espérances, M. Genreau, Ingénieur en Chef des Mines, étudia la question avec lui, partageant ses espérances. Provoquant et encourageant de nouvelles recherches, il dirigea méthodiquement une fructueuse campagne d'exploration, espaçant les sondages pour éviter les concurrences, et les échelonnant jusqu'à 32 kilomètres de la nouvelle frontière franco-allemande.

Digitized by Google

La situation à ce jour peut se résumer dans le tableau suivant :

Bassins	CONCESSIONS Nombre	CONCESSIONS Hectares	RÉSERVE DE MINERAI Hectares reconnus non concédés	RÉSERVE DE MINERAI Au 1er janvier 1913 (1)
Longwy	24	8 000	500 à 1 000	254 000 000
Briey	45	40 000	9 000 à 10 000	2 389 000 000
Nancy	44	18 000	1 500 à 2 000	177 000 000
Totaux	113	66 000	11 000 à 13 000	2 820 000 000

Voici, à titre de comparaison, l'étendue du gisement dans les pays voisins, où il est entièrement reconnu et concédé, sa capacité de production et les disponibilités en minerai exploitable :

PAYS	HA. DE GITE	RÉSERVE DE MINERAI EN MILLIONS DE T	PRODUCTION de 1911	PRODUCTION de 1912
Belgique	300	35 (2)	48 000 t	78 000 t
Luxembourg	3 700	250	6 060 000	6 534 000
Lor. annexée	43 000	1 770	17 774 000	20 050 000
Totaux...	47 000	env. 2 055	23 882 000	26 662 000

Très avantagée quant à la surface et au tonnage disponible, la France l'est plus encore par la qualité de son minerai, ce qui explique la faveur croissante de celui-ci sur les marchés belge et allemand.

Le gîte belge est insignifiant. Le Luxembourg est en décroissance depuis 1907, où il a atteint la production maximum de 7 491 000 t. La Lorraine allemande avait encore 1 830 000 000 t en 1910 (3), sur lesquelles 320 000 000 t situées dans la partie méridionale du bassin sont très siliceux et difficilement utilisables, et une partie du restant est en-dessous de la limite de richesse admise dans les évaluations françaises.

Les bassins de Longwy et Nancy, arrivés à leur maximum de développement, sont maintenant à la veille d'un déclin progressif, ralenti pour quelques années encore par la mise en exploitation de quelques concessions restées vierges jusqu'ici.

Celui de Briey, dont la mise à fruit a été retardée par des difficultés techniques et financières dues à la profondeur du gîte et au coût des installations, n'aura mis que 20 ans pour arriver aux 20 000 000 t qu'il produira dans cinq ans, et pourra soutenir ce débit pendant un siècle encore.

Le tableau suivant donne de cinq en cinq ans les tonnages respectifs des trois bassins dans les 20 dernières années et la comparaison avec la production française :

ANNÉES	NANCY	LONGWY	BRIEY	TOTAL	FRANCE
1892	1 406 000	1 522 000		2 928 000	3 707 000
1897	1 656 000	2 09 000	66 000	3 8.6 000	4 582 000
1902	1 451 000	1 879 000	800 000	4 129 000	5 004 000
1907	1 942 000	2 729 000	4 152 000	8 883 000	10 008 000
1912	1 974 000	2 698 000	12 609 000	17 371 000	18 800 000
1er sem. 1913	978 000	1 391 000	7 419 000	9 788 000	(4)

L'accroissement de la production française au cours de ces dernières années a donc été à peu près uniquement le fait du développement du bassin de Meurthe-et-Moselle, conséquence lui-même de la mise à fruit et du prodigieux développement du bassin de Briey. Comme les sièges d'extraction de cette région sont conçus pour un débit de un million à 1 500 000 t par an, et certains même pour 2 000 000 t, il en résulte que les seules mines actuellement en exploitation dans ce bassin sont capables de produire 30 000 000 t, mais comme il faut un délai de plusieurs années, tant pour développer les chantiers et dépilages que pour recruter la main-d'œuvre correspondante, plusieurs n'ont pas encore atteint leur complet développement, ce qui explique que la production n'atteigne encore que 12 700 000 tonnes.

Il résulte de ce rapide développement que les énormes réserves actuellement reconnues dans le bassin ne paraissent pas devoir suffire aux besoins des consommateurs au-delà du xxe siècle, mais la France peut envisager cette situation avec quiétude, car rien ne prouve que la minette ne puisse être retrouvée plus loin et elle possède dans l'Ouest, en Normandie, Bretagne et Anjou, d'immenses réserves d'un minerai de fer comparable au point de vue économique.

Tant qu'il s'agissait de mettre en valeur relativement à peu de frais les concessions à flanc de coteau, pourvues d'entrées de plain-pied et d'écoulement naturel des eaux et à proximité immédiate des usines consommatrices, des bassins de Briey et de Nancy, les frais généraux restaient peu de chose et des mines de 100 000 t et moins pouvaient vivre et celles de 200 à 300 000 étaient de grandes exploitations largement rémunératrices. La recherche de débouchés lointains était l'exception, et le département n'expédiait que vers le Nord ou d'autres départements des quantités peu importantes de minerai

Mais quand il fallut engager des capitaux par millions dans les fonçages, les installations d'exhaure, du jour, de raccordement aux voies ferrées et les créations de villages, dotés de toute l'organisation de la vie moderne, nécessaires dans le bassin de Briey, il devint nécessaire de prévoir dès les premiers essais de mise en exploitation de 1893 à 1898, une production de plus de 500 000 t par siège pour amortir les énormes capitaux engagés et répartir les gros frais généraux résultants. Une organisation pour 1 000 000 ne coûtant pas proportionnellement le double, loin de là, cette formule devint de règle à partir de 1902 et, devant les capacités de productions nouvelles et si inusitées, il fallut songer à trouver des débouchés nouveaux d'abord sur place ensuite en France ou en dehors.

La création de nouvelles aciéries géantes, telles que : Homécourt, Neuves-Maisons, Senelle, Rehon répond à ce programme, ainsi que le développement des anciennes : Longwy, Jœuf, Pompey, Micheville et Frouard. Mais cela n'aurait pas suffi, pas plus que l'énorme développement des fonderies de tuyaux, telles que Pont-à-Mousson au premier rang et Aubrives-Villerupt, ni celui des autres usines restées uniquement productrices de fonte, comme Maxéville et Jarville, dans le bassin de Nancy, et les hauts-fourneaux de Saulnes, de Longwy et de Hussigny, dans celui de Longwy.

Il fallait donc exporter ; en effet, la configuration du pays, pauvre en cours d'eaux capables de subvenir aux besoins des usines géantes de la sidérurgie moderne et déjà déficitaire comme main-d'œuvre, ne permettait pas de nouvelles créations et limitait le développement des usines anciennes.

Le courant d'exportation se créa tout naturellement par la participation des autres régions industrielles de la France à l'octroi des concessions et à la mise en valeur du bassin. Elles s'outillèrent en conséquence pour tirer parti de cette richesse, particulièrement le Nord, où se sont créées, dans ce but, les Aciéries de Valenciennes, Denain et Pont-à-Vendin et à un moindre degré la Champagne et le Centre qui alimentent en partie leurs anciennes usines avec du minerai lorrain.

Nos voisins, les Belges et les Allemands, imitèrent cet exemple en achetant des concessions ou des participations dans leur mise en valeur, en sorte que progressivement et sans à coups une demande toujours croissante vint satisfaire tous les besoins du bassin naissant.

Les statistiques du Service des mines, très attentif à suivre ce mouvement, permettent depuis quelques années de voir la répartition du minerai lorrain dans les divers lieux de consommation,

(1) Chiffres extraits du rapport pour 1912 de M. Leprince-Ringuet, Ingénieur en Chef des Mines à Nancy, mis à jour par suite de l'octroi de deux concessions en 1913.

(2) Communication de M. DELMOR sur « *Les Gisements de fer en Belgique* » à l'Association des Ingénieurs de Liège. Bulletin du 20 août 1913.

(3) *Les Réserves en minerai de fer de l'Empire Allemand,* Stahl und Eisen 25 mai 1910, ou aussi *Les Ressources du Monde en Minerais de fer,* Congrès de Stockholm de 1910, publié en 1910, à Stockholm, par Generalstaben Litografista Anstalt, analysée dans les nos 246 et 257 du 1er décembre 1910 des *Notes Techniques du Comité des Houillères.*

(4) Par suite du ralentissement très marqué des affaires au cours du 2e trimestre, l'augmentation de l'extraction s'est atténuée depuis le début de juillet, mais les chiffres de 1913 paraissent devoir égaler ceux de 1912, même avec le maintien de ce ralentissement.

Digitized by Google

elles nous ont permis de la représenter dans le tableau I où nous comparons l'exportation du gisement avec celle de la France entière.

Les anciens bassins de Nancy et de Longwy, disposant cependant l'un et l'autre de la voie d'eau dont est privé le bassin de Briey, jouent on le voit un rôle insignifiant dans l'exportation française. Mais la mise en valeur, entre 1900 et 1907, du bassin de Briey, a changé la situation du tout au tout. L'exportation y débute par

En combinant pour 1912, l'extraction tant en France que dans les prolongements du gîte en Lorraine et du Luxembourg, avec la distribution du minerai, dans les divers pays consommateurs, on obtient finalement sa répartition totale pour l'ensemble du bassin. Or, d'après le rapport annuel de l'Annuaire des intérêts miniers de l'Alsace et de la Lorraine, le district lorrain - luxembourgeois a produit en 1912, 265 840 000 t dont il consomme sur

TABLEAU I. — COMPARAISON ENTRE L'EXPORTATION DU GISEMENT LORRAIN ET CELLE DU RESTE DE LA FRANCE.

CONSOMMATION			EXPORTATION DE MEURTHE-ET-MOSELLE				EXPORTATATION FRANCAISE TOTALE
ANNÉES	DANS LE DÉPARTEMENT	DANS LE RESTE DE LA FRANCE	BELGIQUE	ZOLLVEREIN	SUISSE ANGLETERRE	TOTAL	
1897	3 000 000	160 000	—	—	—	180 000	300 000
1902	3 436 000	220 000	—	—	—	180 000	443 000
1907	6 338 000	650 000	1 200 000	850 000	—	1 750 000	2 147 000
1912	9 139 000	1 540 000	4 358 000	2 000 000	53 000	6 413 000	8 318 000

9 000 t en 1901, et déjà elle atteignait 69 000 t en 1902, 998 000 t en 1907 et 5 579 000 en 1912; comparée avec l'exportation totale française, cette exportation du minerai de Briey, principale cause de son magnifique développement, représente 77 % du minerai vendu par la France à l'Etranger.

Les 2 000 000 t exportées dans le Zollverein se répartissent en 650 000 t consommées dans la Lorraine et le Palatinat, 734 000 dans la Westphalie et 626 000 dans le Luxembourg.

Au point de vue de débouchés, Meurthe-et-Moselle consomme donc 54 % de sa production, en envoie 9 % en France et 37 % à l'étranger, dont 25 % en Belgique, 4 % en Lorraine et Palatinat, 4 % en Westphalie et 2 % dans le Luxembourg.

place 176 777 000 t et il a expédié trois millions 030 000 t dans la Sarre, 3 540 000 en Westphalie et Provinces Rhénanes, 1 501 000 en Belgique et 836 000 t en France. En rapportant les chiffres de la Belgique, on trouve, pour l'ensemble du bassin en 1912, une production globale de 44 033 000 se répartissant en 10 515 000 t consommées par la France, 3 930 000 par la Belgique, 6 350 000 par le Luxembourg et 21 238 000 par l'Allemagne.

Ultérieurement, nous étudierons les conditions d'exploitation du gîte lorrain et nous examinerons certains des problèmes économiques que soulève le rapide développement du bassin de Briey.

G. SEPULCHRE.
Ingénieur civil des Mines.

TRAVAUX PUBLICS

SUR LE TRACÉ DES PROFILS EN TRAVERS DES CANAUX RECTILIGNES

SOMMAIRE. — *Un canal ne garde pas constamment la forme selon laquelle il a été dragué. — Son profil en travers évolue et tend vers une forme d'équilibre stable. — Détermination de cette forme. — Vérifications expérimentales. — Il y a intérêt pour l'ingénieur à tracer les profils en travers des canaux, de manière que, une fois la stabilisation terminée, ces canaux répondent au but poursuivi.*

I. — GÉNÉRALITÉS.

Dans la plupart des études faites sur les canaux, on suppose que leurs profils transversaux sont des trapèzes dont les côtés formant berges sont inclinés sur l'horizontale d'un angle φ, dont la tangente varie de 1 à 1/2. C'est d'ordinaire à l'aide de cette hypothèse que, dans la rédaction d'un projet, on calcule les cubes à extraire, le courant moyen, le débit, etc. A ces profils trapézoïdaux considérés comme les plus normaux, on substitue parfois des profils rectangulaires ou même demi-circulaires. L'expérience montre que ces canaux ne conservent pas leurs formes initiales, à moins que celles-ci leur soient imposées par des perrés. En Cochinchine, où journellement se font sentir deux marées, présentant une différence de niveau atteignant jusqu'à 3 m, la période de stabilisation est beaucoup plus courte que nulle part ailleurs et oscille aux environs de huit à douze mois. Les différences profondes que nous avons constatées entre les prévisions théoriques déduites du profil trapézoïdal et les résultats pratiques obtenus dès la stabilisation achevée, nous ont donné l'idée d'approfondir cette question et ont été la cause de cette étude sommaire.

Nous commencerons par établir quelle est la nature probable du profil stable des canaux rectilignes ; puis nous comparerons ces résultats théoriques avec la réalité, à l'aide de plusieurs vérifications numériques; puis, enfin, nous proposerons une règle pour le tracé des profils transversaux des canaux rectilignes.

Dans toutes ces questions, me bornant aux idées générales, nous n'insisterons pas sur les transformations élémentaires des formules, ni sur les calculs numériques qui s'effectuent facilement à l'aide des tables usuelles.

II. — DÉTERMINATION DU PROFIL TRANSVERSAL.

L'observation répétée des transformations d'un canal conduit aux conclusions suivantes : soit cd le terrain naturel, ab le niveau des plus hautes eaux. Entre ces deux droites, les terres prennent leurs pentes naturelles p'. Au-dessous de ab, le terrain prend une forme arrondie, symétrique par rapport à l'axe du canal, entièrement située au-dessus des droites at, bt, de pentes p égale à la pente naturelle des terrains immergés ($p < p'$). En e la tangente est horizontale.

Nous supposerons que le canal est en équilibre longitudinal, c'est-à-dire que aucun dépôt ne se forme dans une section qui ne provienne de cette section même. Cette condition se traduit par l'égalité de l'aire draguée et de l'aire du profil d'équilibre. En prenant l'équation de la courbe de fond en coordonnées polaires

Digitized by Google

et en ne s'occupant que de la courbe comprise dans l'angle $-\frac{\pi}{2}$, on obtient ainsi l'équation

$$A = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\circ} \rho^2 \, d\theta + \beta \, \rho(o) + \frac{\beta^2}{2p},$$

β représentant la différence de cotes entre le terrain naturel et le niveau des plus hautes eaux.

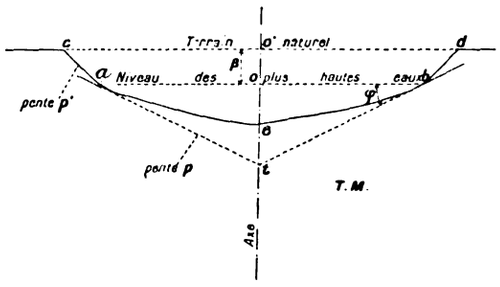


Fig. 1. — Figure d'équilibre théorique.

Quelle est la nature de la courbe de fond? Nous supposerons que c'est la courbe présentant au mouvement de l'eau la résistance minimum. Or, cette résistance varie sensiblement comme le rapport $\frac{\text{périmètre mouillé}}{\text{surface mouillée}}$ c'est-à-dire comme le rapport

$$\frac{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\circ} \sqrt{\rho^2 + \rho'^2} \, d\theta}{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\circ} \rho^2 \, d\theta}$$

En posant

$$A - \beta \, \rho(o) - \frac{\beta^2}{2p} = \frac{1}{h}$$

le problème revient donc au problème simple du calcul des variations : sachant qu'une fonction inconnue $\rho(\theta)$ satisfait à la relation

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\circ} \rho^2 \, d\theta = \frac{1}{h}$$

la déterminer de manière à ce que l'intégrale,

$$h \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\circ} \sqrt{\rho^2 + \rho'^2} \, d\theta$$

soit minimum.

L'équation de condition est

$$h \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}} + 2k\rho - h\left(\frac{\rho'}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}}\right)' = 0$$

qui, transformée, s'écrit encore

$$k \frac{(\rho^2 + \rho'^2)^{\frac{3}{2}}}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''} + h = 0$$

on voit donc que la courbe a un rayon de courbure constant. C'est donc un arc de circonférence. On vérifie que la résistance est bien minimum et non maximum.

Nous avons tenu à traiter cette question d'analyse, quoique analogue à la suivante bien connue : déterminer une courbe passant par deux points d'aire donnée et de périmètre minimum.

Déterminons maintenant les constantes ; le centre de la circonférence est sur oy, puisque les tangentes at et bt sont également inclinées sur l'axe. Restent à déterminer le centre et le rayon. Remarquons que la figure ne dépend que d'un seul paramètre, par exemple, l'abscisse x du point b, en appelant φ l'angle tel que

$$tg\,\varphi = p.$$

on a en écrivant l'égalité des aires

$$\frac{\beta^2}{2p'} + \beta x + \left(\frac{x}{\sin\varphi}\right)^2 \frac{2\varphi - \sin 2\varphi}{2} = A$$

Equation du second degré en x. Une seule racine est admissible.

L'établissement du profil théorique d'équilibre se fera donc de la manière suivante :

Les données initiales sont :

la cote du terrain naturel ;

la cote du niveau des plus hautes eaux ;

la pente p des terrains immergés ;

la pente p' des terrains émergés ;

la surface 2A (cube au mètre courant).

On calcule x par l'équation

$$\left(\frac{x}{\sin\varphi}\right)^2 \frac{2\varphi - \sin 2\varphi}{2} + \beta x = A - \frac{\beta^2}{2p'},$$

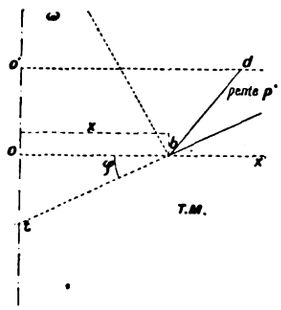


Fig. 2. — Tracé du profil d'équilibre théorique.

La longueur x étant connue, on trace une droite verticale représentant l'axe, deux droites horizontales représentant à l'échelle du dessin le terrain naturel et le niveau des plus hautes eaux. Puis on construit le point b, la droite bt et le centre ω de la circonférence. Pour avoir les cotes des points à différentes distances de l'axe, on peut, ou bien les mesurer sur le dessin, ou bien les calculer à l'aide de l'équation de la circonférence.

III. — Vérifications.

Pour vérifier si ces conclusions théoriques sont exactes ou non, il faut tout d'abord choisir un canal remplissant les conditions nécessaires aux hypothèses faites ; ces conditions sont les suivantes : canal rectiligne présentant une bonne stabilité longitudinale, c'est-à-dire ne se creusant pas et ne s'envasant pas ; il faut qu'il ait été exécuté depuis assez longtemps pour qu'il ait eu le temps d'acquérir une forme stable.

Le canal Soctrang Phunghiep entre les points km 0,800 et km 10,00, c'est-à-dire entre les profils 16 et 200 répond à ces diverses conditions. Ce canal traverse un sol formé d'argile légèrement sablonneuse, dont la surface est plissée de « yongs », anciennes dunes littorales.

Nous effectuerons sur le canal trois vérifications, l'une au passage d'un « yong », deux autres en plaine. En réalité, nous pourrions essayer de représenter les résultats numériques qui vont suivre par les formules théoriques en faisant varier les pentes p, p'. Ce qui constitue une vérification est le fait que ces deux paramètres restant constants dans les formules, celles-ci n'en représentent pas moins d'une manière convenable les résultats numériques expérimentaux. Remarquons d'ailleurs que la précision des calculs et des résultats suivants est un peu illusoire, puisqu'ils sont faits au centimètre près, alors qu'il est souvent difficile d'apprécier à la sonde le décimètre, car celle-ci tend à s'enfoncer dans la vase plus ou moins profondément.

Première vérification. — Canal Soctrang-Phunghiep. Profils 70 à 79.

Données numériques :

Cote du terrain naturel, $8^m,32$;

Cote des plus hautes eaux, $8^m,20$ $\beta = 0,12$;

Pente p, 0,58 $\varphi = 30°$;

Pente p', 1,00 ;

Surface du profil, $2A = 51^{m2},20$.

Les cotes, calculées mesurées et les différences aux points dont

Digitized by Google

la distance à la ligne de piquetage, est 12, 14... 36 m sont les suivantes :

Tableau I. — Profils 70 a 79.

	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Cotes calculées.....	8 32	7 48	6 53	5 90	5 45	5 19	5 10	5 19	5 45	5 90	6 53	7 48	8 32
Cotes mesurées.....	8 33	7 75	6 70	5 75	5 19	5 07	5 02	5 02	5 25	5 85	6 75	7 58	8 31
Différences.....	+ 0 01	+ 0 27	+ 0 17								+ 0 22	+ 0 10	
				— 0 15	— 0 26	— 0 12	— 0 08	— 0 17	— 0 25	— 0 05			— 0 01

Deuxième vérification. — Canal Soctrang Phunghiep. Profiis 131 à 140.

Données numériques :
Cote du terrain naturel, 8,33 ;
Cote des plus hautes eaux, 8,20 ;
Pente p, 0,58 $\varphi = 30°$;
Pente p', 1,00 ;
Surface du profil, $2A = 54^{m²}38$.
On obtient le tableau suivant :

Tableau II. — Profils 131 a 140.

	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Cotes calculées	8 33	8 28	7 20	6 35	5 77	5 34	5 09	5 00	5 09	5 34	5 77	6 35	7 20	8 28	8 33
Cotes mesurées	8 38	8 06	7 00	6 52	5 73	5 49	5 03	4 90	5 16	5 35	5 71	6 52	7 25	7 98	8 28
Différences...	+ 0 05			+ 0 17		+ 0 15			+ 0 07	+ 0 01		+ 0 17	+ 0 05		
		— 0 12	— 0 20		— 0 04		— 0 06	— 0 10			— 0 06			— 0 30	— 0 05

Troisième vérification. — Canal Soctrang Phunghiep. Profils 110 à 119.

Données numériques :
Cote du terrain naturel, $10^{m},00$;
Cote du niveau à hautes eaux, $8^{m},20$;
Pente p, 0,58 $\varphi = 30°$;
Pente p', 1,00 ;
Surface du profil, $101^{m²},00$.
On obtient le tableau suivant :

Tableau III. — Profils 40 a 119.

	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Cotes calculées.....	9 25	7 69	6 76	6 05	5 33	5 19	5 02	5 02	5 19	5 33	6 05	6 76	7 69	9 25
Cotes mesurées.....	8 87	7 71	6 74	5 99	5 44	5 13	5 09	5 07	5 14	5 61	6 31	6 95	7 81	9 00
Différences.....		+ 0 02			+ 0 11		+ 0 07	+ 0 05		+ 0 28	+ 0 26	+ 0 19	+ 0 12	
	— 0 38		— 0 02	— 0 06		— 0 06			— 0 05					— 0 25

Conclusions. — Les erreurs semblent convenablement réparties, les erreurs moyennes sont respectivement de $-0^{m},02$, $-0^{m},02$, $+0^{m},02$; les cotes dans l'axe ou aux environs de l'axe présentent des différences de $-0^{m},08$, $-0^{m},10$, $+0^{m},07$, ces différences sont très faibles. Nous admettrons donc que notre théorie se trouve sensiblement vérifiée. D'ailleurs, parmi les conséquences auxquelles nous sommes maintenant conduits, un certain nombre seront encore vérifiées par l'expérience.

IV. — Tracé du profil en travers d'un canal.

Supposons données les conditions de profondeur du canal ; il faut par exemple que la courbe de fond soit toute entière à l'extérieur d'un rectangle ABCD. Pour tracer cette courbe de fond, il faut mener par le point C la circonférence coupant la droite ab sous l'angle φ, connu par comparaison avec un canal déjà existant. Pour tracer cette circonférence, le plus simple est de chercher son rayon qu'on obtient de suite par l'équation exprimant que la circonférence de centre (O, R cos φ), de rayon R, passe par le point de coordonnées $-a$,$-b$, a et b, désignant les demi-côtés du rectangle ABCD. Cette équation est

$$\sin^2\varphi\, R^2 - 2\, b\, R \cos\varphi - (a^2 + b^2) = o.$$

On en prendra la racine positive. Ayant tracé la courbe de fond, le profil entier s'en déduit sans difficulté.

Pour calculer l'aire de la section, c'est-à-dire le cube au mètre courant, on emploiera la formule générale

$$2\,A = \left(\frac{x}{\sin\varphi}\right)^2 (2\varphi - \sin 2\varphi) + 2\beta\, x + \frac{\beta^2}{p'}$$

dans laquelle on remplacera x par $R\sin\varphi$. On aura alors finalement

$$2\,A = R^2 (2\varphi - \sin 2\varphi) + 2\beta\, R \sin\varphi + \frac{\beta^2}{p'}$$

Si, pour l'exécution des travaux, on veut employer des profils trapézoïdaux, il faut tracer ces profils de la manière suivante : le fond horizontal passant par e, les berges, droites bgf passant par b précédemment déterminé et telles que les aires bgk et efg soient égales. Il faut également faire attention à ce que le rectangle ABCD ne soit pas coupé par la droite bf. Cette condition est en général remplie.

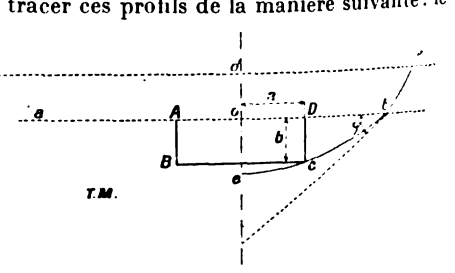


Fig. 3. — Tracé du profil en travers.

Digitized by Google

Pour mettre en évidence l'importance d'un tracé correct du profil en travers d'un canal nous donnerons encore deux exemples.

Premier exemple. — Canal Soctrang-Saintard. Traversée du yong de Soctrang. Les données numériques sont :

Cote du terrain naturel, $10^m,20$;

Cote du niveau des plus hautes eaux, $8^m,20$;

Pente p (sable pur et fin), 0,36 ; $\varphi = 20°$

Pente p', 0,60.

L'Administration des Travaux publics désirait obtenir, dans l'axe du canal, la cote $3^m,80$. En effectuant les constructions et calculs indiqués on trouve

$$2\,A = 258\ m^2$$

Or le profil notifié par cette administration était un trapèze, dont le côté de fond avait 18 m et était à la cote $3^m,80$, et dont les côtés de berge étaient inclinés à 45° sur l'horizontale. Ce profil théorique avait ainsi une surface de 197 m². On peut admettre une majoration de 5 °/₀ du cube effectif enlevé au dragage, ce qui porte à 205 m³ le cube réel au mètre courant. L'Administration a enlevé en plus environ 5 m³ au mètre courant à l'aide de corvées de prisonniers. Le cube total effectif enlevé est donc d'environ 210 m³ au mètre courant.

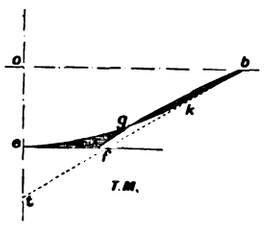


FIG. 4. — Tracé d'un profil trapézoïdal.

D'après nos prévisions, la cote dans l'axe devait être $4^m,40$ environ, ce qui donnait une surélévation au plafond d'environ $0^m,60$. La surélévation constatée fut de $0^m,50$.

A la suite des méthodes de calcul incorrectes employées, un deuxième dragage fut nécessaire.

Deuxième exemple. — Canal Soctrang-Saintard, profil 40.

Les données numériques sont

Cote du terrain naturel, $8^m,30$;

Cote du niveau des hautes eaux, $8^m,20$;

Pente p, 0,36 ;

Pente p' 0,60 ;

Cote du point dans l'axe, $3^m,80$.

La surface 2A du profil d'équilibre est d'environ.

$$2\,A = 144\ m^2$$

La surface du profil notifié n'est que de 102 m² qui, majorée de 5 °/₀, donne 107 m². Il doit donc y avoir comblement dans l'axe.

Le profil 36 a dû être repris trois fois pour arriver à le rendre acceptable quinze jours après son exécution.

V. — Conclusion.

Les différents exemples que nous avons donnés montrent que le tracé trapézoïdal ordinaire des profils en travers des canaux ne peut être fait d'une manière arbitraire, ainsi que nombre d'ingénieurs le pensent. La différence qui existe entre ce profil théorique et le profil d'équilibre stable qui est celui vers lequel tendent les profils des canaux, peut donner lieu à des mécomptes graves, nécessiter des reprises onéreuses et gênantes pour la navigation, enfin paralyser le développement de certaines régions par le comblement inattendu de leurs voies d'accès.

E. Doucet,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

LE GRAISSAGE ET LES GRAISSEURS

Sommaire. — *Rappel des lois du frottement. — Théorie du graissage. — Nature, particularités, qualités et essais des diverses sortes de lubrifiants. — Etablissement des organes mécaniques en vue du graissage. — Choix du lubrifiant d'après la charge et la vitesse. — Types divers des principaux graisseurs.*

Généralités.

Le graissage a pour but de réduire, dans les machines, les pertes par frottement, en introduisant, entre les surfaces en contact, une couche mince de substance liquide ou pâteuse. Le frottement provient en grande partie de la rugosité des surfaces en contact, même si elles paraissent parfaitement polies; souvent ces surfaces en glissant l'une sur l'autre s'usent plutôt qu'elles se polissent, surtout si l'une d'elles est plus dure que l'autre (1).

La *cohésion*, c'est-à-dire l'adhérence existant entre deux surfaces parfaitement polies, augmente le frottement; le contact étant d'autant plus parfait que ces surfaces sont plus polies, l'attraction moléculaire est accrue par le rapprochement des molécules. Le *lubrifiant* interposé, dans ce cas, entre les surfaces, les écarte suffisamment pour diminuer la cohésion.

On remarque que deux métaux différents en contact, comme le fer ou l'acier glissant sur la fonte, ont un frottement moindre que deux morceaux d'un même métal.

On distingue deux sortes de lubrifiants : 1° les lubrifiants solides, corps gras, relativement durs, mais plus tendres que les métaux entre lesquels on les interpose ; ils peuvent, sous l'influence de la chaleur dégagée par le frottement, fondre et donner des lubrifiants liquides ; 2° les lubrifiants liquides, qui sont les plus efficaces.

(1) L. Archbuit et R. M. Delley : *Le graissage et les lubrifiants.*

Frottement.

Cette importante question, largement traitée dans les ouvrages de mécanique, peut se résumer en quelques lignes.

L'expérience prouve que, pour faire glisser un corps dur sur une surface horizontale, il faut une certaine force et que, sous l'action d'une force moindre, le corps reste en repos. Cette résistance au glissement se nomme *frottement au départ*. De même, lorsqu'en vertu d'une vitesse acquise, un corps se meut sur une surface horizontale, son mouvement se ralentit constamment jusqu'à ce que le corps arrive au repos, comme si une force dirigée en sens contraire du mouvement, détruisait la force vive que possède le corps. Cette force est le *frottement pendant le mouvement*.

Le coefficient du frottement f est le rapport de la force du frottement F à la pression normale P du corps sur la surface, soit $f = \frac{F}{P}$.

Les lois du frottement déduites des expériences de Coulomb, Morin, Thurston, Osborne Reynolds et autres expérimentateurs, peuvent s'énoncer ainsi :

1° La force du frottement est proportionnelle à la pression normale ou poids du corps ;

2° Elle dépend de la nature des surfaces en contact ;

3° Elle est indépendante de l'étendue de ces surfaces ;

4° Elle est indépendante de la vitesse du mouvement, du moins pour les vitesses au-dessous de 20 m par seconde, des expériences récentes ayant montré qu'au-delà le frottement diminue sensi-

Digitized by Google

blement à mesure que la vitesse augmente. Mais il n'en est pas de même du travail absorbé par le frottement, qui reste proportionnel à la vitesse ;

5° Pour les corps compressibles, grâce à un contact de quelque durée, le frottement est plus grand au départ que pendant le mouvement ; pour les corps durs, cette différence est négligeable.

Pour maintenir en mouvement uniforme un cylindre roulant sur une surface plane horizontale, il faut exercer une certaine force ; la surface présente donc une résistance au roulement, qu'on appelle *frottement de roulement*. Des expériences sur ce roulement ont conduit aux résultats suivants :

6° La résistance au roulement est proportionnelle à la charge ;

7° Elle est en raison inverse du diamètre des rouleaux.

La valeur des coefficients de frottement au glissement et au roulement est donnée dans tous les formulaires et traités de mécanique.

Le coefficient de frottement le moins élevé est celui du bronze se déplaçant sur d'autres métaux ; le plus élevé est celui de l'étain, quoique ceux du bronze sur bronze et étain sur étain soient tous deux élevés, même sous une faible charge.

Lorsqu'un galet roule sur une surface élastique, le contact ne se produit pas sur une génératrice, c'est-à-dire sur une ligne, mais, d'après Osborne Reynolds, sur une surface déformée par la pression qui applique le galet. Dans ces conditions, on conçoit que l'emploi d'un lubrifiant épais, comme la graisse, dans un roulement à billes ou à galets, augmente la surface de contact et aussi la résistance au roulement, quoique ce graissage réduise l'usure des surfaces en contact.

Les lois du frottement de roulement sont les mêmes que celles du frottement de glissement ; en tenant compte de la 7e remarque, la valeur de la résistance au roulement est donc : $R = f\frac{P}{r}$; P étant la pression sur le galet, r le rayon de ce galet ou rouleau, et f le coefficient de frottement de roulement.

Le frottement des tourillons sur leurs coussinets est du même genre que celui des surfaces planes ; en pratique, il est toujours avantageux de donner à ces tourillons le plus petit diamètre compatible avec la résistance du métal. Soit r le rayon du tourillon, P la pression normale qu'il exerce sur les coussinets, f le coefficient de frottement, et n le nombre de tours par seconde. La force du frottement est Pf ; le chemin qu'elle décrit par seconde $2\pi rn$; le travail absorbé est donc $T = 2\pi fnrP$. On voit qu'il augmente avec le rayon r du tourillon. Il y a donc avantage à diminuer ce rayon ; mais on peut sans inconvénient augmenter la longueur du tourillon, puisque le frottement est indépendant de l'étendue des surfaces en contact.

Cause de l'échauffement.

L'énergie dépensée pour vaincre les résistances du frottement se transforme en chaleur, ce qui élève la température des surfaces en contact ; si le frottement est suffisamment grand et que cette chaleur ne puisse s'écouler, la température des surfaces s'élève si bien qu'elles grippent et même se soudent ensemble.

Théorie du graissage.

Un lubrifiant sert à diminuer le coefficient de frottement et permet à des métaux en contact de glisser l'un sur l'autre sans gripper. Lorsqu'une surface est convenablement graissée, elle flotte, en quelque sorte, sur le lubrifiant, et le coefficient de frottement dépend surtout de la forme des surfaces et de la nature du lubrifiant, de l'épaisseur de la couche de ce lubrifiant, de la pression, de la vitesse du fonctionnement et de la qualité du lubrifiant.

La perte par frottement n'est pas à négliger, si l'on considère qu'à la suite d'expériences faites dans une usine, on a constaté que sur 1 kg de charbon brûlé sous la chaudière de la machine à vapeur, 200 à 400 gr sont perdus pour vaincre les frottements du moteur et de la transmission ; en admettant qu'il s'en perde autant sur les machines actionnées par cette transmission, la perte totale en frottement correspond de 40 à 80 % du combustible brûlé.

Les surfaces frottantes sont généralement cylindriques et quelquefois planes; en tout cas, leur parallélisme est rarement parfait, de sorte que les lubrifiants s'étalent plus ou moins entre les surfaces en contact, et sont soumis aux phénomènes bien connus de la *viscosité*, de la *capillarité* et de la *tension superficielle* qui déterminent leur pouvoir lubrifiant. La plus importante est la viscosité qui permet à la nappe lubrifiante de résister à la rupture. En effet, une couche d'eau fortement étendue en tous sens, de façon à provoquer son amincissement, se rompt facilement; l'addition d'un peu de savon qui la rend plus visqueuse, lui permet de résister à son amincissement.

Le graissage est favorisé par la grande vitesse qui permet, à cause de l'entraînement plus rapide du lubrifiant, la formation de la nappe visqueuse ; il est gêné par les trop fortes charges qui empêchent la formation de cette nappe par un contact trop intime des surfaces.

Des lubrifiants.

On appelle lubrifiants des substances dont la consistance varie de l'état fluide à l'état pâteux. Elles s'interposent entre les surfaces glissantes, en supprimant ainsi le frottement de métal sur métal pour le remplacer par le frottement bien moindre du lubrifiant sur le métal. Les substances qui possèdent au plus haut degré ces propriétés nécessaires au graissage sont les huiles et les graisses. Bien que l'on ait connu, il y a une cinquantaine d'années, les propriétés lubrifiantes du pétrole, on employait alors presque exclusivement les huiles végétales et animales. Le développement plus récent de l'industrie du pétrole a inondé le marché d'une énorme quantité d'huiles minérales de graissage, dont le bas prix a fait peu à peu disparaître les anciens lubrifiants.

Ces huiles proviennent de la séparation des éléments volatils du pétrole. Par la distillation fractionnée, on sépare les produits légers : benzine et gazoline, puis l'essence, l'huile lampante ou d'éclairage. Il reste, comme résidu, les huiles de graissage qui comprennent différentes variétés.

La distillation du schiste donne les mêmes produits que le pétrole et fournit aussi plusieurs sortes d'huiles de graissage.

La densité des huiles minérales à graisser varie de 0,860 à 0,920, leur point d'ébullition dépasse souvent 315°, et leur point de congélation, qui limite leur fluidité, peut descendre jusqu'à — 20°. Leur viscosité est assez variable, elle diminue avec l'élévation de leur température ; les huiles de schistes d'Ecosse ont seules une faible viscosité.

Les huiles animales, que l'on extrait par fusion du lard et des graisses des animaux terrestres et marins, sont toutes très fluides au-dessus de 60 à 65°, et les huiles végétales, tirées principalement de certaines graines, par pression ou dissolution dans le pétrole ou l'éther, ont une densité qui varie de 0,880 à 0,970 : on ne peut guère les échauffer sans qu'elles se décomposent; leur viscosité est des plus variables, depuis l'huile de spermacéti qui est la moins visqueuse jusqu'à l'huile de ricin. A basse température, bien avant 0°, elles se solidifient en graisses, les huiles animales surtout.

Les huiles végétales les plus employées pour le graissage sont celles de colza, d'arachides, de sésame, de palme, de coco, d'olive et de ricin. On les utilise seules ou mélangées avec des huiles minérales.

Les huiles animales les plus employées sont celles de suif, de lard, de pied de bœuf, de pied de mouton, de baleine, de spermacéti et de marsouin. On les emploie aussi pures ou mélangées aux huiles minérales. L'huile de suif est utilisée pour les gros frottements concurremment avec les graisses, et l'huile de marsouin pour les fins graissages de l'horlogerie, où il faut une huile non siccative

Digitized by Google

et bien liquide. L'huile d'olive s'emploie aussi pour l'horlogerie et la petite mécanique. L'huile de ricin, qui se congèle difficilement, convient pour le graissage aux basses températures des presse-étoupes et organes des machines frigorifiques, et donne de bons résultats pour maintenir la souplesse des membranes en caoutchouc ; elle n'est pas très siccative, mais rancit par oxydation. L'huile de pied de bœuf et l'huile de pied de mouton sont très appréciées pour les machines à coudre, les bicyclettes et les armes. L'huile de baleine a l'aspect de la glycérine, elle est siccative, et ne convient qu'aux graissages grossiers ; elle donne de meilleurs résultats mélangée aux huiles minérales. L'huile de spermacéti, tirée de la tête du cachalot, comme l'huile de marsouin ou de dauphin, s'emploie épurée et soigneusement filtrée, pour des graissages délicats.

On utilise aussi, pour le graissage, des fusées d'essieux des wagons de chemin de fer une graisse jaune composée de suif, d'huile de palme, de spermacéti ou de colza, mélangées avec des cristaux de soude ou du savon et de l'eau. D'après des expériences faites en Angleterre, un wagon peut parcourir 8 000 km en 28 jours sans qu'on renouvelle la graisse de ses boîtes d'essieux, ce qui équivaut à une consommation d'environ 20 gr de graisse par boîte et par 100 km.

Pour le graissage des outils de coupe, de fraisage, on emploie l'huile soluble étendue d'eau ou un mélange de 2 kgs de soude et de 2 kgs de savon noir dilué dans 100 litres d'eau.

Essais des huiles.

Les propriétés physiques des lubrifiants s'examinent dans les laboratoires, par diverses méthodes scientifiques dont nous allons décrire les plus répandues, à cause de leur caractère pratique et l'excellence des résultats obtenus :

1° Pour la *viscosité*, on mesure les vitesses d'écoulement des diverses huiles sortant d'un orifice étroit, comparativement à celle d'un liquide étalon, qui est ordinairement l'eau distillée ou une autre huile. On peut très rapidement se faire une idée grossière de la viscosité d'une huile en l'agitant dans un flacon non rempli, et en observant l'ascension des bulles d'air qui s'élèvent d'autant moins vite que la viscosité est plus grande. On peut utiliser aussi des appareils spéciaux appelés *viscomètres*, qui donnent des résultats très précis.

2° La *densité*, qui varie, à 15°, de 0,879 pour l'huile de spermacéti, à 0,968 pour l'huile de ricin, est déterminée, soit par la pesée d'un flacon contenant un volume de lubrifiant rigoureusement mesuré, soit par une balance densimétrique se composant d'une romaine extra-sensible qui enregistre minutieusement la perte de poids qu'éprouve un corps de volume déterminé plongeant dans le lubrifiant ; soit enfin par la plongée dans le lubrifiant d'un hydromètre ou pèse-huile analogue aux pèse-vins, pèselait et pèse-alcool. Comme pour tous les autres liquides, on doit tenir compte que la densité des huiles varie avec la température.

3° On détermine le *point d'éclair*, qui est la température à laquelle la vapeur émanant de l'huile est en quantité suffisante pour constituer avec l'air, à la surface de l'huile, un mélange inflammable ou explosif. Lorsque la température s'élève, la production de vapeur combustible augmente et dès qu'elle suffit pour maintenir une flamme permanente, l'huile commence à brûler ; la température à ce moment détermine le *point d'inflammation* ou de combustion de l'huile. Ces deux points, surtout celui *d'éclair*, ont une grande importance pour le graissage quand les organes lubrifiés sont enclins à chauffer ; on doit, en conséquence, proscrire les huiles à point d'éclair peu élevé, toujours dangereuses dans les usines, comme les scieries et les filatures, exposées aux incendies. En pratique, ce point devrait dépasser 175° pour les huiles employées à l'intérieur des bâtiments. La détermination du point d'éclair des huiles animales et végétales n'a d'autre but que de révéler leur falsification par addition d'huiles minérales, toujours plus riches en vapeurs combustibles.

On détermine le point d'éclair d'une huile en la chauffant dans une petite coupelle de porcelaine, placée sur un bain de sable pour régulariser le chauffage ; un thermomètre est plongé dans l'huile et une flamme est promenée au-dessus du liquide. Lorsque la vapeur est en quantité suffisante pour former avec l'air un mélange inflammable, elle brûle, et la température indiquée par le thermomètre est le point d'éclair. On continue à chauffer jusqu'à ce que l'huile même prenne feu, et la température qu'indique alors le thermomètre est le point d'inflammation de l'huile. Mais cet essai à l'air libre peut être fort influencé par les courants d'air, l'intensité du chauffage, la forme de la coupelle, ou la distance de la flamme d'allumage à l'huile ; on obtient de meilleurs résultats en employant des appareils spéciaux, où l'essai se produit en vase clos avec des dispositifs qui éliminent les chances d'erreurs qui viennent d'être signalées.

4° Il faut connaître la *volatilité*, qui est la propriété des huiles à se vaporiser sans se décomposer : les huiles minérales, qui contiennent des hydrocarbures très volatils, changent de nature par la vaporisation de ces produits légers, et, au-delà de 200°, les hydrocarbures lourds se décomposent. Une huile trop volatile ne vaut donc rien pour le graissage, quand ses parties légères sont évaporées, le résidu étant trop visqueux ou pâteux. On mesure la volatilité en évaporant, dans une étuve, une petite quantité d'huile sur une coupelle très plate ou un verre de montre. La température de l'étuve est la même que celle du milieu où doit être employée l'huile ; pour les huiles à cylindres, c'est celle de la vapeur à la pression considérée ; en 10 heures, et, pour une température de 100°, on ne doit compter aucune perte de poids, et cette perte ne doit pas dépasser 0,5 °/₀ en 24 heures.

5° Pour la *solidification* ou *congélation*, les huiles minérales se distinguent des huiles animales et végétales, les premières à point de congélation très bas, épaississent, et quelques-unes déposent de la paraffine ; parmi les secondes, avant la congélation complète, les huiles d'olive et de lard donnent un dépôt de graisse assez abondant. La vérification du point de solidification se fait en plongeant une éprouvette contenant l'huile dans un mélange réfrigérant. Un thermomètre qui baigne dans l'huile permet de contrôler les températures où se font l'épaississement, les dépôts et la solidification.

Pour les graisses et suifs, on détermine, de même, les points de fusion et de congélation. Pour les huiles, on fait aussi des essais au *réfractomètre*, qui indiquent les différents indices de réfraction des huiles industrielles, lesquels sont plus faibles pour les huiles animales et végétales que pour les huiles minérales.

La couleur et l'aspect peuvent aussi servir, à l'aide de teintes-étalons, à juger l'état de pureté des huiles examinées, sous une épaisseur constante d'au moins 40 à 50 mm, dans des flacons en verre très clair.

On examine aussi les propriétés chimiques des lubrifiants liquides et pâteux, telles que leur teneur en acides libres ou *acidité* ; la *saponification* ou action à chaud de la potasse et de la soude sur ces lubrifiants ; leur *fluidité* ou résistance à l'oxydation ou *gommage* qui caractérise les huiles siccatives, lesquelles sèchent rapidement et se transforment en vernis ou gommes au contact de l'air ; tous ces essais se font au moyen des multiples méthodes qu'offre la chimie. Par l'analyse, on peut doser des huiles mélangées des lubrifiants composés et rechercher l'asphalte, le caoutchouc, la résine, etc., qui peuvent se trouver dans les huiles minérales. On peut se rendre compte si ces dernières huiles imprégnant des chiffons peuvent s'échauffer et prendre feu spontanément ; cela a été constaté dans de nombreux incendies où cette combustion spontanée s'est produite par une oxydation rapide de l'huile suintant en minces filets à travers des substances fibreuses comme le coton, et soumises à des courants d'air dans une pièce chauffée ; la chaleur accélère l'oxydation au point d'augmenter la température jusqu'à l'auto-inflammation.

Mais le meilleur procédé pour l'essai industriel des huiles et

Digitized by Google

graisses au point de vue de leur valeur lubrifiante, est encore *la pratique journalière de leur emploi sur les machines.* On peut faire aussi des essais mécaniques sur des machines spécialement installées dans les laboratoires.

On mesure la résistance au frottement et l'échauffement produit. On s'arrange toujours pour que, dans ces diverses conditions, les circonstances de l'essai se rapprochent de celles de la pratique courante, et donnent des résultats qui permettent de choisir les lubrifiants les plus convenables dans chaque cas particulier.

Les machines à essayer les huiles sont construites suivant plusieurs types et peuvent être pourvues d'appareils automatiques enregistreurs des résultats observés. En Angleterre et aux Etats-Unis, on emploie beaucoup la machine de Thurston ou celle de Loewe ; elles consistent, en principe, en un tourillon pouvant recevoir un mouvement de rotation plus ou moins rapide et sur lequel on pose des coussinets en divers métaux, avec des portées de longueur différente ; on les charge plus ou moins par une sorte de frein à pendule et contrepoids. Un ressort permet de varier la tension pour changer la valeur du frottement sur le coussinet en essai, les oscillations du pendule étant limitées par un lien souple fixé au bâti de la machine.

D'autres systèmes de machines, comme celles de Stapfer et Ingham, d'Ashcroft, de Stroudlay, de Beauchamp-Tower et de Coodmann remplacent le pendule par un fléau analogue à celui d'une balance, ou par un levier disposé avec un plateau à poids, comme celui qui sert pour les essais au frein des petites machines motrices. Une curieuse machine à essayer les huiles est celle de Bailey, employée pour les lubrifiants d'horlogerie. Elle consiste, en principe, en un long pendule dont un bras transversal, assez près du point d'oscillation, entraîne un frottoir de bronze sur un plateau de fonte horizontal ; le frottement du bronze ralentit le mouvement du pendule et on mesure le temps nécessaire, variable selon la nature et la qualité du lubrifiant interposé sous le frottoir, pour que le pendule s'arrête par la résistance de ce frottement.

Organes mécaniques utilisant les lubrifiants.

Les différents organes mécaniques employés pour supporter ou guider les pièces frottantes qui ont besoin d'être lubrifiées comprennent les formes cylindriques pour la rotation comme les paliers ; les formes planes, pour les mouvements rectilignes, comme les glissières ; les formes hélicoïdales, comme pour les vis ; et les lignes de contact quand il s'agit de mouvements de poussée tangentielle, comme c'est le cas entre les cames et les galets qu'elles commandent.

Généralement, il ne suffit pas de lubrifier pour assurer la durée et le bon fonctionnement des surfaces frottantes, il faut aussi employer des métaux appropriés. L'entretien facile d'une machine dépend principalement du soin apporté dans son étude et sa construction, de manière à assurer son bon graissage, et lorsqu'en cours d'étude on voit qu'on ne peut compter sur ce graissage parfait, on doit employer pour les surfaces frottantes les métaux les plus résistants. On doit aussi les protéger contre la poussière, l'eau et la boue. On doit, de plus, employer, pour les surfaces frottantes susceptibles de s'user rapidement, un métal moins dur et facile à remplacer, comme on le fait, par exemple, pour les coussinets d'un palier.

Quand la surface de frottement se réduit à une génératrice ou une ligne de contact, comme pour les galets des cames et les encliquetages des distributeurs de machines à vapeur genre Corliss ou Sulzer, on fait les organes intéressés en acier trempé sous forme de grains rapportés fixés par des vis et facilement remplaçables après usure.

On emploie beaucoup l'acier cémenté et trempé, avec ou sans graissage, pour les tourillons et coussinets dans la construction des moteurs et transmissions des automobiles, locomotives, bicyclettes, machines à coudre, armes à feu, l'horlogerie, etc.

Dans tous les cas, on doit polir autant que possible les surfaces frottantes soit à la meule ou au brunissoir, aussi bien pour durcir le métal par un écrouissage superficiel qui recule l'usure et évite le grippage, que pour avoir des contacts très nets, qui favorisent la formation des pellicules d'huile de graissage, si utiles pour assurer une lubrification parfaite.

Pour les surfaces frottantes, en fonte, comme celles des patins des glissières, on emploie des pièces coulées en coquille, dont la surface est durcie par la trempe superficielle qui se produit à la coulée. Un meulage constitue l'usinage de ces surfaces extrêmement dures, qui prennent en service un poli parfait aidant beaucoup au graissage.

La fonte donne un excellent frottement et est susceptible d'acquérir un beau poli ; elle convient pour les cylindres où se meut un piston et dont le graissage est sujet à manquer momentanément. Cette particularité provient du graphite en suspension à sa surface, et à sa porosité qui retient le lubrifiant ; avec la fonte, en emploie quelquefois la plombagine en poudre, répandue sur les surfaces frottantes qui s'en imprègnent assez pour fonctionner pendant assez longtemps sans autre lubrifiant.

Le cuivre jaune ou laiton ne convient guère, étant difficile à mouler et à usiner ; sa texture cristalline subsistant toujours, on lui préfère les différents bronzes où la présence de l'étain augmente la dureté du cuivre, le rend plus fusible et apte au moulage, et plus difficile à gripper ; le zinc et l'étain rendent aussi le bronze moins fragile et plus facilement usinable pour le limer et le tourner. L'addition d'un peu de phosphore, d'aluminium ou de manganèse augmente beaucoup la résistance du bronze ; on en fait des tiroirs, des coussinets, des engrenages et toutes les pièces sujettes à des frottements considérables avec ou sans l'emploi d'un lubrifiant.

Le métal blanc ou antifriction est très employé. Il donne des surfaces douces et polies par le grattage et il en résulte un frottement réduit, même avec un graissage imparfait. Il coûte moins que le bronze, se remplace plus facilement, avec un moindre usinage, et s'accommode d'huiles peu grasses et de bas prix, sans crainte d'échauffements. On en revêt les surfaces frottantes des coussinets en bronze et en fonte ; pour le premier de ces métaux, moins poreux que la fonte, on assure l'adhérence de l'antifriction en le lavant et le brossant avec de l'alcool et du sel ammoniac en poudre, puis le coussinet est chauffé et étamé pour recevoir le métal blanc que l'on coule bien fluide vers la température de 250°. Les formulaires et traités de mécanique donnent la composition des divers alliages du métal antifriction dont la teneur en cuivre, étain, antimoine, plomb et zinc varie beaucoup selon les applications.

Quelques alliages spéciaux d'antifriction donnent des réductions de frottement considérables avec l'acier dur aux vitesses ordinaires et sans graissage. Le « Magnolia », avec un simple humectage d'eau donne, d'après R. H. Schmidt, un coefficient de frottement qui descend à 0,03 sous la charge de 30 kgs par centimètre carré, soit cinq fois moins que pour le bronze semblablement mouillé d'eau. L'antifriction coulé en anneaux s'emploie aussi beaucoup, avec un excellent graissage, pour les garnitures métalliques des stuffing-box des tiges de pistons et tiroirs des machines à vapeur et locomotives.

L'amiante et le graphite sont aussi employés pour garnir des coussinets fonctionnant sans graissage ; l'emploi du graphite a permis de solutionner élégamment la difficile question du graissage de l'axe des roulettes du trolley des tramways électriques. L'amiante fortement comprimé et durci peut supporter à sec de très lourdes charges.

On connaissait depuis longtemps les qualités lubrifiantes du graphite, mais il était impossible de le maintenir en suspension dans le liquide qui devait le transporter jusqu'aux points à graisser, lorsque, tout récemment, l'Américain Acheson, en le produisant à l'état presque pur au four électrique, réussit à l'incorporer

Digitized by Google

à l'huile, l'eau et la graisse, dans lesquels il reste en suspension pour former l'Oildag, l'Aquadag et le Gredag (1).

Diverses méthodes de graissage.

Pour les organes mécaniques qui emploient les lubrifiants, le graissage se fait suivant les quelques principes fondamentaux suivants, révélés et consacrés par l'expérience.

Le coefficient de frottement est influencé par la vitesse, pour des surfaces courbes ou planes, lorsque cette vitesse dépasse 5 cm par seconde. Avec un bon graissage, la résistance au glissement qui oppose la viscosité du lubrifiant, interposé entre les surfaces frottantes, est sensiblement proportionnelle à la racine carrée de la vitesse ; mais ce rapport change si la vitesse diminue et le frottement augmente beaucoup, même avec des surfaces parfaitement polies, parce que la pellicule de graissage, très amincie, ne permet plus de maintenir ces surfaces écartées, et on doit alors les constituer par des métaux qui ne grippent pas. Le coefficient de frottement le plus réduit est donné dans ces conditions par des mélanges de graisse et d'huile minérale. Quand la vitesse augmente et que la charge est peu élevée, les variations du frottement montrent qu'elles sont dues principalement à la résistance visqueuse du lubrifiant en mouvement et indépendant de la nature des surfaces métalliques frottantes, le frottement diminuant toujours avec l'épaisseur de la pellicule lubrifiante. On doit donc établir les surfaces de frottement, de façon à ce que cette pellicule soit aussi peu épaisse et aussi peu visqueuse que possible ; la résistance au frottement est alors très faible et l'usure presque nulle.

L'inefficacité d'un graissage provient soit du peu d'étendue des surfaces frottantes, par rapport à la surcharge qu'elles supportent, soit de la faible vitesse de ces surfaces.

Le graissage par barbotage dans une chambre d'huile est employé pour les pièces à mouvement alternatif : manivelles et bielles des moteurs d'automobiles ou des machines à vapeur rapides, qui évoluent dans un carter fermé, et pour les paliers graisseurs. Le graissage y est abondant et parfait et l'usure très faible, toutes les surfaces frottantes étant écartées par des pellicules d'huile sous pression qui supportent la charge. Cette huile y est amenée dans des rainures appelées « pattes d'araignées », ou par des tampons graisseurs en laine ou en feutre, pressés contre la surface à graisser ; l'huile monte par capillarité d'un réservoir où plongent l'extrémité de ces tampons. Ces tampons conviennent très bien pour supporter des pressions de 40 à 42 kgs par cm² avec une très faible résistance de frottement. C'est le graissage type des fusées d'essieux de wagons des trains rapides.

La pratique a montré que les tampons saturés d'huile donnent les meilleurs résultats, les portées tournant en quelque sorte dans un bain d'huile. Le bain d'huile semble être le mode de graissage de l'avenir.

L'échauffement des paliers diminue la viscosité des huiles et, s'il est trop considérable, l'huile devient tellement fluide qu'elle ne peut plus supporter la charge et que les surfaces frottantes entrent en contact et grippent. Dans le cas des bielles et des boîtes à graisse des chemins de fer, leur mouvement de translation rapide dans l'air les refroidit assez pour leur faire supporter des charges élevées, malgré la grande vitesse du fonctionnement.

Un graissage parfait assure donc la durée des machines et augmente leur rendement en travail utile.

Dans les surfaces planes, comme les glissières, les pressions atteignent de 1 kg 5 à 12 kg par cm² suivant la vitesse et la nature des surfaces frottantes. Aux faibles pressions, le frottement de fonte sur fonte convient jusqu'à 7 kgs par cm² ; mais au-dessus de cette valeur, le bronze ou l'antifriction sur acier dur doivent être employés.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. V, n° 12 (15 décembre 1912), p. 451.

Les embases des arbres et les axes de tours, perceuses, aléseuses et autres machines-outils sont souvent fort chargés et doivent être exécutés en acier très dur, les petites portées cémentées et trempées, à charge discontinue, supportant jusqu'à plus de 20 kgs par cm² et momentanément jusqu'à 80 kgs.

Pour les arbres horizontaux avec butées à embases, on fait baigner leur partie inférieure dans un bain d'huile, ou porter sur des tampons graisseurs ; le graissage est ainsi parfait, si la pression ne dépasse pas 5 kgs par cm² ; s'ils chauffent trop, pour les grandes dimensions, on les refroidit par une circulation d'eau.

Pour les pivots des crapaudines, la charge peut être supportée par plusieurs grains d'acier superposés ayant des pattes d'araignée radiales, le tout plongeant dans l'huile. On obtient ainsi plusieurs surfaces de frottement et autant de pellicules graisseuses qui se partagent les pressions et les glissements ; lorsque la pression par cm² dépasse 12 kgs, les surfaces doivent être d'acier sur acier dur, fonte dure ou bronze ; si elle dépasse 25 kgs, il faut un graissage sous pression par pompe entre la crapaudine et son pivot : on peut alors supporter sans ennuis des pressions jusqu'à 150 kgs par cm².

Le bain d'huile des tourillons verticaux des crapaudines réalise aussi le graissage parfait automatique. Si la vitesse de rotation varie entre 0m,50 et 1 m par seconde, et si les surfaces et la charge sont bien proportionnées, on peut abaisser le coefficient du frottement de 0,002 à 0,001.

Le graissage peut encore être forcé. On fait arriver entre les surfaces frottantes de l'huile sous pression par une pompe. On peut ainsi adopter les vitesses très faibles ou des charges excessives jusqu'à 150 kg s par cm², et pour des pivots, dépasser la charge limite de 7 kgs du graissage non forcé. C'est aussi le graissage idéal pour les paliers de butée.

Afin de proportionner convenablement les surfaces de frottement à la charge qu'elles supportent, on admet dans la construction des machines :

Pour les boutons des manivelles des cisailles ou tourillons à charge intermittente, en acier dur	210	kgs par cm²
Tourillons des crosses de pistons, coussinets en bronze	75	—
Boutons de manivelles des machines très lentes	56 à 63	—
Boutons de manivelles des machines marines	28 à 45	—
Paliers d'arbre des machines lentes	42	—
Paliers d'arbre des machines rapides	28	—
Fusées d'essieux de wagons	20 à 30	—
Paliers de volants et petits boutons de manivelles	10 à 15	—
Petites glissières des machines marines	7	—
Glissières des machines fixes	2 à 8	—
Paliers de butée d'arbre d'hélice	3 à 5	—
Crapaudines, pour une grande vitesse	1	—

L'ajustage des portées dans les coussinets doit tenir compte du très petit jeu nécessaire à la présence de la pellicule de graissage ; on le prend ordinairement égal à 1/1000e du diamètre des tourillons pour les diamètres compris entre 25 et 150 mm ; avec ce léger jeu, les portées ne chauffent pas dès les premiers temps de la marche et se rodent parfaitement en service.

Roulements sur billes et rouleaux.

Bien que la pratique révèle que, dans les conditions usuelles de vitesse et avec de fortes charges, les portées cylindriques convenablement graissées donnent souvent les coefficients de frottement minimum, aux petites vitesses et avec de faibles charges, on obtient de meilleurs résultats avec les roulements sur billes et galets, si en vogue aujourd'hui. Leur coefficient de frottement

Digitized by Google

n'est pas influencé par les variations de la charge et de la vitesse, et très peu par le plus ou moins de viscosité des huiles qui n'agissent guère que pour éviter le frottement à sec qui entraînerait plus d'usure.

En appliquant les roulements à billes, il faut éviter les chocs qui briseraient les billes ou déformeraient leur chemin de roulement. Bien qu'une bille de 6 mm de diamètre puisse supporter à l'écrasement une charge de 2 200 kgs, on ne doit guère la charger au-delà de 90 kgs. La résistance à l'écrasement est proportionnelle au carré du diamètre des billes. Les chemins de roulements de bicyclettes sont souvent concaves et de rayon un peu plus grand que celui des billes, chaque bille porte sur deux points. Lorsque l'écartement des chemins est bien réglé et que les billes y sont bien centrées, la seule résistance de frottement est celle de roulement et les billes ne supportent pas d'autre pression que celle de la charge ; mais si les billes se décentrent elles coincent et leur résistance de frottement augmente. L'un des meilleurs dispositifs de ces roulements est celui représenté fig. 1, où les billes roulent sur trois circonférences au lieu de deux, sans que la résistance totale soit augmentée, parce qu'elle reste proportionnelle à la charge quel que soit le nombre des points de contact, pourvu qu'il n'y ait que des frottements de roulement, ce qui a lieu lorsque l'on fait converger les deux cônes fictifs de roulement au même sommet O sur l'axe de l'arbre. Cette disposition empêche aussi les billes de se déplacer.

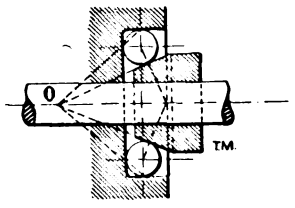


Fig. 1. — Tracé d'un parfait modèle de roulement à billes.

Quand la charge est uniforme, mais trop grande pour des billes, on emploie des galets de roulement ou rouleaux qui présentent une très faible résistance de roulement aux faibles vitesses, et sont excellents pour les lourdes charges à démarrages fréquents, comme cela se produit pour les ponts tournants et les grosses cloches des églises.

Classification des lubrifiants au point de vue des charges supportées.

Les lubrifiants qui peuvent supporter les plus lourdes charges sont :

1° Les lubrifiants solides à sec : graphite, talc, etc. ; le graphite donne de bons résultats avec la fonte peu poreuse, mais le frottement augmente si le palier chauffe, malgré l'emploi d'un arrosage ou d'une circulation d'eau.

2° Ces mêmes lubrifiants solides mélangés à des graisses ou suifs, sont employés pour les essieux de voitures et les engrenages des treuils et grues, les chaînes, etc. ; ils adhèrent aux portées, ne s'évaporent pas et ont un faible coefficient de frottement aux petites vitesses.

3° Les graisses de voitures, composées de graisses et d'huiles émulsionnées avec de l'eau, auxquelles on ajoute des composés alcalins pour en neutraliser l'acidité ; elles donnent d'excellents frottements aux vitesses lentes et fortes charges, et conviennent pour les essieux de wagons à cause de leur faible frottement aux démarrages.

L'emploi des graisses n'est économique qu'aux faibles vitesses, elles augmentent considérablement le frottement quand la vitesse augmente, ce qui ne compense pas l'usage d'un lubrifiant moins coûteux.

4° Les huiles minérales et végétales, comme celles de lard, d'olive et de colza ; on doit les employer pures si la charge dépasse 18 kgs par cm², ou s'il faut lubrifier des portées en métal très dur, avec des charges constantes.

5° Les huiles mixtes, mélanges d'huiles animales ou végétales et minérales, qui conviennent aux charges modérées ; quand la charge augmente, on ajoute plus d'huile grasse.

6° Les huiles minérales, qui conviennent très bien pour les parties peu chargées ; leur viscosité doit être choisie juste suffisante pour supporter la charge et assurer la formation de la pellicule grasse. Cette viscosité doit varier en sens inverse de la vitesse. Aux grandes vitesses, il faut même ajouter des huiles grasses pour éviter de chauffer. Pour les locomotives, qui sont dans ce cas, on recommande un mélange de 30 % d'huile de colza contre 70 % d'huile minérale.

Divers types de graisseurs.

Les graisseurs employés dans l'industrie sont plus ou moins compliqués et distribuent l'huile qu'on y introduit avec un écoulement plus ou moins régulier. Le plus simple est un godet à embouchure évasée pour constituer une sorte d'entonnoir où l'on verse l'huile à conduire aux points à graisser. Pour éviter que le lubrifiant s'écoule trop rapidement, on place souvent dans l'entonnoir quelques mèches de coton qui s'imbibent et retiennent l'huile. Ce graisseur rudimentaire ne vaut guère mieux que les simples trous que l'on perce aux endroits convenables dans les machines de construction simplifiée. On l'a perfectionné en y ajoutant un couvercle à emboîtement lisse, qui empêche l'arrivée de la poussière qui souillerait le lubrifiant. Puis ce couvercle fut remplacé par une sorte de clapet conique à fermeture étanche, que l'on lève facilement et qui se maintient fermé par l'effet d'un ressort. Ces fermetures, du système Rous (fig. 2), sont employés dans la Marine et les Chemins de fer.

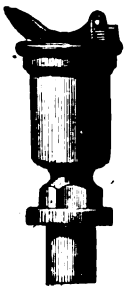


Fig. 2. — Graisseur avec couvercle, système Rons, modèle Colombier et Cie.

L'intérieur du vase graisseur fut aussi perfectionné en plaçant la sortie de l'huile au-dessus du niveau du lubrifiant. L'écoulement a lieu par l'effet de la capillarité au moyen d'une mèche textile. L'action assez lente de la capillarité augmente la durée de l'écoulement, qui est devenu ainsi plus continu. Mais l'intensité de cet écoulement étant toujours la même, afin d'obtenir une économie dans la dépense du lubrifiant, on imagina ensuite le graisseur à débit réglable à volonté.

Ce type de graisseur automatique (fig. 3) est établi par plusieurs constructeurs avec certains perfectionnements de détail. Il se compose d'un vase en verre hermétiquement fermé, contenant l'huile et dont la section de l'orifice d'écoulement varie et se règle par l'enfoncement plus ou moins profond d'une tige conique à son extrémité. A la base de l'appareil, se trouvent des regards pratiqués pour voir s'écouler la goutte d'huile qui tombe ; un tube de verre enveloppe ce regard pour empêcher la poussière d'y pénétrer.

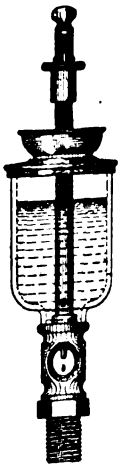


Fig. 3. — Graisseur automatique à débit visible et réglable à volonté, modèle Henry Hamelle.

Le dessus du couvercle de verre est surmonté d'une cuvette entonnoir pour l'introduction de l'huile. Le fond du couvercle est percé, pour le passage de l'huile, de trous que l'on peut masquer par le pivotement d'une rondelle à bords molletés, formant la fermeture hermétique, que l'on visse plus ou moins pour faire varier la position en hauteur de la tige à bout conique qui règle le débit de l'huile. Cette tige est surmontée d'un bouton oscillant ou d'une manette qui permettent, sans changer le réglage du débit, de supprimer tout écoulement pendant les arrêts par la fermeture complète du bec verseur, en poussant à fond le bout conique sur son siège.

On construit aussi des graisseurs spécialement appropriés à des cas particuliers, comme le graisseur dit « coup de poing », qui se place à un endroit quelconque éloigné des points à graisser, et qui consiste en une sorte de pompe foulante dont le piston, repoussé

Digitized by Google

brusquement d'un coup de main sur l'extrémité de sa tige, refoule dans un tube le lubrifiant préalablement introduit à la burette sous le piston.

Des graisseurs pour poulies folles sont basés sur l'action de la force centrifuge sur un piston, qui chasse le lubrifiant dans l'intérieur du moyeu de la poulie sur laquelle ce graisseur est posé.

Il existe de nombreux types de graisseurs appliqués au graissage des cylindres des machines à vapeur. Les uns, par exemple, sont à double robinet. Le premier de ces robinets, sous l'entonnoir de remplissage, est fermé, quand le second, sous le vase rempli, est ouvert pour l'écoulement du lubrifiant. D'autres systèmes très perfectionnés de graisseurs sont basés sur la condensation d'une petite quantité de vapeur qui, introduite dans le réservoir d'huile, la soulève pour la laisser se distribuer goutte par goutte dans le tube à débit visible d'un niveau d'eau, d'où elle s'écoule au cylindre à vapeur.

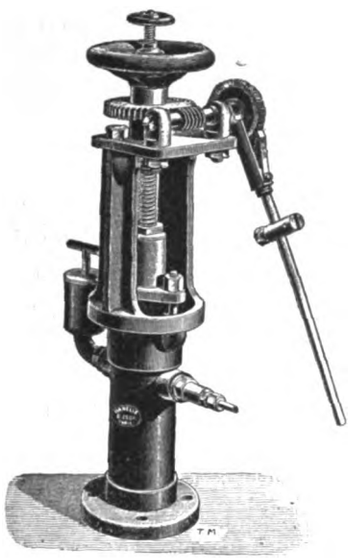


Fig. 4. — Graisseur mécanique, système Mollerup-Hamelle.

Dans les graisseurs mécaniques, l'huile est refoulée dans une canalisation plus ou moins ramifiée, soit par un piston qu'une vis fait descendre, cette vis étant commandée par une roue et vis sans fin et un levier actionnant un encliquetage (fig. 4) ; soit par la charge d'une masse pesante mobile dans un cylindre, où l'huile se trouve en équilibre de pression lorsque se produit la communication de l'intérieur de ce cylindre, avec le milieu à graisser ; soit encore par une petite pompe foulante, dont le mouvement de va-et-vient du piston se fait par l'intermédiaire d'un levier à cliquet, agissant sur un mécanisme plus ou moins compliqué.

Ce même système de graissage par pompe foulante peut aussi s'appliquer aux machines-outils, avec plusieurs éléments de pompe puisant l'huile dans un récipient commun et la refoulant en quantités différentes selon les besoins des points à graisser. L'un des plus perfectionnés de ces appareils est celui système Bosch (fig. 5), qui est composé de pièces simples et robustes et ne comporte pas de soupapes, ressorts, joints, presse-étoupes, leviers, articulations ou autres organes délicats susceptibles de se rompre, s'user ou se dérégler. Les pistons des pompes sont disposés circulairement autour d'une came en forme de disque incliné, clavetée sur un arbre, qui reçoit un mouvement de rotation assez lent par sa commande au moyen d'une vis sans fin. Une came semblable, mais différemment clavetée sur le même arbre, déplace les distributeurs cylindriques qui servent de clapets pour l'aspiration et le refoulement de l'huile. La course de chaque piston est réglable, afin de varier à volonté le volume de l'huile à refouler, et l'ensemble se meut dans l'huile à l'abri de la poussière et de l'usure. Ce genre de graisseur, commandé par la machine même dont il assure le graissage, avec un débit proportionné à la vitesse de rotation, commençant dès que le machine se met en marche et s'arrêtant avec elle, est très employé ; il donne un écoulement plus constant que les graisseurs à compte-gouttes par pointeau réglable décrits précédemment (fig. 3), auxquels on reproche un débit variable selon que, dans le vase de verre, la hauteur de l'huile est plus ou moins grande, inconvénient qui n'existe pas dans le graisseur « flotteur-ossag » décrit précédemment ici (1).

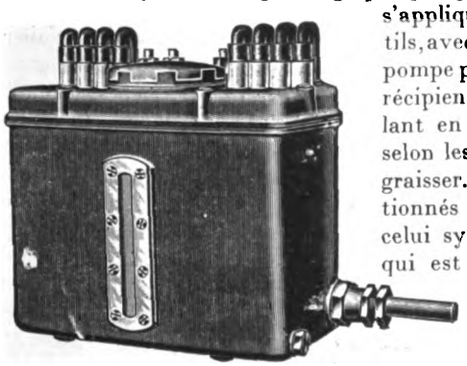


Fig. 5. — Graisseur mécanique à pistons multiples, système Bosch.

On construit des graisseurs à pompe avec un seul cylindre pour les machines à vapeur à grande vitesse des systèmes Belleville et Boulte et Larbodière, où l'huile sous pression est envoyée dans des conduits ménagés dans l'intérieur des arbres et bielles, ou avec pistons multiples (fig. 5) pour les moteurs à explosion, les locomotives, et les machines-outils.

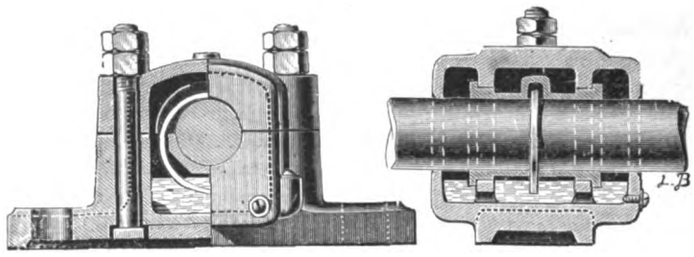


Fig. 6. — Palier-graisseur à bague, type de la Société d'engins graisseurs.

Au lieu d'employer un graisseur à pistons multiples, on peut installer une ou deux pompes foulantes qui refoulent l'huile à haute pression dans une rampe de distribution, comportant une série de pointeaux compte-gouttes, surmontés d'autant de niveaux d'eau à tubes de verre, et dans lesquels on voit monter la goutte d'huile qui se rend aux points à graisser. Une conduite de retour renvoie l'huile non utilisée dans le réservoir d'aspiration, et ferme le circuit de cette circulation d'huile sous pression, sur laquelle on peut brancher un nombre quelconque de départs à débit variable.

Quelquefois, l'installation est plus simple, la pompe est remplacée par un récipient en charge, l'huile se rend aux pointeaux compte-gouttes, d'où elle tombe dans des entonnoirs et des tubes, qui la conduisent aux organes à graisser. Toutefois, dans ce cas, l'huile peut être souillée par la poussière pendant sa chute, à l'air libre, des pointeaux aux entonnoirs.

Fig. 7. — Graisseur système Stauffer pour graisse consistante, modèle Wanner et Cie.

On range encore, dans les appareils graisseurs, les organes mécaniques dans lesquels le distributeur de lubrifiant est logé dans l'organe même qu'il s'agit de graisser : tels sont les paliers-graisseurs, très employés dans les transmissions ou sur certaines machines, et qui se construisent en une grande variété de types, ne différant entre eux, à part la forme, la grosseur et la longueur de portée, que par la disposition et la nature du distributeur du lubrifiant, qui est le plus souvent une bague, une chaîne, des rotins ou une mèche métallique. La figure 6 représente un palier à bague de beaucoup le plus répandu. L'huile est introduite dans le corps du palier par un bouchon-niveau latéral, visible sur la vue de face. La bague, suspendue librement sur l'arbre passant par une coupure du coussinet supérieur, plonge dans l'huile, qu'elle monte et déverse dans les pattes d'araignée qui la conduisent sur toute la longueur de la portée.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 6 (15 mars 1913), p. 229.

Digitized by Google

On a remplacé la bague lisse par une chaîne, dont les maillons entraînent davantage l'huile à cause de leur plus grande surface en contact avec ce lubrifiant. Les rotins et les mèches métalliques, agissant par capillarité, donnent le même résultat, mais les pores des rotins et les interstices des mèches peuvent s'encrasser à la longue et réduire l'efficacité du graissage.

A noter également, parmi les appareils graisseurs, les pompes rotatives, à pignons ou à palettes, employées pour lancer l'huile aux organes des automobiles et des machines-outils, le plus souvent par tuyaux flexibles.

Pour l'emploi des graisses, les appareils d'utilisation sont des plus simples ; aux fusées des essieux de wagons, tramways, ou voitures, c'est souvent un simple récipient que l'on remplit de la graisse qui s'y trouve en contact avec l'organe à graisser. Pour les machines, on emploie beaucoup le graisseur Stauffer (fig. 7), composé d'une boîte cylindrique que l'on remplit de graisse et qui, taraudée sur toute sa hauteur intérieurement, se visse sur un plateau à douille filetée, fixé sur l'organe à graisser. En vissant quelque peu la boîte sur ce plateau, on force la graisse comprimée à s'écouler par le canal qui traverse la douille filetée et se prolonge jusqu'aux points à graisser. Si l'on néglige cette compression, l'absence de lubrifiant augmente le frottement de l'organe en mouvement, il se produit un léger échauffement, qui fait fondre la graisse et produit un graissage automatique à écoulement intermittent.

Ce type primitif a été perfectionné par l'adjonction de ressorts ou d'un piston mobile, qui en fait un appareil automatique comparable au graisseur à huile à débit réglable.

L'emploi des graisseurs Stauffer et leurs dérivés, sur les machines, leur donne un aspect très propre, les bavures d'huile n'étant pas à redouter, car la graisse ne reste pas fluide en dehors des points où un échauffement peut se produire par le frottement ou toute autre cause.

Enfin, on peut ranger, parmi les appareils servant au graissage, les nombreux types de burettes et seringues à huile employées pour le graissage à la main ou le remplissage des vases des graisseurs ; les filtres qui permettent le suintage de l'huile usagée à travers des tissus d'amiante, feutre ou autres matières aptes à retenir les poussières, cambouis et résidus, pour employer à nouveau l'huile ainsi épurée ; les essoreuses, qui permettent d'extraire l'huile des copeaux et limailles que produisent les machines-outils à travailler les métaux, ou l'huile imprégnant les chiffons d'essuyage des machines et qui, après filtrage, peut être utilisée à nouveau en procurant une certaine économie dans la dépense en lubrifiant d'une usine.

Cette question de l'économie, négligée pendant assez longtemps, est aujourd'hui envisagée d'une manière sérieuse. On peut voir dans beaucoup d'usines employant un grand nombre de machines-outils à forte dépense de lubrifiant, telles que : fabriques d'articles décolletés, manufactures d'armes de guerre, de pièces détachées pour cycles et automobiles, machines à coudre, horlogerie, etc., des installations assez complexes pour l'alimentation et l'évacuation des huiles de graissage. Une canalisation recueille tous les écoulements d'huile usagée venant des machines-outils et les conduit dans un vaste bassin de décantation d'où l'huile est reprise par une pompe qui la force à travers un filtre la débarrassant des derniers résidus entraînés. Ainsi épuré, le lubrifiant est recueilli dans un réservoir en charge d'où une canalisation le ramène aux machines-outils pour servir à nouveau.

Un personnel spécial est chargé de cette installation et veille à ce que le cycle des opérations se renouvelle sans interruption, et que les canalisations restent propres et étanches. De temps en temps, on verse dans le réservoir d'huile épurée la quantité nécessaire pour remplacer le lubrifiant inévitablement entraîné par adhérence sur les pièces usinées, ou celui perdu par les légères fuites des joints et robinets de la canalisation.

La grande économie d'huile ainsi obtenue compense largement les frais d'installation et d'entretien des canalisations, réservoirs, filtre et pompe.

A côté des divers types de graisseurs qui ont été décrits ci-dessus, comme étant d'emploi général sur tous les genres de machines, on a construit pour des applications spéciales, des modèles de graisseurs particulièrement étudiés et construits dans un but déterminé.

Par exemple, sur certains moteurs à explosion, on peut voir au-dessus de la partie avant du cylindre une sorte de vase traversé d'un axe portant une petite poulie à gorge qu'une mince courroie actionne en prenant son mouvement sur l'arbre à demi-vitesse des cames de la distribution. C'est un graisseur à rotation dont le type a paru sur les premiers moteurs Otto, en 1876.

Le vase considéré, dans lequel on verse le lubrifiant en soulevant un couvercle, renferme un plateau rotatif, commandé par l'axe à poulie à gorge, et sur un bouton excentré de ce plateau sont articulées une ou plusieurs aiguilles pendantes qui, à chaque tour, plongent dans l'huile du récipient, s'y imprègnent d'une certaine quantité du lubrifiant qu'elles déversent en haut de course dans un entonnoir prolongé par un tube qui conduit l'huile aux points à graisser.

Ce système, qui a été imité par plusieurs constructeurs sans modifications intéressantes, présente de nombreux avantages : l'huile du réservoir reste froide et hors du contact des gaz brûlés ; on a la faculté de régler à volonté la quantité d'huile entraînée, en augmentant le nombre des aiguilles pendantes, ce qui multiplie les gouttes adhérentes à distribuer ; enfin, on peut cloisonner l'entonnoir et le récipient pour envoyer en des points différents deux ou plusieurs sortes d'huile convenant spécialement aux divers organes chauds ou froids à graisser.

Ce type de graisseur mécanique, qui été créé pour les moteurs à explosion, n'y est plus guère employé, les graisseurs à pompe refoulant l'huile sous pression sont préférables aujourd'hui, avec les hautes compressions des mélanges explosifs, pour forcer le lubrifiant dans les conduits de graissage toujours sujets à être obstrués ou encrassés par les résidus des combustions incomplètes. Mais, le graisseur du type Otto dont la construction et le fonctionnement sont plus simples que dans les graisseurs à pompe, a été appliqué sur des machines pour lesquelles un débit régulier et méthodique devait être assuré par un appareil parfait et peu coûteux. On peut ranger parmi les types spéciaux, le graissage par appareils lécheurs si en vogue il y a quelques années pour les excentriques et les têtes de bielles des machines à vapeur à grande vitesse. Dans ces appareils, un pinceau de poils assez raides était fixé à la partie inférieure d'un graisseur à pointeau à débit visible d'huile monté sur une partie fixe de la machine. Ce pinceau était rencontré à chaque révolution par un bec métallique disposé transversalement sur une cuvette placée sur l'organe tournant, de façon à ce que le bec vînt effleurer le pinceau et y enlève la goutte d'huile qui s'écoule du graisseur pour la déverser dans la cuvette d'où un tube la conduit aux points à graisser.

Mais ce système a été remplacé par les graisseurs dits « centrifuges », dans lesquels le distributeur d'huile à débit visible monté à poste fixe, laisse tomber l'huile dans une bague creuse tournant avec l'organe à graisser, et dans laquelle ce lubrifiant se maintient par l'effet de la force centrifuge. Il s'écoule ensuite dans un conduit débouchant à l'intérieur de cette bague.

Les locomotives ont aussi, pour certains de leurs organes, des modèles spéciaux de graisseurs. Alors que tous les frottements dans la vapeur sont lubrifiés par des graisseurs à pompe foulante, les têtes des bielles et les autres articulations des mouvements reçoivent des graisseurs par capillarité dans lesquels les mèches textiles sont remplacées par des mèches métalliques et même par de simples aiguilles en fil de fer qui déversent l'huile reçue en utilisant les oscillations de la marche, à la façon des graisseurs Otto décrits précédemment.

E. GAY.

Digitized by Google

CHRONIQUE

NOTES — EXTRAITS — COMPTES RENDUS

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS

Etat actuel de la question de la répétition des signaux sur les locomotives.

Nous avons exposé ici (1) l'état de la question de la répétition des signaux sur les machines et décrit la plupart des appareils qui paraissaient propres à la résoudre.

Depuis cette époque, des essais à grande échelle se poursuivent sur tous les réseaux. Ils portent, sur l'Est, le Midi et l'Etat, sur des appareils électriques type « Crocodile du Nord » perfectionné qui recueillent, à l'aide d'un balai placé sous la machine, le courant émis par une pile de voie dont les pôles sont alternativement mis en contact, l'un avec une pièce métallique isolée, disposée dans l'entre-voie, l'autre avec la terre. De la sorte, le balai recueille un courant positif lorsque la voie est libre, négatif lorsque la voie est fermée.

L'un ou l'autre des deux électro-aimants Hughes placés sur la machine est ainsi désexcité et un style, solidaire de l'armature de cet électro, inscrit un point sur la bande de l'indicateur de vitesse. Ces points se présentent sur deux lignes parallèles correspondant l'une à la voie libre, l'autre à la voie fermée, et il est très facile de reconnaître *a posteriori* la position qu'occupait chaque disque au moment du passage de la machine.

Un mécanisme, mû par l'enregistreur de vitesse lui-même, réarme l'électro-Hughes aussitôt après qu'il a fonctionné.

En même temps qu'il actionne l'électro Hughes correspondant aux disques fermés, le courant négatif désexcite un second électro-aimant, dont l'armature au collage bloque une sirène à vapeur ou à air comprimé. Lorsque ce second électro est désexcité, son armature, obéissant à l'action d'un ressort antagoniste, débloque la sirène qui retentit et appelle ainsi l'attention du mécanicien et du chef de train sur le franchissement du signal fermé.

Les essais en cours portent sur 80 machines dont 33 sur le réseau de l'*Est*, 27 sur l'*Etat*, 20 sur le *Midi*. Les sections de voie sur lesquelles ils se poursuivent sont les suivantes :

Noisy-le-Sec à Meaux ;
Charleville à Sedan ;
Epinal à Laveline ;
Achères à Vernon ;
Bordeaux à Lamothe.

De son côté, le réseau P.-L.-M., après une série d'expériences sur divers dispositifs électriques ou mécaniques, a porté son choix sur un appareil électrique, qui ne diffère du précédent qu'en ce qu'il n'enregistre que les signaux fermés à l'exclusion des signaux ouverts, et que les piles y sont disposées non plus sur la voie, mais sur les machines elles-mêmes où leur surveillance paraît plus facile.

Les pièces métalliques (crocodiles) disposées entre les rails sont alors connectées avec la terre, ou bien isolées suivant que le disque est fermé ou qu'il est ouvert.

140 machines sont actuellement équipées et les essais en grand se poursuivront tout l'hiver sur les lignes de Paris à Dijon, de Melun à Montereau par Héricy et de Mouchard à Pontarlier, où l'on rencontre au total 268 disques.

Sur le réseau du *Nord*, toutes les machines et tous les disques avancés sont équipés, depuis plus de trente ans, avec un appareil dont dérivent directement ceux dont nous venons de parler, mais qui réalise seulement la répétition acoustique des signaux fermés, à l'exclusion de leur enregistrement sur la bande de l'indicateur de vitesse.

La Compagnie se préoccupe de le perfectionner à ce point de vue.

Outre les appareils électriques type crocodile, le réseau d'Etat expérimente en grand les appareils mécaniques type Cousin et van Bram que nous avons décrits précédemment (1). 55 machines sont actuellement équipées avec l'appareil Cousin, 28 avec l'appareil van Bram, 2 avec l'appareil Augereau, soit en tout 85 machines. Elles circulent respectivement sur les lignes de Paris à Niort et à Bressuire, de Niort à Bordeaux et de Pons à Royan.

Seul, le réseau d'Orléans ne poursuit aucun essai de ce genre. Il estime en effet que tous ses signaux avancés étant des carrés munis de pétards, l'explosion de ceux-ci sous les roues de toute machine qui viendrait à dépasser le signal avancé constitue un avertissement acoustique suffisamment puissant, en même temps qu'elle décèle nettement la faute commise par le mécanicien.

En résumé, la question a fait un grand pas en France depuis deux ans ; on est en droit d'espérer maintenant que les essais en grand pourront être terminés cet hiver et qu'une détermination définitive sera prise dès le printemps prochain.

J. N.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 65; n° 3 (mars 1911), p. 142 ; n° 4 (février 1911), p. 209.

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GÉNIE MARITIME

La propulsion électrique des navires.

Le *Tynemouth*, récemment construit, est muni d'une installation électrique système Mavor.

Ses dimensions principales sont 76,30 × 14 × 5,80 m.

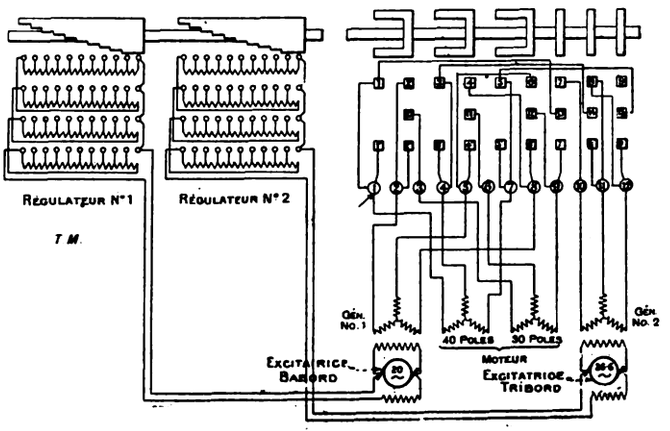


FIG. 1. — Schéma des connexions du *Tynemouth*.

La propulsion est assurée par une seule hélice, actionnée par un moteur asynchrone, de la façon suivante :

Une station centrale d'énergie est constituée par deux moteurs Diesel identiques, à 4 temps ; chacun de ces moteurs, de 300 chx effectifs, 400 tours/minute, entraîne un alternateur triphasé de 270 volts-500 ampères, avec excitatrice en bout d'arbre (fig. 1); mais l'un de ces alternateurs est à 8, l'autre à 6 pôles ; les fréquences correspondantes sont donc de 26,6 et 20.

Ces deux alternateurs alimentent un même moteur asynchrone à cage d'écureuil, à deux enroulements distincts, l'un de 40 l'autre de 30 pôles, d'où une vitesse de 80 tours/minute au synchronisme 78 t/m à pleine charge. Mais il est possible, en particulier, de n'alimenter que l'enroulement à 40 pôles avec du courant à 20 périodes ; la vitesse au synchronisme correspondante est alors de

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. III, n° 2 (février 1911), p. 65.

Digitized by Google

60 t/m. Or, la puissance nécessaire à la propulsion étant à 60 t/m de l'hélice approximativement, la moitié de ce qu'elle est à 80, le groupe générateur à 20 périodes, dans ces conditions, marche à pleine charge, et le rendement de l'ensemble de l'installation est optimum.

En résumé, le *Tynemouth* présente une solution originale d'un problème spécial de propulsion, à savoir : assurer, dans les meilleures conditions de rendement, la propulsion d'un bâtiment dont la vitesse de route doit être fréquemment les 3/4 de la vitesse maximum.

L'installation électrique est excessivement simple : un seul controller principal type tramway, pas de couplage en parallèle des alternateurs, pas de résistances à intercaler dans le rotor du moteur asynchrone ; les mises en route et variations de vitesse s'obtiennent par variation du champ des alternateurs, et combinaison des enroulements du moteur, les renversements de marche par inversion des connexions de deux phases. B. M.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Nouveaux moteurs électriques (1).

MOTEURS A COURANTS TRIPHASÉS COMPLÈTEMENT FERMÉS (2). — Ce nouveau type de moteur est à double enveloppe ; il est refroidi par ventilation.

Comme on le voit sur les figures 1 et 2, la carcasse de ces moteurs est en deux parties distinctes A et B, dont l'une B renferme complètement les organes du moteur, c'est-à-dire le stator et le rotor avec leurs enroulements, ainsi que le collecteur. On peut néanmoins visiter le collecteur et les balais en enlevant les couvercles C (fig. 3).

La seconde enveloppe A est extérieure et disposée concentriquement à l'enveloppe intérieure B. Entre ces deux enveloppes, on a mélangé des canaux de ventilation D qui sont parcourus par l'air de refroidissement. L'air est aspiré par un ventilateur E, placé du côté de la poulie et refoulé à travers les canaux de ventilation D, répartis sur toute la périphérie du moteur. Un second ventilateur F, disposé à l'intérieur même du moteur, dans l'enveloppe B, produit une circulation d'air et assure un échauffement uniforme de toutes les parties de l'enveloppe B, dont le refroidissement s'opère ainsi dans les meilleures conditions.

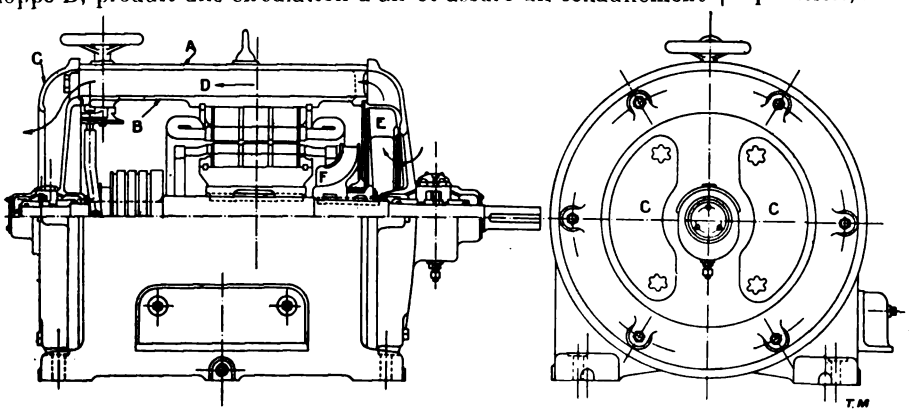


FIG. 1. — Coupe transversale du moteur triphasé fermé à double enveloppe.

Les paliers de ces moteurs sont accessibles comme dans les moteurs ordinaires.

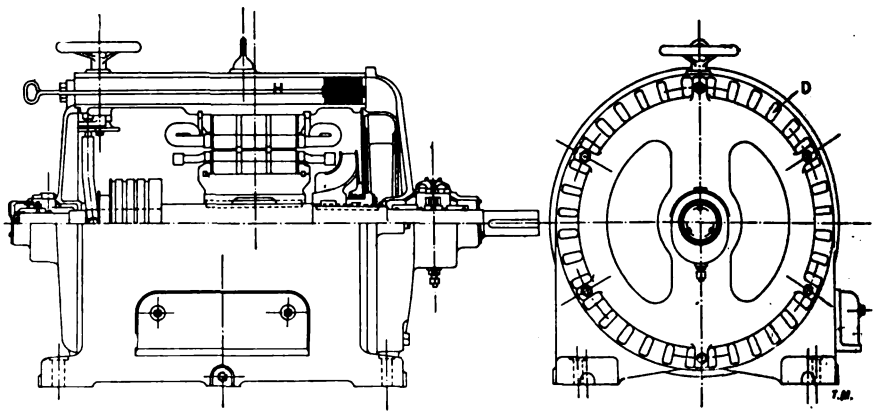


FIG. 2. — Coupe du moteur triphasé montrant les canaux de ventilation.

Il peut arriver que ces moteurs fonctionnent dans une salle chargée de poussières et, dans ce cas, il est nécessaire de nettoyer

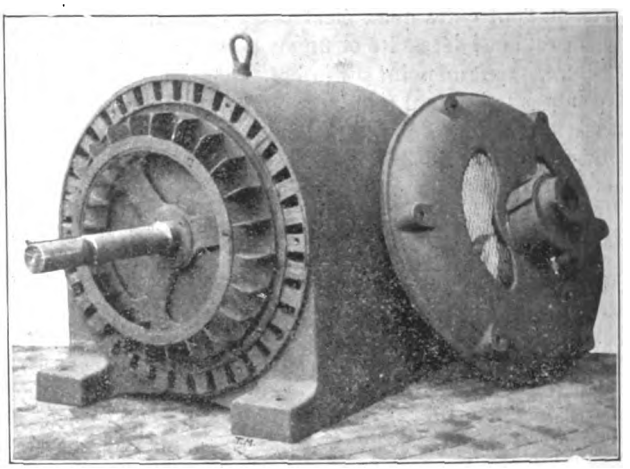


FIG. 3. — Moteur triphasé à double enveloppe et à canaux de ventilation

de temps en temps les canaux de ventilation. Pour effectuer cette opération, il suffit d'enlever le couvercle C, ce qui permet d'introduire facilement la brosse H dans les canaux D (fig. 2).

Grâce au refroidissement très énergique de ces moteurs, on a pu leur donner des dimensions assez réduites et, par conséquent, obtenir une meilleure utilisation des matières actives. Ces moteurs sont caractérisés par un rendement pratiquement très élevé et par une construction excessivement robuste.

La figure 3 représente un moteur de ce type, le palier-flasque étant enlevé, ce qui permet de voir les conduits de ventilation parcourus par l'air extérieur, ainsi que le ventilateur.

MOTEUR MONOPHASÉ A COLLECTEUR POUR SERVICE DE TRACTION. — Ce type de moteur est à répulsion compensé ; il est utilisé sur les automotrices de la Compagnie des Chemins de fer départementaux du Territoire de Belfort ; il est d'un type analogue à celui des moteurs qui actionnent les automotrices des Chemins de fer du Sud de la France,

Les automotrices des Chemins de fer départementaux du Territoire de Belfort sont à deux boggies et sont équipées avec quatre

(1) Voir La *Technique Moderne*, t. VII, n° 11 (1er décembre 1913), p. 396.

(2) Appareils ayant figuré à l'Exposition internationale de Gand de 1913 (Section française).

Digitized by Google

moteurs ayant chacun une puissance de 35 chevaux, à la vitesse angulaire de 500 t/m. Ces quatre moteurs sont montés un sur chaque essieu et sont couplés en parallèle aux bornes d'un transformateur monophasé de 6 000/550 volts, dont le secondaire comporte trois prises intermédiaires pour le démarrage et le réglage de la vitesse.

MOTEUR MONOPHASÉ POUR COMMANDE DE MÉTIERS DE FILATURE (1). — Ce moteur est du type monophasé à collecteur et à répulsion compensé. On fait varier sa vitesse par décalage des balais. Il a été construit spécialement pour la commande des métiers continus à filer à anneaux.

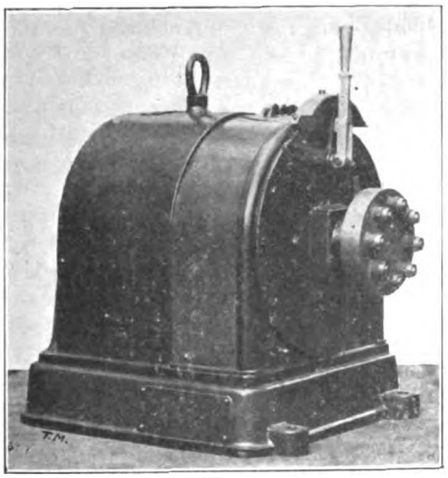


FIG. 4. — Moteur pour métiers de filature.

Le moteur est fermé et son mode de construction permet de protéger parfaitement tous les organes, tout en les laissant cependant très accessibles.

Le réglage de la vitesse se fait automatiquement, au moyen d'un mécanisme d'asservissement qui règle à chaque instant la vitesse du métier suivant le degré de formation des bobines. Un interrupteur, commandé directement par le levier de réglage, isole chaque moteur de la ligne d'alimentation.

La figure 4 représente ce moteur destiné à actionner individuellement les métiers de filature.

J.-A. MONTPELLIER.

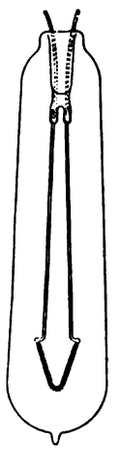
Lampes à filament de tungstène à haut rendement.

L'amélioration des lampes à filament de tungstène peut être obtenue en empêchant la volatilisation du filament ou le noircissement de l'ampoule. En introduisant un gaz inerte sous pression, comme de l'azote ou bien de la vapeur de mercure, on évite pratiquement le noircissement et la volatilisation est très réduite. En appliquant ces principes, on a pu construire des lampes au tungstène ayant, au début de leur mise en service, un rendement d'environ 0,4 watt par bougie, et qui, pour 2000 heures de fonctionnement, consommaient en moyenne 0,5 watt par bougie. Ces perfectionnements n'ont été obtenus jusqu'ici que dans des lampes de grande intensité.

On a longtemps pensé que le noircissement était dû à la présence de gaz dans l'ampoule. On enleva soigneusement les gaz dégagés par le filament, ses supports, l'ampoule. Le résidu, analysé chimiquement et mesuré, s'élevait à moins de un millimètre cube. On introduisit des quantités variables, de différents gaz. Aucun d'eux ne produisait d'effet nuisible, sauf la vapeur d'eau. Celle-ci attaque le filament, produisant un oxyde de tungstène volatif et de l'hydrogène. Cet oxyde se dépose sur la paroi de l'ampoule, où l'hydrogène libre le réduit en un dépôt noir de tungstène métallique, tandis qu'il se reforme de la vapeur d'eau qui ira attaquer le filament. Une très petite quantité de vapeur peut donc transporter une grande partie du filament sur l'ampoule. Une pression de vapeur de 0,0001 mm est suffisante pour produire un noircissement rapide. En enlevant complètement la vapeur d'eau de façon spéciale, on constata encore que le filament se réduisait à haute température, par suite de l'évaporation.

Dans les premières expériences, avec des ampoules contenant de l'azote, les filaments, formés d'une seule boucle, avaient 0 mm 127 et 0 mm 254 de diamètre. La température à l'essai s'élevait à 2.850° absolus. La consommation fut de 0,65 watt par bougie pour le diamètre de 0 mm 125 et la lampe durait 90 heures, tandis qu'avec des filaments de 0 mm 254 on avait 0,56 watt et 300 heures.

La durée était toujours limitée par suite de la cassure du filament qui se réduisait en diamètre. L'intensité ne descendait pas au-dessous de 80 %. L'ampoule restait claire en face le filament et présentait seulement un léger dépôt brun d'azoture de tungstène vers le culot.



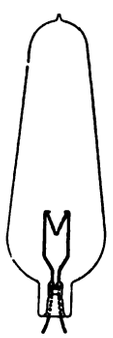


FIG. et 2. — Lampes à filaments de tungstène dans l'azote pour bas voltage.

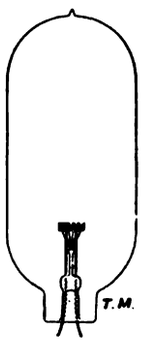


FIG. 3. — Lampe à filament de tungstène dans l'azote pour 110 volts.

Avec des lampes semblables, et le vide à l'intérieur de l'ampoule, le rendement est de 0,41 watt par bougie, mais l'intensité baissait de 20 % au bout de 40 minutes, un dépôt noir se formait rapidement, et la durée était de 3 à 5 heures.

Donc l'accroissement du diamètre augmente la durée des lampes et leur rendement, par suite des pertes par convection moindres dans le cas des gros fils.

La durée dépend de la volatilisation du filament qui se réduit en diamètre. Si la vitesse de volatilisation par unité de surface est la même pour les fils gros et fins, leur durée, pour une température déterminée, est proportionnelle au diamètre. Cependant, la présence d'azote est une cause de convection ; pour des fils de petits diamètres, la quantité de tungstène volatilisé est sensiblement indépendante des dimensions du fil. La vitesse de volatilisation par unité de surface, serait ainsi inversement proportionnelle au diamètre. La durée des filaments sera donc proportionnelle au carré du diamètre.

A moins d'utiliser de très bas voltages, les lampes seront de forte intensité. Il fallait donc augmenter le diamètre sans diminuer sa résistance électrique. On peut par exemple utiliser des filaments tubulaires. On obtint de meilleurs résultats en enroulant le filament suivant une très petite bobine, à spires serrées. Avec une seule boucle, on constate que, lorsqu'il y a des points faibles, ceux-ci sont surchauffés et la rupture se produit rapidement.

Dans la petite bobine, le tungstène étant un métal mou, l'hélice a tendance à s'allonger. Si un point faible existe, les deux spires voisines s'écarteront, mais alors la convection et la radiation se produisant, l'échauffement exagéré ne se produira pas, et ainsi la détérioration en ce point cessera.

Dans les lampes ordinaires à vide intérieur, la forme de l'ampoule est facile à déterminer. Il faut considérer que le verre ne doit pas être trop chauffé. Environ 20 % de la chaleur radiée est arrêtée par le verre et l'échauffe. Avec un gaz à l'intérieur, la convection s'ajoute et s'élève de 6 à 40 % de la chaleur dégagée

(1) Appareil ayant figuré à l'Exposition internationale de Gand de 1913 (Section française).

Digitized by Google

à l'intérieur. Si l'on ne prend pas de précautions spéciales, une partie de l'ampoule est surchauffée ; il se forme de la vapeur d'eau, et il se produit une attaque du tungstène : le noircissement a lieu. Il faut placer le filament vers le bas de l'ampoule, et la hauteur de celle-ci doit être beaucoup plus grande que le diamètre. On a ainsi pu construire des ampoules avec azote, ayant un volume égal à la moitié ou au tiers de celui de lampes à vide de même puissance, c'est-à-dire que des lampes de même volume avec azote auront une intensité 5 ou 10 fois plus grande.

La température du verre, vers la partie supérieure, atteint 100° C à 200° C et la partie inférieure, cependant plus près du filament, est moins chaude.

Des verres durs spéciaux ont été utilisés pour réduire le volume et diminuer ainsi l'action de la vapeur d'eau. Des ampoules au quartz ne donnent pas d'avantages suffisants.

Dans les lampes prenant un fort courant, il a fallu prendre des précautions spéciales, quant aux fils qui passent dans le culot. La dilatation du verre doit être de même grandeur.

Avec des filaments ayant 0 mm 508 et 1 mm 016 de diamètre, la durée des lampes peut atteindre 1000 heures, la consommation étant de 0,4 watts par bougie, les lampes prenant de 20 à 60 ampères. Il serait intéressant d'employer l'azote avec les lampes à faible courant, car même si le rendement n'est pas augmenté, la lumière serait plus brillante et sa couleur meilleure.

Il n'y a pas de limite pour la valeur du courant, cependant le voltage ne doit pas trop descendre.

On pourrait prévoir un rendement de 0,2 watts par bougie, chiffre limité par le point de fusion du tungstène. De plus, au-dessous de 10 volts, l'effet de refroidissement par les fils d'amenée du courant, devient nuisible.

On peut donc pratiquement obtenir des lampes durant 1500 heures, prenant 10 ampères et consommant 0,5 watt par bougie. Avec des lampes qui absorbent 5 ampères, la consommation devient 0,6 à 0,7 watt par bougie. On a construit plusieurs lampes de 6 à 7 ampères sous 110 volts, ayant une durée de 1000 heures et dont la consommation est de 0,6 à 0,7 watt par bougie.

La British Thomson Houston construit actuellement des lampes de forte intensité basées sur ce principe. Elles donnent 300 à 1500 bougies et leur durée est de 1000 heures. Le filament est une spirale de tungstène étiré d'après les procédés employés, par la British Thomson pour ses lampes Mazda. Des abat-jours spéciaux accompagnent ces lampes.

Voici quelques chiffres obtenus sous 80 volts :

N° des lampes	Ampères	Bougies décimales	Watts par bougie décimale
1	9,2	1470	0,495
2	9,15	1442	0,505
3	9,1	1320	0,51
4	9,03	1385	0,52
5	10	1680	0,477

Ces lampes doivent être employées en série pour des voltages supérieurs. Avec le courant alternatif, il est facile d'employer des transformateurs.

J. B.

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Scies circulaires à coupe extra-rapide à froid.

Pendant longtemps, les scies circulaires destinées à couper les métaux à froid n'ont pas donné de bons résultats à cause de la difficulté que l'on éprouvait à avoir une trempe bien uniforme des dents. Même avec une scie à coupe moyennement rapide, il se produisait de fréquentes ruptures qui arrêtaient le travail et pouvaient occasionner des accidents. Aujourd'hui, l'on est arrivé à faire des scies extra-rapides en les construisant comme les fraises de grandes dimensions. Dans les scies système Ehl, la lame est faite d'un disque d'acier doux, sur lequel sont rapportées les dents en acier spécial. Ces dents sont interchangeables, de sorte qu'en cas de rupture, il suffit de remplacer celles qui se sont brisées. On les affûte seulement sur le dos et non sur la face avant, et leurs coins sont abattus alternativement à droite et à gauche pour faciliter le dégagement des copeaux (fig. 1 et 2).

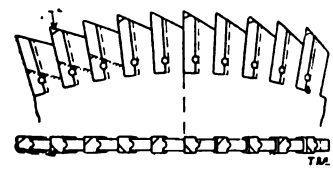


Fig. 1 et 2. — Ecornement alternatif des dents.

L'acier dont sont faites les dents peut conserver longtemps son tranchant, de sorte que, en service normal, il suffit d'enlever à la meule une faible fraction de millimètre, pour que les dents durent très longtemps.

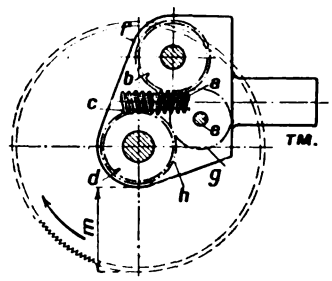


Fig. 3. — Engrenages de commande de la scie.

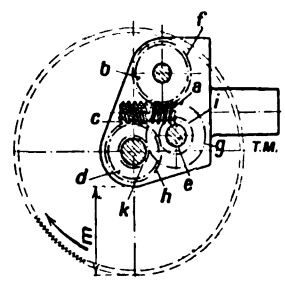


Fig. 4. — Commande pour scie de très grande puissance.

On construit des affûteuses automatiques pour l'affilage des dents et l'abatage alternatif de leurs coins.

Les scies sont, en général, commandées électriquement et le mouvement de rotation du moteur est transmis à la lame par une vis sans fin qui engrène avec son arbre. Si l'on a à scier des pièces de grande section, on emploie le dispositif représenté sur la figure 3. L'arbre de commande se termine par deux vis dont les pas sont de sens inverses ; l'une d'elles engrène directement avec l'arbre de la scie, comme dans le cas précédent, mais en outre, la seconde vis agit sur le même arbre par l'intermédiaire des roues dentées *fgh*. On peut donc admettre que la puissance à transmettre est répartie également entre les deux vis sans fin, et que l'on obtient ainsi un rendement double de celui que donnerait une commande unique.

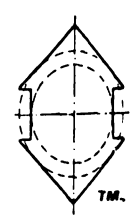


Fig. 5. — Coulisseau de guidage.

Ces roues dentées ont l'inconvénient d'être encombrantes, et celle qui est placée sur l'arbre de la scie, étant de plus grand diamètre que la roue à vis du même arbre, réduit la dimension *m* des pièces que l'on peut scier sur la machine. Aussi a-t-on une tendance à réduire ces organes autant que possible, ce qui nuit parfois à la puissance de la scie et à son rendement.

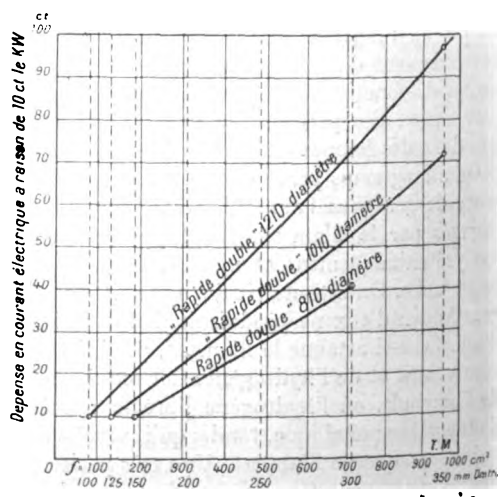


Fig. 6. — Diagramme de la dépense de courant des scies à coupe extra-rapide.

Digitized by Google

Si l'on a besoin de plus de puissance encore, on place des roues dentées de chaque côté des roues à vis et un nouvel engrenage intermédiaire (fig. 4).

Dans son avancement automatique, la lame de scie est guidée par un coulisseau à section généralement carrée, ou, pour les grandes puissances, à section renforcée (fig. 5), ce qui a l'avantage de mieux répartir la pression et de permettre le rattrapage du jeu après usure par le remplacement du coin.

Le disque qui porte les dents peut être légèrement ovale et la pièce à couper présente souvent des variations de profil et de dureté qui peuvent provoquer la rupture des dents. Aussi, la vitesse d'avancement automatique se trouve-t-elle réglée par un écrou qui cède et débraye lorsqu'une résistance trop grande s'oppose soudain à l'avancement. Ce dispositif remplace la sensibilité d'un ouvrier adroit et évite que les dents ne soient brisées s'il se produit des à-coups dans le travail.

Les organes de commande de la machine sont placés à l'avant, de sorte qu'un ouvrier peut en conduire

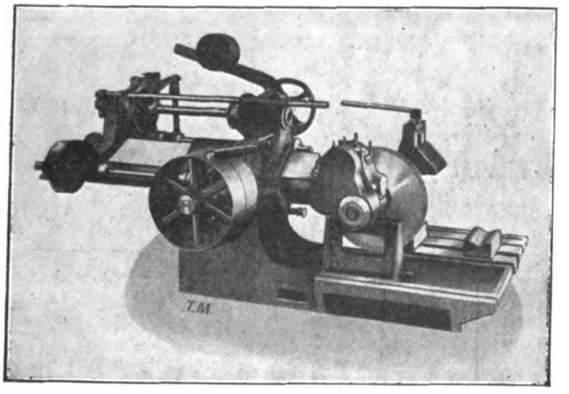


Fig. 7. — Scie à poutrelles.

plusieurs à la fois le débrayage a lieu automatiquement à la fin de la coupe.

Le graphique que montre la figure 6 indique la dépense de

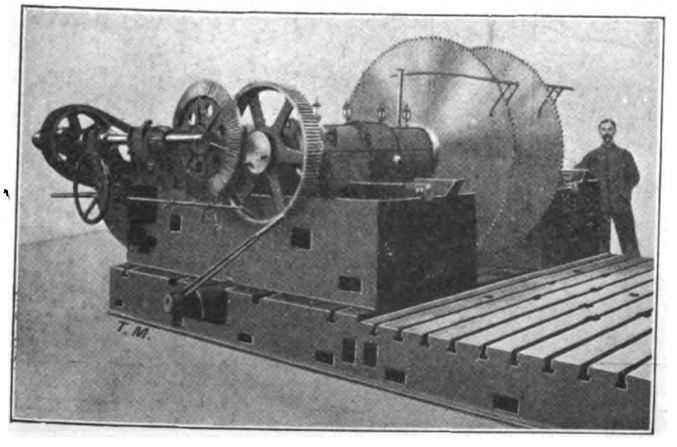


Fig. 8. — Scie rapide-double.

courant électrique pour différentes scies et des pièces de sections diverses.

Ces machines sont maintenant tout à fait entrées dans la pratique. On leur donne des formes spéciales suivant le travail à exécuter.

Ainsi, pour scier des poutrelles, droit ou en biais, on emploie

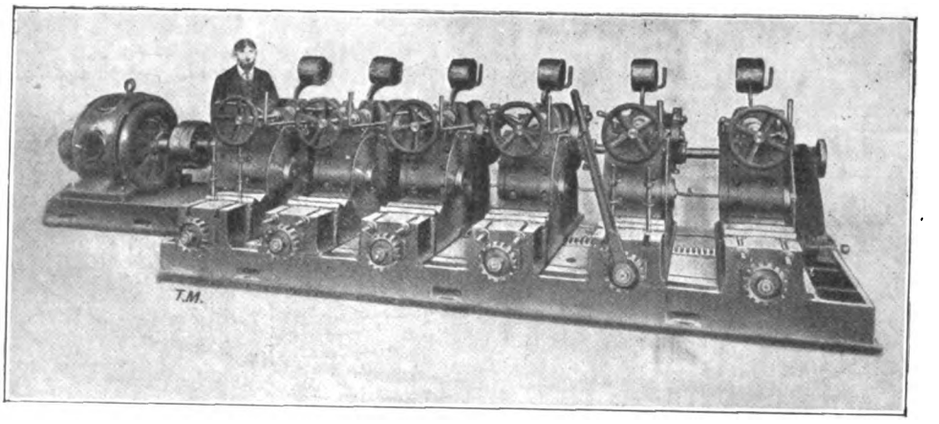


Fig. 9. — Scie sextuple pour sectionner les longues pièces

la disposition de la figure 7 (système Ehl), avec une tête porte-scie dont on peut faire varier à volonté l'inclinaison.

La figure 8 représente une machine à scier *rapide double*, avec deux scies circulaires de 810 mm de diamètre qui permettent de scier rapidement de longs blocs d'acier. La puissance nécessaire est de 20 chx et un dispositif spécial permet d'obtenir 5 vitesses

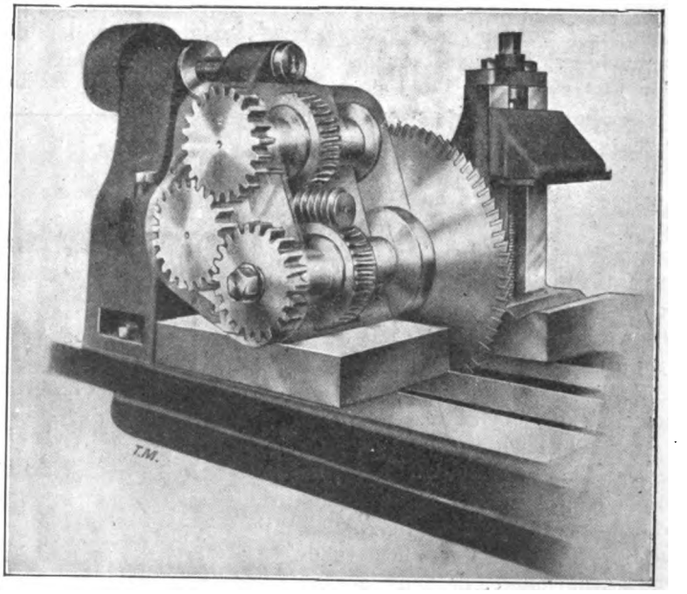


Fig. 10. — Scie spéciale pour masselottes.

de rotation de la lame suivant la dureté de l'acier. Le chariot possède en outre 6 vitesses d'avancement.

La machine représentée par la figure 9 sert à scier par une seule opération une longue pièce en sept morceaux. Elle comprend six scies d'égale puissance montées en dérivation sur un arbre unique qu'entraîne un moteur de 40 chx.

Enfin, la figure 10 représente une machine puissante destinée à scier les masselottes et autres grosses pièces.

La maison Hamelle a établi également une scie circulaire à coupe extra-rapide à froid, qui se distingue particulièrement de la scie système Ehl par la forme des dents, en acier spécial, rapportées sur le disque d'acier doux.

R. M. G.

Digitized by Google

MACHINES THERMIQUES

Les moteurs système Diesel Carels (1).

Les usines Carels construisent, depuis 1893, les moteurs Diesel appliqués aux installations terrestres et marines. Cette maison a donc une longue expérience de la construction de ces machines. Elle avait exposé à Gand plusieurs moteurs.

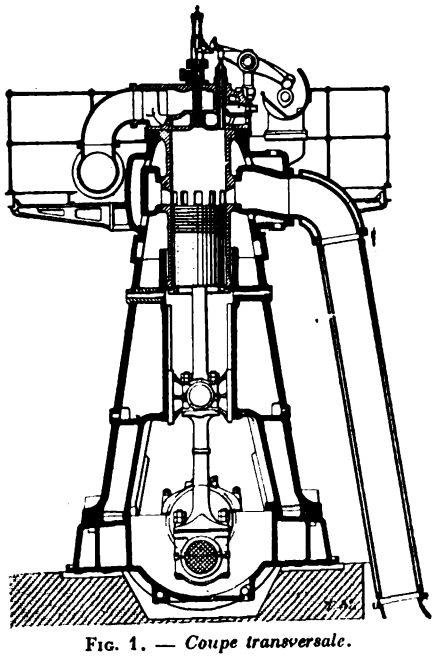


FIG. 1. — *Coupe transversale.*

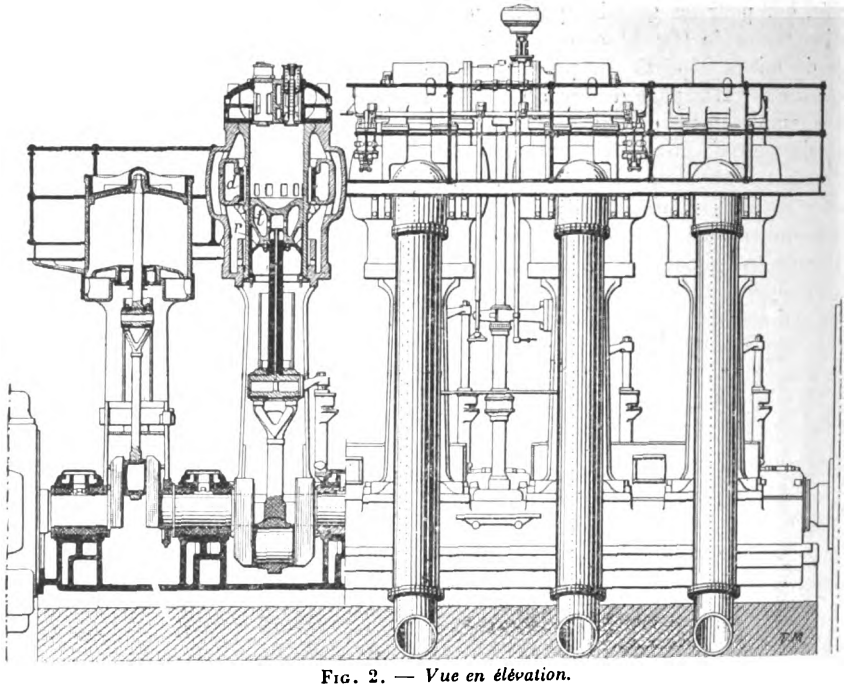


FIG. 2. — *Vue en élévation.*

FIG. 1 et 2. — Moteur fixe système Diesel Carels, 1 000 chevaux effectifs.

Un moteur fixe de 1 000 chevaux effectifs (fig. 1 et 2) était accouplé à un alternateur de 600 kw, et fonctionnait tous les jours, pour fournir l'énergie nécessaire, aux services accessoires de l'Exposition. C'est un moteur vertical (fig. 2), à deux temps, à quatre cylindres simple effet, chacun ayant 510 d'alésage, 660 de course et tournant à 180 tours par minute. La pompe de balayage à double effet, se trouve dans l'alignement des cylindres moteurs, et en contrebas. Elle est actionnée par l'arbre principal, qui commande également la tige de la distribution de la pompe. Cet air est introduit à la pression effective de 1/4 d'atmosphère, de haut en bas dans les cylindres et chasse les produits de la combustion. L'échappement se fait par des lumières pratiquées dans les fourreaux des cylindres, et communiquant avec de grosses tuyauteries refroidies par une circulation d'eau. Les quatre soupapes de balayage s'ouvrent presque au moment où les lumières d'échappement sont découvertes par le piston, et se referment quand le piston a de nouveau dépassé ces lumières.

Une pompe spéciale assure la circulation de l'eau. Celle-ci passe successivement dans les culasses, autour des cylindres et de l'espace annulaire d'échappement. Elle arrive dans le piston par l'intermédiaire de la crossette et de la tige du piston.

Cette crossette, munie de patins, transmet, sur une glissière bien refroidie, la poussée latérale de la bielle. Cela permet, avec un jeu minimum pour ces glissières, de donner un bon guidage au piston, tout en augmentant son jeu, et de diminuer beaucoup l'usure des cylindres, et de supprimer le grippage.

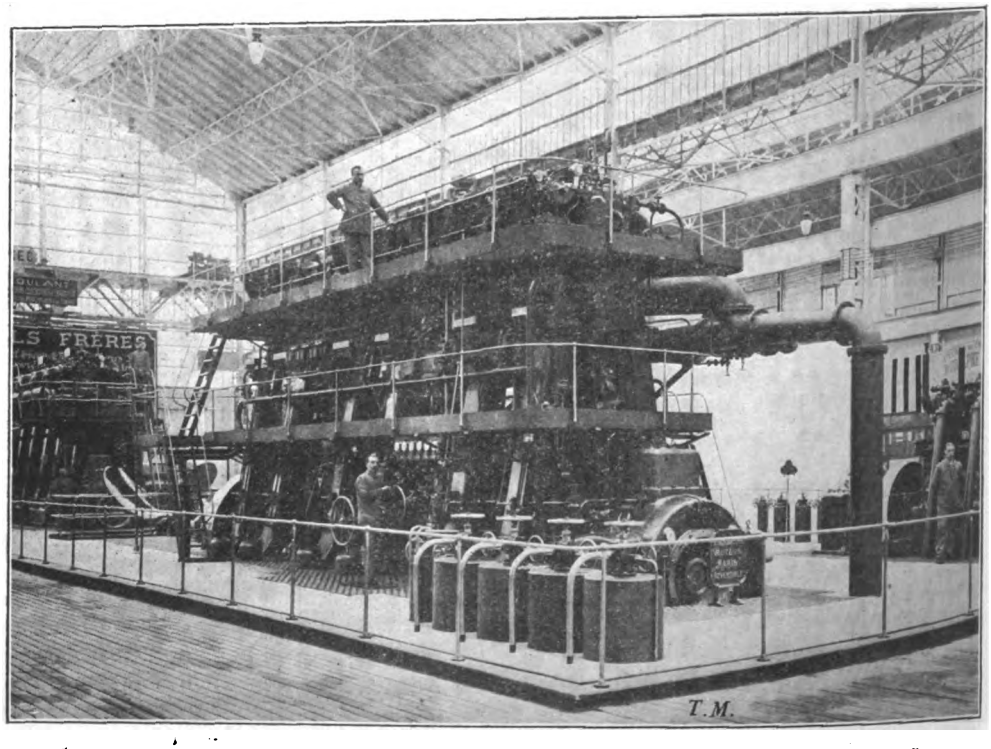


FIG. 3. — Moteur marin reversible de 2 250 chevaux.

Il y a deux pompes d'injection à deux plongeurs chacune. La régulateur centrifuge permet un réglage, la machine étant en marche. A l'aide d'un volant à main, on peut faire varier la position des contrepoids sur le levier du régulateur.

(1) Machines ayant figuré à l'Exposition internationale de Gand de 1913 (Section belge).

Digitized by Google

Deux cylindres seulement sont munis de soupapes de lancement à air en plus des quatre soupapes de balayage et de l'aiguille d'injection.

Le graissage est automatique dans toutes les parties du moteur. Le graissage du cylindre et des tourillons de crossettes est forcé. La pompe de graissage est actionnée par l'intermédiaire de la crossette.

Dans l'alignement des cylindres se trouve un compresseur à trois étages qui produit l'air comprimé de démarrage et d'injection à 60 atmosphères.

Le moteur marin, de 2 250 chevaux du type réversible, est également à deux temps (fig. 3). Ses six cylindres ont 510 d'alésage et 920 de course. Il tourne à 130 tours par minute. Ses crosses sont unilatérales. Tout l'attelage moteur est accessible et visible. Les pompes de balayage sont placées latéralement et mues par des balanciers commandés par l'arbre principal.

Le conducteur de la machine a devant lui un cadran, qui lui indique successivement le nombre de cylindres qui fonctionnent à l'air comprimé et au combustible. Après le lancement, les soupapes deviennent une à une inactives, et les aiguilles d'injection correspondantes commencent à se soulever. Le renversement de marche peut se faire en 7 secondes. Le changement de distribution est réalisé par un petit déplacement longitudinal de l'arbre général de distribution, qui met en regard des galets commandant les leviers des soupapes, un assortiment de cames distinctes, correspondant au nouveau sens de marche. Des dispositifs spéciaux rendent impossible les fausses manœuvres.

A côté du moteur fixe de 1 000 chevaux, se trouvait un des premiers moteurs Carels Diesel horizontal de 100 chevaux. La disposition de ce moteur ressemble assez bien à celle d'une machine à vapeur. Mais la culasse présente des dimensions spéciales, par suite de la présence de la soupape de combustion et de diverses tuyauteries.

J. B.

MINES

Les expériences de Frameries sur le bourrage extérieur en poussières incombustibles.

En septembre 1911, MM. Watteyne et Lemaire publiaient une première note sur le « Bourrage extérieur en poussières incombustibles ». Les auteurs exposaient, dans leur article (1), le principe de leur procédé, et publiaient les premiers résultats d'expériences qui semblaient favorables. Ces expériences avaient porté principalement sur les poussières de houille.

Rappelons que, pour l'estimation en Kg du poids P de poussières incombustibles à disposer en bourrage extérieur, M. Lemaire donnait la formule :

$$P = \frac{Q}{120},$$

dans laquelle Q est la quantité de chaleur, en grandes calories, dégagée par la détonation de la charge d'explosif, déduction faite de la quantité de chaleur employée à porter à 600 degrés les produits de la détonation.

Dans une récente note, de juin 1913 (2), les promoteurs du bourrage extérieur proposent une formule plus simple encore, mais complètement empirique :

$$P = 1 + 5p,$$

où p est, en Kg, le poids de la charge d'explosif.

Cette estimation suppose, pour l'explosif, une valeur de Q égale à 720 calories, valeur certainement supérieure au chiffre réel, et qui donne théoriquement toute sécurité.

La deuxième série d'expériences, dont MM. Watteyne et Lemaire ont rendu compte en juin dernier, eut surtout pour but de contrôler l'efficacité du bourrage extérieur en présence du grisou.

A cet effet, les charges d'explosifs furent tirées, devant le mélange grisouteux, à 8 % de méthane, dans des mortiers d'acier de 55 ou 70 millimètres de diamètre, sans bourrage intérieur. Les matières incombustibles étaient disposées en cône d'éboulement à la bouche du canon, sur une planchette de 0m25 de largeur, placée en travers de la galerie.

Les essais furent faits :

1° Avec la dynamite-gomme n° 1, qui, sans bourrage, enflamme le grisou à la charge de 100 grammes.

Il résulte des tirs qu'un poids de bourrage extérieur quintuple de la charge d'explosif empêche toujours l'inflammation du grisou Si l'on réduit le poids de bourrage à trois fois celui de l'explosif, le grisou s'enflamme, mais l'inflammation ne se propage pas ;

2° Avec la dynamite-gélatine composée de :

Nitroglycérine gélatinisée	40
Nitrate de soude	43
Cellulose	16,5
Carbonate de soude	0,5

les résultats sont analogues.

Un autre explosif fut expérimenté : la Tonite belge qui, sans bourrage, enflamme le grisou à la charge de 100 grammes.

Les essais effectués avec des charges de 600 grammes, n'ont jamais donné d'inflammation, pour des poids de bourrage variant de 1 à 3 kilogrammes.

Devant les résultats satisfaisants de ces expériences, la firme H.-E. Kruskopf, de Dortmund, pensa qu'il serait bon de vulgariser l'emploi du bourrage extérieur, en le présentant sous une autre forme.

Le dispositif qu'elle fit expérimenter à la galerie d'essais de Neunkirchen consiste en un tube de carton rempli de poussières incombustibles, et portant à son extrémité un sac en papier, également rempli de ces poussières. Au moment du tir, on introduit le tube de carton dans le trou de mine, le sac restant à l'extérieur.

Les auteurs objectent que le carton et le papier sont dangereux parce que combustibles. Pourtant, après l'expérimentation du dispositif Kruskopf, on a retrouvé des fragments de carton et de papier ne portant aucune trace de combustion.

Recherchant un autre mode d'emploi des poussières inertes, MM. Watteyne et Lemaire les ont introduites dans le trou de mine, en gaine autour de la charge d'explosif. C'est ce qu'ils appellent la « schistification intérieure. »

Les tirs au mortier d'acier ont montré que l'introduction de craie ou de schistes rouges pulvérisés autour des cartouches pouvait élever la charge-limite de la dynamite-gomme n° 1, de 100 grammes à 500 grammes, en présence du grisou, et à 450 grammes en présence des poussières.

A la suite de tous ces essais, il était intéressant de rechercher si les explosifs, tirés au mortier d'acier, étaient plus ou moins dangereux que lorsqu'on les tire dans le rocher.

La station d'essais de Frameries entreprit dans ce but une série d'expériences, avec des mortiers de pierre constitués par des blocs de granit d'Ecaussines, de $0^m40 \times 0^m40 \times 1$ mètre, dans l'axe desquels étaient forés des trous au diamètre des cartouches.

Dans des canons de ce genre, même sans bourrage, les explosifs expérimentés travaillaient en faisant éclater la pierre, et cette déperdition d'énergie était la cause d'une élévation appréciable des charges-limite.

Ainsi, la dynamite-gomme n° 1 a pu être tirée sans bourrage dans le mortier de granit, à la charge de 300 grammes, sans enflammer le grisou, ni les poussières ; et 10 centimères de bourrage d'argile ont empêché toute inflammation à la charge de 500 grammes du même explosif.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, septembre 1911; *La Technique Moderne*, t. III, n° 12 (décembre 1911), p. 721; *Notes Techniques du Comité central des Houillères de France*, n° 289.

(2) Voir *Annales des Mines de Belgique*, juin 1913, et *Notes Techniques du Comité central des Houillères de France*, n° 353.

Digitized by Google

Cet accroissement de la sécurité des explosifs par le fait du travail a été nettement mis en évidence par des photographies de flammes. En voici un exemple frappant :

Tandis que cinq cartouches de dynamite, tirées dans le mortier d'acier, donnent une flamme de 1m25 de hauteur et 2m50 de largeur, cette flamme se trouve réduite à 20 centimètres sur 20 centimètres, si la même charge est tirée au canon de pierre. Si l'on ajoute à cela un bourrage d'argile soigneusement fait, on n'enregistre plus aucune lueur.

Ces tirs au mortier de granit, très intéressants quant à leurs enseignements, présentaient des difficultés pratiques : outre qu'à chaque expérience le canon était détruit, les opérateurs étaient limités dans le poids des charges d'explosifs, par la nécessité de ménager la galerie, qui donnait, à la suite d'essais violents, des signes de fatigue inquiétants.

Pour ces raisons, et aussi pour se rapprocher davantage encore des conditions de la pratique, le creusement d'une galerie au rocher fut décidé, où l'on tirerait les explosifs exactement comme on peut le faire dans les travaux miniers.

Cette galerie, située un peu au sud de Frameries, dans le bois de Colfontaine, pénètre à flanc de coteau, dans une région de houiller inférieur.

Le creusement, commencé au début de l'an dernier, est achevé et des expériences ont eu lieu ; leurs résultats et l'exposition des conditions opératoires feront l'objet de notes ultérieures.

P. P.

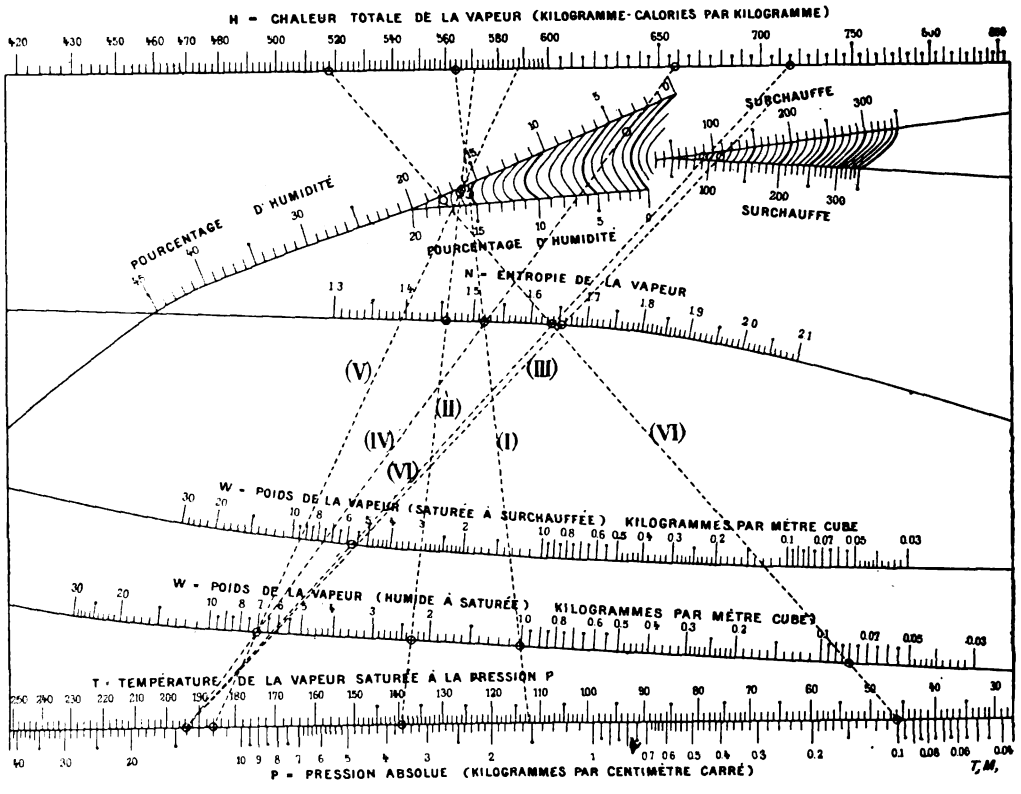


FIG. 1. — Nomogramme de M. J. Eichhorn pour les propriétés de la vapeur.
(Les exemples indiqués sont ceux qui sont mentionnés dans la présente note).

M. Eichhorn a remplacé ces deux diagrammes par un nomogramme à points alignés selon la méthode proposée pour la première fois par M. d'Ocagne. Il a réussi, par des méthodes d'approximation, à combiner en un nomogramme une série d'échelles empiriques qui donnent, par simple alignement, cinq des principales propriétés de la vapeur, savoir : la chaleur totale, le degré d'humidité ou la surchauffe, l'entropie, le volume spécifique, la pression absolue.

L'approximation obtenue est suffisante pour les besoins de la pratique.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Nomogrammes de M. J. Eichhorn, pour les propriétés de la vapeur (1).

On sait quels avantages présentent, au double point de vue de la rapidité d'exécution et de la commodité de l'emploi, les nomogrammes à points alignés inventés par M. d'Ocagne. Le champ de leur utilisation s'étend, non seulement à la représentation de fonctions de plusieurs variables définies mathématiquement, mais encore, ainsi que l'a signalé lui-même M. d'Ocagne (2), à la représentation de lois purement empiriques.

Une nouvelle application de cette méthode vient d'être donnée récemment par un ingénieur américain, M. J. Eichhorn, à propos des propriétés de la vapeur. Nous croyons que l'emploi du nomogramme qu'il a établi faciliterait les calculs des ingénieurs s'occupant de la question, et c'est dans cette intention que nous exposons succinctement ci-après les résultats auxquels il est parvenu.

Les propriétés thermiques de la vapeur ont été l'objet de tables qui sont devenues de plus en plus compliquées, en même temps que les données expérimentales sur la question s'étendaient. Les plus récentes de ces tables sont celles de Mark et Davies (New-York, 1909). Elles contiennent, outre des tables numériques fort étendues, deux diagrammes de grande dimension qui font connaître approximativement les propriétés de la vapeur saturée, aussi bien que celles de la vapeur humide ou surchauffée. Dans le premier de ces diagrammes, on a porté l'entropie en abscisse et la chaleur totale en ordonnée, deux séries de courbes correspondent respectivement à la « pression constante » et à la « surchauffe constante ». Dans le second, la pression absolue est portée en abscisse et la chaleur totale en ordonnée, une première série de courbes correspond au « volume constant », et une seconde à la « surchauffe constante ».

On remarquera que la proportion d'eau ou la surchauffe sont indiquées par des courbes auxquelles l'index rectiligne servant à la lecture devra être tangent. L'échelle du bas porte une graduation supplémentaire donnant la température de la vapeur saturée à la pression P.

Le nomogramme permet donc, connaissant deux propriétés de la vapeur, d'en déduire les trois autres.

Exemple I. — Un récipient de 1 mètre cube de capacité contient 0 kg 15 d'eau et 0 kg 85 de vapeur. Trouver les autres propriétés de la vapeur.

Par le point 1 de l'échelle donnant le poids de la vapeur (humide à saturée) par mètre cube, on mène une tangente à la courbe correspondante au degré de pourcentage d'humidité 15, nous trouvons pour la chaleur totale 564 calories par kilogramme ; entropie, 1,52 ; pression, 1 kg 5 par cm².

Exemple II. — Un indicateur sur une machine à vapeur montre, qu'à un moment donné de la détente, la pression de la vapeur (humide à saturée) est 3 kg 6 par cm² et son volume 6 dm³. Trouver ses autres caractéristiques si le poids de la vapeur dans le cylindre est 13 gr 8.

(1) Voir aussi *The Swedish Engineer's Society*, vol. 3.

(2) Voir les ouvrages de M. d'OCAGNE : *Traité de nomographie*, page 203 et *Calcul graphique et nomographie*, page 277.

Digitized by Google

Le poids spécifique est $\frac{13,8}{6} = 2$ k 3 par m³.

La droite joignant le point 2,3 pris sur l'échelle des poids spécifiques au point 3,6 pris sur l'échelle des pressions donne pour l'entropie 1,46 et pour degré d'humidité 16 %.

Exemple III. — Quelle est l'entropie d'une masse de 1 kg de vapeur à la pression de 14 kg par m² et à la température de 304° C?

Les échelles accolées du bas du tableau montrent que la température de la vapeur saturée à la pression de 14 kg par cm² est de 194° C. La vapeur est donc surchauffée de 304° — 194° = 110°. Menant, par le point 14 de l'échelle des pressions, une tangente à la courbe de surchauffe 110° C, nous voyons que l'entropie est 1,655.

Exemple IV. — Quelle est la quantité de chaleur consommée par kilogramme de vapeur par une chaudière fournissant de la vapeur à 14 kg de pression par cm² et contenant 2 % d'humidité ?

Menons par le point 14 de l'échelle des pressions une tangente à la courbe représentant le pourcentage d'humidité 2. Nous obtenons ainsi, pour la quantité de chaleur absorbée; 658 calories par kilogramme de vapeur.

Exemple V. — Quel est le volume de 6 kilogrammes de vapeur à la pression de 12 kg par cm² et à 16 % d'humidité ?

Menons du point marqué 12 sur l'échelle des pressions la tangente à la courbe correspondant à 16 % d'humidité. Nous trouvons sur l'échelle (humide à saturée) que le poids spécifique est de 7 kg par m³. 6 kilogrammes occuperont donc un volume de $\frac{6}{7} = 0^{m3},857$.

Détente adiabatique. — L'entropie est constante dans une détente adiabatique et, par suite, en faisant tourner la droite autour d'un point fixe de l'échelle de l'entropie nous aurons les variations correspondantes des quatre autres variables. En général, deux des trois quantités : pression, volume spécifique, température, sont connues à l'origine de la détente et déterminent la valeur constante de l'entropie par leur alignement.

Donnons un exemple.

Exemple VI. — Une masse de vapeur à la pression de 14 kg par cm² et à la température de 283° est surchauffée à 283° — 193° = 90°. Trouver la masse spécifique de cette vapeur après sa détente jusqu'à la pression de 0 kg 1.

En menant par le point marqué 14 de l'échelle des pressions la tangente à la courbe de surchauffe 90, nous trouvons comme entropie 1,638. Faisons pivoter la droite autour de ce point jusqu'à ce qu'elle vienne passer par le point 0 kg 1 de l'échelle des pressions, l'alignement nous donne alors la masse spécifique de 0.08 kg par m³, et la chaleur totale : 518 grandes calories par kg. Le degré d'humidité est alors de 17,5 %.

On voit avec quelle commodité de semblables problèmes sont résolus et combien sont réduites les possibilités d'erreur de lecture, toujours à envisager dans la consultation de tables longues et compliquées.

L'auteur a également construit des nomogrammes à points alignés, qui permettent de déterminer avec une plus grande approximation le volume spécifique de la vapeur surchauffée, ainsi que d'autres relatifs aux propriétés de la vapeur d'ammoniaque et au calcul des électro-aimants.

JACQUES RIDET,
Elève-ingénieur des Ponts et Chaussées.

TRAVAUX PUBLICS

Le damage pneumatique du béton.

Il a été établi par de nombreuses expériences que la résistance des bétons de composition identique varie sensiblement selon la façon dont ils ont été damés. Or, le damage à la main est essentiellement inégal, puisqu'il dépend de l'assiduité au travail des ouvriers et également de leur aptitude physique; le damage pneumatique, au contraire, est toujours semblable à lui-même, puisqu'il est indépendant de l'ouvrier et qu'il ne lui occasionne aucune fatigue. Un ingénieur belge, M. Serrure, en a recherché les avantages (1).

Les résultats d'expérience faites sur du béton composé de 250 kgs de ciment Portland, 400 litres de sable normal, 800 litres de gravette, font ressortir que le nombre de coups appliqués sur la surface à damer a plus d'importance que la force avec laquelle le damage est effectué. C'est ainsi qu'en opérant sur des cubes de 7 cm,1 de côté, il a été établi que 60 coups donnaient une résistance de 201 kgs par cmq, et que celle-ci tombait à 173 kgs pour 40 coups, puis à 108 avec 20 coups, tandis que la même éprouvette, simplement tassée avec la main, avait une résistance de 66 kgs. La dame avait un poids de 15 kilogrammes et tombait de $0^m,50$ de hauteur.

Un ouvrier parfait opérant dans ces conditions ne pourrait guère donner plus de 50 coups par minute, en admettant qu'il ne ressente pas de fatigue, tandis qu'une pilonneuse à air comprimé atteint de 300 à 400 coups dans le même espace de temps.

Pour connaître les avantages résultant du pilonnage à air comprimé, l'auteur a consulté quelques sociétés utilisant couramment ce procédé, ou l'imposant dans leurs travaux. Il en résulte que l'on peut admettre que :

1° La compacité du béton est trois fois plus forte qu'avec le béton damé à la main ;

2° La résistance à la pression est cinq fois plus forte ;

3° Le travail fourni est uniforme et ne procure aucune fatigue à l'ouvrier ;

4° Le travail d'une pilonneuse équivaut au travail de cinq hommes, et atteint 100 m³ par journée de 10 heures, lorsqu'il s'agit du pilonnage des grandes masses ;

5° La facilité de surveillance du personnel est considérablement augmentée.

L'installation d'un damage pneumatique de béton est peu coûteuse et facile à réaliser. Elle comprend un groupe moto-compresseur, la tuyauterie et les pilonneuses.

Le groupe motocompresseur peut être avantageusement constitué par un moteur électrique et un compresseur montés sur le même bâti, de façon à être facilement transportable. Dans les chantiers un peu étendus, on évite ainsi une trop grande longueur de tuyauterie. Le moteur électrique est avantageux en ce sens que sa mise en route est facile, et actuellement un manœuvre peut suffire à cette opération.

Selon le nombre de dames en service, le compresseur est à un ou deux étages de compression.

La pilonneuse est un outil très simple en même temps que très robuste. L'air comprimé est admis au moyen d'une soupape à levier; il agit sur un piston relié par une tige à une plaque de base de grandeur variable selon le travail à exécuter. L'appareil se déplace très facilement; il suffit de l'incliner légèrement sur la surface à pilonner : on obtient ainsi un damage parfait sur toute l'étendue du béton.

On peut faire varier la puissance du choc en diminuant la pression de régime, cette opération étant indispensable, car il est bien évident qu'en couche mince ou que pour un hourdis, il faut frapper moins fort si l'on ne veut pas risquer d'écraser le béton ou de disloquer les coffrages.

Ajoutons que la base inférieure du pilon, s'emmanchant à cône sur la tige du piston, est trempée afin d'éviter l'usure sur le gravier. Nous nous permettrons d'ajouter à cette analyse rapide qu'en France, l'emploi des pilonneuses ou pilettes à air comprimé, commence à se répandre. Elle a été employée avec succès en différentes circonstances, notamment pour la construction de l'usine de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité à Issy-les-Moulineaux, entièrement exécutée en ciment armé.

H. VILLETARD,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

(1) *Annales des Travaux Publics de Belgique*, août 1913, tome VIII.

Digitized by Google

Le macadam au goudron.

Le développement considérable de la locomotion automobile nécessite aujourd'hui que la chaussée des routes soit faite de matériaux présentant une grande cohésion, car sans cela, la surface de la route est rapidement détruite.

On a songé naturellement à employer dans ce but le béton (1), et il a donné d'excellents résultats aux Etats-Unis. En Angleterre, on emploie de préférence le macadam au goudron, qui donne également toute satisfaction sur les quelques kilomètres de routes empierrées de cette manière à Bridlington.

On commence par préparer le sol suivant le profil adopté, sans qu'il soit toujours nécessaire d'y passer le rouleau, puis on établit les fondations. Elles peuvent consister en un lit de briques concassées de 30 cm d'épaisseur, sur lequel on fait passer un rouleau à vapeur de 10 ou 12 t. On peut se servir de moellons bruts, en grès, que l'on entasse à la main sur une vingtaine de cm d'épaisseur; les pierres ont de 15 à 22 cm de longueur et 10 à 15 d'épaisseur.

On a soin de disposer la plus grande dimension en travers de la route, puis on répand, sur les moellons, de la pierre, de la brique ou du béton concassés afin de bien boucher les interstices; enfin, on passe le rouleau en même temps qu'on arrose abondamment.

Il est très important, pour que les pierres absorbent bien le goudron, qu'elles soient très sèches, et ne renferment pas de poussière ni de sable. On les fait donc passer dans un four dont la sole, faite de plaques de fonte de 1 m × 3 m × 15 mm, a une surface totale de 36 m². Elle est chauffée par les flammes de deux foyers à coke, que des chicanes obligent à faire un long parcours avant de se rendre à la cheminée. Si les pierres ne sont pas trop humides, le séchage demande environ une demi-heure.

On a employé différentes sortes de pierres, entre autres du calcaire, des scories et du granite d'Ecosse. C'est ce dernier qui a donné les meilleurs résultats et il est aujourd'hui uniquement employé. La calcaire absorbe bien le goudron, mais il est friable et donne de la poussière. Il en est de même de la scorie.

On trie les pierres et on les mélange ensuite dans les proportions suivantes : 50 % à 60 mm, 40 % de 35 à 60 mm et 10 % de 12 à 18 mm. On ajoute environ 45 l, 50 de goudron de houille par tonne de pierres. Quelques ingénieurs additionnent le goudron d'un peu de résine, mais cette pratique n'est pas recommandable.

On chauffe le goudron à 125° environ, et l'on fait le mélange à la main ou en se servant d'un des nombreux appareils qui ont été construits pour cet usage.

Le chargement de la route se fait par couches successives en passant le rouleau après le dépôt de chacune d'elles. On emploie d'abord un rouleau de 6 t, puis un de 10 t. Quand l'opération est terminée, l'épaisseur totale doit être de 15 cm environ. S'il s'agit d'une route large et peu fréquentée, l'épaisseur peut être réduite à 10 cm sur les côtés; enfin, pour un chemin d'importance secondaire, on pourra se contenter de 10 cm sur toute la largeur.

Prix de revient. — Le prix de revient du macadam au goudron, sur une épaisseur de 10 cm, a été à Bridlington de 5 fr 22 par m² pour une surface totale d'au moins 100 m². De 1 000 à 2 500 m², il s'abaisse à 4 fr 85 par m² et, à partir de 2 500 m², on peut donner au macadam l'épaisseur de 15 cm en dépensant 5 fr 22 par m².

Pour une route de 7m,20 de large, sans les fondations, ni les caniveaux, ni les trottoirs, cela représente une dépense au kilomètre de 35 750 fr et de 46 250 fr pour une route de 9 m de large, l'épaisseur étant dans les deux cas de 10 cm. Le macadam ordinaire aurait coûté dans les mêmes conditions 2 fr 58 par m².

Le granite d'Ecosse coûte 11 fr 70 la tonne sur tombereau dans le port, plus 1 fr 25 par tonne de transport jusqu'au dépôt, et 80 centimes en moyenne pour l'amener à pied d'œuvre, si la route est à moins de 2 km de l'atelier de mélange. Le goudron est payé aux usines à gaz à raison de 90 c par baril de 182 l, plus 30 c par baril de transport jusqu'au dépôt. Le coke coûte 22 fr 50 la tonne, plus 80 c de transport ; enfin les ouvriers qui font le mélange sont payés 55 c l'heure.

La figure 1 représente la section d'une route actuellement en construction à Bridlington. Cette route a environ 1 200 m de long et 15 m de large. Le prix de revient de l'empierrement, y compris les fondations, les bordures et ruisseaux, une bande

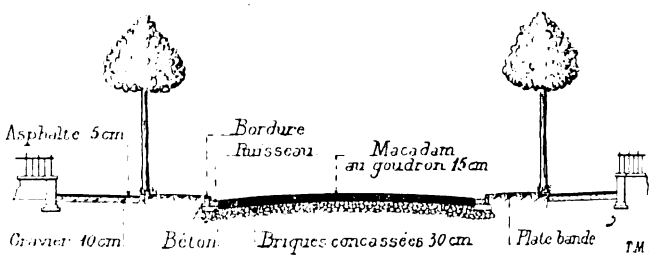


FIG. 1. — Profil d'une route empierrée en macadam au goudron.

couverte d'herbe, une double rangée d'arbres et des trottoirs asphaltés est de 89 375 fr par kilomètre. La chaussée a 7m,20 entre bordures ou 6m,70 entre les dalles des ruisseaux.

Voici le prix de revient détaillé par mètre courant :

Excavation et remplissage à 1 fr. 85 par m³	10 20
Fondations en briques pilées sur 30 cm. d'épaisseur	8 20
Macadam au goudron, sur 15 cm., à 5 fr. 22	36 56
Bordure de 25 × 10 cm. sur fondations de béton	6 83
Trottoirs asphaltés	15 36
Plate-bande couverte d'herbe, à 4 fr. 50 par m²	1 37
Établissement des ruisseaux avec dalles en pierre de 25 × 12 cm sur fondations de béton	6 83
Rangée d'arbres	2 01
Coût des bouches d'égout	2 01
TOTAL	89 37

Cette route a 115 m de long.

En macadam ordinaire de granite, elle aurait coûté 70 fr 85 par mètre courant.

Une autre route, d'une largeur totale de 16 m, avec 11 m de chaussée, Trinity Road, a coûté, avec trottoirs et fondations, 115 fr le mètre.

Pour des routes de 3 à 7 m de large, avec trottoirs de 1m,20, chargées de macadam au goudron sur 10 cm d'épaisseur, la dépense a été de 3 fr 60 par mètre carré, non compris le coût des fondations ni des ruisseaux.

D'autre part, deux routes situées dans un quartier d'affaires : Cross street et Bridge street ont été empierrées de la même façon, il y a environ 8 ans. Elles ont été rechargées une fois depuis lors et sont réparées partiellement tous les ans. Le résultat a été très satisfaisant. La dépense totale a été pour la première de 125 fr par mètre.

La route de Bridlington, qu'on appelle la Promenade, est également très fréquentée. Elle a 16m,50 de large avec les trottoirs, la chaussée proprement dite ayant 11m,35. Sa longueur est de plus de 800 m. Elle a été construite il y a 8 ans et revêtue de 10 cm de macadam au goudron, pour une dépense de 43 750 fr. Depuis cette époque, elle a été goudronnée 3 fois et on a jugé nécessaire maintenant de la recharger sur environ les 3/4 de sa surface. Les réparations récentes ont montré que le macadam était devenu aussi dur que du béton.

Entretien des routes ainsi recouvertes. — Les dépenses d'entretien varient avec la largeur de la route et l'importance du trafic. Si celui-ci est modéré, on doit recharger la route tous les 7 ans en remplaçant seulement la couche superficielle. Si le trafic est considérable, il est bon de la goudronner tous les deux ans ; la dépense est d'environ 0 fr 18 par m².

Moyennant un bon entretien, ces routes sont solides, propres et silencieuses.

R. M. G.

(1) *Engineering*, 7 novembre 1913.

Digitized by Google

NOTES ET TRAVAUX DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

AÉRODYNAMIQUE, AÉRONAUTIQUE, AVIATION

Sur les parachutes d'aviation. — D'après des statistiques officielles, 40 % des accidents mortels résultent de chutes de plus de 100 m ; ces accidents auraient pu être évités par l'emploi de parachutes et, de toute façon, cette solution de la sécurité est la seule dans le cas de rupture en l'air, accident qui sera fréquent à la guerre.

Tout parachute d'aviation doit satisfaire à certaines conditions essentielles : 1° il ne doit pas modifier le vol normal de l'aéroplane, quand il est replié ; 2° son déploiement ne doit pas être gêné par la présence de l'aéroplane ; 3° son déploiement ne doit pas donner lieu à des effets d'inertie dangereux pour le pilote et pour la solidité de la suspension, et cela, quelle que soit la vitesse de chute, laquelle est généralement considérable (30 à 50 m) ; 4° son déploiement doit être suffisamment rapide pour que ce moyen de sauvetage agisse efficacement pour des chutes de faible hauteur.

Le Capitaine Couade, comparant les deux solutions du parachute d'aéroplane, destiné à sauver l'homme et l'appareil, et du parachute de pilote établi pour sauver l'homme seulement, estime que la première est plus facile à réaliser. Il donne la description d'un dispositif de parachute d'aéroplane monoplan réunissant les conditions précitées. Ce parachute est enfermé, allongé dans un tube placé dans la queue de l'appareil débouchant en arrière des gouvernails, et porte, attaché à son sommet, un petit parachute tracteur à nervures élastiques qui seul dépasse de ce tube. Ce tracteur est normalement maintenu fermé. Au moment du besoin, un geste du pilote le rend libre de s'ouvrir. Il tire alors de la gaine le grand parachute et le dispose dans le fil du vent. Ce dernier se déploie à son tour sans que rien puisse gêner son déploiement. Au besoin, on interpose un tracteur intermédiaire entre le tracteur extérieur et le grand parachute. La surface d'étoffe du grand parachute est calculée pour donner une vitesse de descente de 6m,50.

Pour éviter les accélérations dangereuses qui se produiraient au moment du brusque déploiement s'effectuant à grande vitesse, si la suspension était directement attachée à l'aéroplane, on a interposé entre les deux un câble enroulé sur un frein, réglé de façon que l'accélération qui ne dépend que de l'effort du frein, ne dépasse pas une valeur supportable par le pilote. Il en résulte un certain glissement de l'aéroplane par rapport au parachute, et d'autant plus grand que la vitesse de chute est plus grande.

Le Capitaine Couade examine les différents points du problème général de parachute appliqué à l'aéroplane et différentes solutions de ce problème, indépendamment du mode de déploiement du parachute, savoir :

1° Comment tombe un aéroplane; 2° accélération que peut supporter l'homme ; 3° mouvement de descente uniforme d'un parachute ; 4° phase de l'amortissement de la vitesse ; 5° phase du déploiement ; 6° phase de l'arrivée au sol. Il montre la valeur élevée des accélérations au moment du déploiement, au cas où la suspension serait rigide, et donne, à l'appui de ses calculs, les résultats d'expériences exécutées sur des modèles réduits. Il analyse différentes phases du phénomène, dans le cas où il y a interposition d'un frein, et détermine la valeur du glissement et celle de l'accélération réduite supportée par le pilote. Il montre comment varie le glissement suivant l'effort du frein et quelles sont les limites pratiques d'application du dispositif. Il étudie l'effet d'un freinage progressif.

Le Capitaine Couade compare cette solution à celle d'une suspension élastique et montre que cette dernière nécessite un poids considérable de caoutchouc.

Il montre comment on peut améliorer le fonctionnement d'un parachute en en rendant le déploiement progressif, et cela par le moyen d'un lien mobile réunissant les suspentes dans leur partie moyenne, ce déploiement progressif pouvant se faire en deux temps, d'abord incomplet, puis complet, après rupture automatique du lien par l'effet du glissement.

Le Capitaine Couade décrit divers systèmes de freins légers, puissants et réguliers, basés soit sur le frottement, soit sur le travail des outils (la meule en particulier), soit sur l'écoulement des liquides (frein hydraulique). Il indique la puissance que doivent avoir ces freins et les phénomènes calorifiques qui accompagnent leur fonctionnement.

Il montre que la présence d'amortisseurs est indispensable en certains points du dispositif pour éviter les ruptures par effet de choc.

Le Capitaine Couade indique ensuite certains détails de construction d'un parachute, destiné à un monoplan de 500 kg, capable de sauver l'appareil et l'homme à une altitude de moins de 100 m et pour une chute de 50 m de vitesse.

Il indique, enfin, quelles expériences démonstratives il y a lieu de faire et à quels essais doit être soumis ce dispositif de parachute dans un emploi courant. Enfin, il décrit une application du même principe à l'organisation de freins aériens destinés à ralentir la vitesse des aéroplanes rapides au moment de leur atterrissage.

Le Capitaine Couade montre les différents appareils qui ont servi à ses expériences, puis un modèle d'aéroplane réduit au cinquième, et de parachute, destinés à de prochains essais à la Tour Eiffel et, enfin, un grand parachute de 200 m² en soie, d'une grande légèreté et d'une construction spéciale, destiné à un aéroplane monoplan de 500 kg actuellement en construction pour le recevoir.

(Communication de M. le *Capitaine Couade,* Société des Ingénieurs civils, 17 octobre 1913.)

Recherches expérimentales sur le vol plané (1). — L'examen des publications les plus récentes concernant le vol des oiseaux permet de contater qu'il n'a été fait jusqu'ici aucune étude expérimentale sérieuse des courants ascendants pouvant se produire dans les endroits où les oiseaux volent à voile.

L'auteur a cherché à combler cette lacune en faisant usage de petits ballons équilibrés en air calme, à la pression et à la température du lieu de l'expérience. Les ballons, abandonnés dans le courant ascendant, étaient photographiés à des intervalles de temps bien déterminés (3 secondes).

De l'étude des clichés, on pouvait déduire la distance et la hauteur du ballon au-dessus de l'horizon, ce qui permettait d'avoir la composante verticale de sa vitesse et, par suite, celle du vent.

En appliquant ce procédé près des falaises de Dieppe, on a constaté invariablement, dans tous les endroits où les goélands et corbeaux volaient à voile, des courants ascendants de l'ordre de 3 m à 4 m par seconde. Or, un semblable courant suffit à soutenir les oiseaux. En effet, un bon aéroplane actuel arrive à ne descendre en vol plané que de 2 m à 3 m par seconde et serait par conséquent soutenu par un vent ascendant de vitesse égale. Si donc on admet que l'oiseau sait aussi bien profiter du vent que l'aéroplane, on voit que, dans le cas particulier étudié, le vent ascendant suffit seul à expliquer le vol à voile.

Il serait maintenant intéressant d'examiner s'il en est de même dans les autres circonstances où l'on observe ce genre de vol.

Un des cas les plus remarquables est celui des goélands qui suivent les paquebots. On a pu, dans des expériences sommaires faites sur les bateaux de la ligne de Dieppe à Newhaven et du Havre à Trouville, déceler l'existence constante de remous ascendants à l'arrière du navire. Ces remous violents et de peu d'étendue exigeraient, pour une étude approfondie, l'emploi d'un cinématographe stéréoscopique.

Plus intéressante encore, semble-t-il, serait l'étude des grands voiliers qui évoluent périodiquement au-dessus des plaines de certains pays chauds, notamment de l'Egypte ; dans ce cas, en effet, l'existence de courants ascendants est au moins problématique et leur existence, si elle était démontrée, permettrait sans doute de clore définitivement la question du vol à voile.

(Note de M. *P. Idrac*, présentée par M. M. Hamy, Académie des Sciences 20 octobre 1913.)

ÉLECTRICITÉ

Dispositions nouvelles de machines dynamo-électriques (2). — On sait qu'un courant d'induction prend toujours naissance lorsqu'un bobinage se déplace dans un champ magnétique, sans qu'il soit nécessaire que le système induit tourne dans l'inducteur; c'est ainsi que cet induit peut très bien se trouver sur le même arbre que l'inducteur. Mais la force contre-électromotrice renverserait vite les rôles dans ce cas, à moins qu'on ne dispose un autre enroulement compensateur En utilisant ce principe du compensateur, M. Picou a pu réaliser des machines à excitation interne, et même réussir à exciter en courant alternatif des machines à courant continu.

C'est ainsi que dans les génératrices à grand débit, pour la galvano-

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. I, n° 9 (août 1909), p. 403.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VII, n° 1 (1er juillet 1913), p. 40.

Digitized by Google

plastie par exemple, où les champs magnétiques devraient être égaux, il est très difficile d'arriver à de bons résultats, même par des connexions équipotentielles, qui ne corrigent pas complètement les inégalités de champs ; la méthode d'excitation interne par courant alternatif assure au contraire un flux constant, selon les résultats d'une machine d'essai. Les excitatrices d'alternateurs peuvent être établis suivant le même principe, en montant un bobinage auxiliaire, relié en des points convenables aux enroulements principaux.

Une commutatrice démarrant en moteur asynchrone normal, et pourvue d'un grand amortissement, a également été établie avec plein succès, et assure le service d'un poste de transformation de la Société d'Eclairage et Force, à Paris.

(Communication de M. *R. V. Picou*, Société Internationale des Electriciens, 5. XI. 1913.)

L'électrification des chemins de fer par le courant continu à 2 400 volts. — La multiplication des installations de distribution a modifié beaucoup les conditions dans lesquelles se présente la question de l'électrification des chemins de fer ; il est aujourd'hui possible, pour toutes les entreprises de traction, de se procurer de l'énergie électrique à bas prix ; généralement, les centrales électriques auxquelles elles peuvent s'adresser à cette fin se trouvent dans des conditions plus favorables que ne pourraient l'être les exploitations de chemins de fer les mieux partagées ; elles sont ainsi à même de vendre leur énergie à des prix avantageux ; l'électrification devient de la sorte réalisable pour des services qui n'auraient pu y songer il y a quelques années ; on peut reconnaître qu'elle est supérieure à la vapeur au point de vue économique, même pour des lignes où le service, plus ou moins lourd, est irrégulier et intermittent, dans les services de transport de marchandises, de trains express, etc. Voici quelques exemples démonstratifs, à ce sujet :

1er EXEMPLE. — Un service de voyageurs, trains express, formés de 10 wagons Pullmann de 75 t chacun donnant un poids total de 750 t ; parcours de 100 milles (160,9 km) en deux heures, sans arrêt.

Vapeur. — Le service est fait au moyen de machines du type « Pacific », de 185 t, consommant 3,5 livres (1 kg 589) de charbon de bonne qualité par cheval-heure indiqué ; le rendement aux cylindres est de 5,20 % ; mais le rendement pratique, au crochet de traction, en tenant compte des pertes pour les mises à feu, les arrêts, etc., est de 2,65 %.

Electricité. — On peut reconnaître que des machines de 108 t, dont 78 t sur les essieux moteurs, sont à même d'assurer le service. Le rendement total à la jante est de 6 à 6,5 %, d'après les résultats observés en pratique, dans les bonnes installations.

Comparaison. — Par tonne-mille utile, la consommation de charbon est respectivement de 0,163 et 0,077 livre par tonne-mille de poids utile (0,046 et 0,022 kg par t-km), pour la vapeur et pour l'électricité ; les locomotives demandant du charbon de qualité supérieure et se trouvant naturellement dans des conditions de ravitaillement moins favorables, leur combustible coûte plus cher ; le rapport des dépenses peut être évaluée à 3,1.

2e EXEMPLE. — Service de montagne ; ligne de 90 milles (144,8 km) de longueur ; rampe maximum de 0,3 % ; trains de 3 400 tonnes.

Vapeur. — Avec la vapeur, il faudrait des locomotives Mallet de 250 t ; le rendement au crochet de ces machines est de 3,22 % ; avec les pertes, il descend à 2,32 % ; les locomotives à vapeur peuvent fournir le couple requis à une vitesse de 7 milles (11,3 km) à l'heure ; leur consommation de charbon est alors telle qu'il faut, indépendamment du machiniste, deux chauffeurs.

Electricité. — Le service peut être fait au moyen de deux locomotives électriques de 30 t, absorbant une puissance de 1 140 kw ; ces machines sont largement suffisantes et elles donnent l'effort requis à une vitesse de 15 milles à l'heure.

Comparaison. — Les locomotives électriques sont à même de fournir un service plus rapide ; à l'heure actuelle, elles coûtent, il est vrai, deux fois plus cher à la tonne que les locomotives à vapeur ; mais elles sont à même de donner 50 à 100 % de plus, en parcours ; leurs frais de réparations et d'entretien ne s'élèvent qu'à 4 cents par mille (0,13 fr. par km) et par 100 t de poids, contre 10 cents (0,33 fr.) pour les locomotives à vapeur ; au total, les charges par locomotive-mille, pour réparations, entretien, intérêts, taxes, assurance et amortissement, sont nettement plus élevés pour la locomotive à vapeur que pour la locomotive électrique. Les avantages de la traction électrique sont incontestables et ils s'accentueront à mesure que l'on apprendra davantage à connaître les qualités de ces machines.

3e EXEMPLE. — Ligne de montagne, rampe de 15 %, simple voie, service de marchandises ; trains de 1 400 t ; la ligne a 50 milles (80,5 km) de longueur ; on prévoit que la traction électrique devra permettre d'augmenter la vitesse de 50 %.

Vapeur. — Locomotives Mallet de 250 t, 100 t sur les essieux moteurs, ces machines fournissent, au maximum, 16 000 milles (25744 km) par an ; elles consomment 560 livres par mille (1,5 kg par km), ce qui correspond à une dépense de 0,685 doll par train-mille (2,24 fr par train-km), à raison de 2,5 doll par mille (8,15 fr par km). Prix : 45 000 doll (236,250 fr).

Electricité. — Mêmes locomotives que dans le second exemple ; elles absorbent 63 kwh par locomotive-mille, ce qui correspond à une dépense de 0,63 doll (3,31 fr), en supposant l'énergie à 1 cent (0,0525 fr) par kwh. Prix : 72 000 doll (378,000 fr).

Comparaison. — Les évaluations les moins favorables à l'électricité conduisent aux résultats suivants :

DÉPENSES PAR LOCOMOTIVE-MILLE

	Vapeur	Electricité
Combustible-Electricité	0,685 d.	0,630 d.
Salaires du personnel des locomotives	0,200	0,200
Frais de réparation et d'entretien	0,250	0,064
Intérêt, taxes, assurance, amortissement	0,354	0,378
TOTAL	1,489	1,272
Dépenses annuelles (pour 240.000 locom.-milles)	357,000 d.	306,000 d.
DIFFÉRENCE	51.000 d (267,750 fr).	

Les dépenses totales pour l'électrification (sous-stations, lignes alimentaires, conducteurs de contact, locomotives-dix unités doubles), seraient de 600 000 doll (3,150,000 fr).

4e EXEMPLE. — Electrification d'une ligne de montagne à simple voie, 96 milles (154,5 km) de longueur, arrivée à la limite de sa capacité, pendant la période de forts transports, rampe moyenne de 1,5 % ; convois et 900 et 1 800 t, vitesse moyenne de 16 milles (25,7 km) à l'heure, entre 9 et 15 milles (14,5 à 25,1 km).

Vapeur. — Le calcul démontre qu'avec la vapeur, il faudrait, pour des convois de 600 t, des locomotives Mallet de 250 t ; la dépense de combustible serait de 65 cents par locomotive-mille (2,12 fr par loc-km) ; on pourrait assurer un mouvement annuel de 10.000 000 t, avec 72 locomotives, coûtant chacune 45 000 doll (236,250 fr). Chaque machine serait en service pendant 3 008 h par an et fournirait 18 100 milles (29,123 km) de parcours ; le personnel comprendrait un machiniste et un chauffeur, salaire 9 doll (47,25 fr). Combustible : 2,40 doll (12,60 fr à la tonne.

Electricité. — Les machines décrites au deuxième exemple et pesant 2 × 80 t peuvent assurer le halage de trains de 90 t ; 48 locomotives sont nécessaires ; elles coûtent 72 000 doll (378,000 fr) ; elles fournissent 27 200 milles (44,765 km) de parcours par an chacune ; la capacité des installations est portée à 12 200 000 t ; le nombre d'heures de service est de 2 288 heures par an ; les équipes de service comprennent chacune un mécanicien et un aide, au salaire journalier total de 6 doll (31,50 fr) ; énergie électrique à 0,70 cent (3,68 fr) par an.

Comparaison. — La comparaison peut se résumer ainsi qu'il est indiqué ci-après :

Dépenses par locomotive-mille :

	Vapeur	Electricité
Combustible-Electricité	65 c.	78 c.
Réparations	20	5,6
Salaires	18,7	18,9
Dépenses de la remise	3,5	0
Graissage	0,9	0,5
Varia	0,6	0,3
TOTAL	108,7 (5,69 fr)	103,3 (5,42 fr)

Les locomotives à vapeur remorquant des convois de 600 t, et les locomotives électriques, des convois de 900 t, on a une dépense par 100 tonnes-mille de 14,7 et 11,6 cents respectivement.

Les chiffres totaux sont les suivants :

	Vapeur	Electricité
Dépenses annuelles	1 996 000 d (10 479 000 fr)	2 022 000 d (10 615 500 fr)
Recettes annuelles	3 600 000 d (18 900 000 fr)	4 390 000 d (23 047 500 fr)
Boni destiné à couvrir les dépenses communes aux deux méthodes	1 604 000 d (8 421 000 fr)	2 368 000 d (12 432 000 fr)

Digitized by Google

SYSTÈME A APPLIQUER. — Dans ces divers exemples, on a supposé que le système employé est le système à courant continu à 2 400 volts ; ce système s'accommoderait parfaitement des électrifications dont il s'agit, tant au point de vue de la réalisation des machines que de l'alimentation.

(Rapport de M. *H. M. Hobart,* American Institute of Electrical Engineers, avril 1912.)

Sur l'électrolyse du plomb et du fer dans le sol. — Les canalisations d'eau et de gaz et les câbles télégraphiques, posés au voisinage des tramways électriques, sont fréquemment mis hors d'usage à la suite d'attaques électrolytiques provoquées par les courants vagabonds des tramways. Les enveloppes de fer ou de plomb sont complètement perforées. Dans le but de supprimer ces courants vagabonds, la réglementation actuelle a fixé un maximum pour la *perte de charge* dans les voies, qui ne doit pas dépasser 1 volt par kilomètre. La pratique a mis en évidence l'insuffisance de cette règle qui, d'ailleurs, se justifie mal au point de vue théorique.

On peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de fixer un maximum, non pour la perte de charge le long des voies, mais pour la différence *de potentiel entre les masses métalliques susceptibles d'être attaquées et les rails.* En effet, s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle l'électrolyse ne se produit pas, il suffit d'imposer cette valeur critique comme maximum.

Dans le but d'élucider ce point, on a entrepris une série d'expériences qui se sont poursuivies pendant 6 mois au Laboratoire de l'Ecole supérieure des Télégraphes et au Poste central télégraphique de Paris.

Les expériences ont porté sur de la terre prélevée, d'une part, au commencement du boulevard des Invalides, loin de toute voie électrique ; d'autre part, rue du Temple, en un point où se sont produits des cas très graves d'électrolyse. Ces terres contenaient, en dehors du sable siliceux, une très forte proportion de silicate d'alumine et de carbonate de chaux ; elles contenaient, en outre, des quantités appréciables de sulfate de chaux, de chlorure de sodium, et de nitrate de chaux. La perte au feu atteignait, au début, 16 % pour la terre du boulevard des Invalides et 22 % pour celle de la rue du Temple.

Les électrodes étaient des plaques de fer ou de plomb de 1 mm d'épaisseur et de 1 dm² environ de surface.

Pour déterminer s'il existe une différence de potentiel critique au-dessous de laquelle ne se produit pas d'électrolyse, on avait placé des électrodes contre deux faces verticales opposées d'un certain nombre de cuves de 1 dm² environ en bois paraffiné, remplies de terre comprimée aussi également que possible. Toutes les électrodes négatives étaient en fer ; la moitié des électrodes positives était en plomb et l'autre en fer ; elles ont été pesées au début et à la fin des expériences.

Ces diverses cuves ont été soumises d'une manière continuelle, pendant plusieurs mois, à des différences de potentiel de 0,1 volt, 0,2 volt, etc., jusqu'à 1 volt ; des cuves témoins, préparées de la même manière, n'étaient soumises à aucune action électrique ; la variation du poids des plaques de ces cuves témoins a permis de tenir compte des actions purement chimiques. On notait tout les jours l'intensité dans chaque cuve. Afin de maintenir la terre dans un état d'humidité constant, on versait tous les jours 20 gr d'eau sur chaque cuve, ce qui correspond sensiblement à une chute annuelle de 70 cm d'eau, qui est à peu près la moyenne de nos climats. La température du local des expériences a été maintenue aux environs de 16°.

Les expériences ont mis en lumière les faits suivants :

1° *La résistivité de la terre diminue à mesure que l'humidité augmente.* Elle est pratiquement infinie pour la terre absolument sèche ; elle peut tomber à 10^3 ohms : cm quand la terre est très fortement mouillée. Dans les essais de longue durée dont il est parlé plus haut, la résistivité de la terre était en moyenne de 600 ohms : cm après trois semaines d'arrosage quotidien, au moment où l'on a appliqué aux cuves des différences de potentiel permanentes ; elle était tombée à 2 500 ohms : cm en moyenne après plusieurs mois d'arrosage quotidien et d'électrolyse permanente.

2° La résistance entre deux électrodes comprend non seulement la résistance de la terre, mais encore la *résistance des contacts entre terre et électrodes.* Cette résistance est *inversement proportionnelle à la surface.* La nature du métal a une influence considérable ; le contact *plomb-terre* est beaucoup plus résistant que le contact *fer-terre* : dans les expériences de longue durée, la quantité d'électricité qui a traversé les cuves fer-fer a été en moyenne onze fois plus considérable que celle qui a traversé les cuves plomb-fer.

3° *La résistivité du sol et la résistance des contacts sont indépendants des forces électromotrices et des intensités en jeu dans les limites expérimentées* (16 volts et une densité de courant de 0,010 ampère par décimètre carré), du moins tant qu'il ne s'est pas produit d'électrolyse notable.

4° Entre une électrode de plomb et une électrode de fer placées dans la même cuve remplie de terre, on constate à circuit ouvert une *différence de potentiel de 0,15 à 0,2 volt, du plomb vers le fer.* Si l'on applique une force électromotrice aux bornes d'une cuve plomb-fer, le courant ne circule dans le sens de la force électromotrice qu'autant qu'elle est supérieure à 0,2 volt.

5° *L'électrolyse se produit sur la plaque positive dès que le courant circule ; aucune tension critique n'est nécessaire.* L'aspect des plaques et les pesées démontrent ce fait. Les plaques de plomb présentaient des taches grises de nitrate et de carbonate de plomb ; les plaques de fer étaient beaucoup plus attaquées, elles étaient complètement détruites par places, et l'on trouvait dans la terre voisine de l'hydrate ferrique avec un peu d'oxyde ferreux (analyses de M. Durier).

6° *Dans chaque série d'expériences, la perte de poids est, aux erreurs près, proportionnelle à la quantité d'électricité qui a traversé la cuve et indépendante de la tension sous laquelle s'est produite l'électrolyse.* La perte de poids par ampère-heure varie avec les séries; les affinités chimiques du sol jouent évidemment un rôle très important. Elle a été en moyenne, avec la terre de la rue du Temple, de 2 gr, 88 pour le plomb et de 0 gr, 89 pour le fer ; avec la terre du boulevard des Invalides, on a obtenu 1 gr, 6 et 1 gr, 33, mais ces deux chiffres, et surtout le dernier, sont sujets à caution.

Bien que les essais n'aient porté que sur un nombre très restreint de cas particuliers, il est possible d'en tirer les conclusions pratiques suivantes:

1° *L'électrolyse des conduites en fer placées dans le sol au voisinage des voies de tramways électriques peut se produire dès que les conduites sont positives par rapport aux rails ; l'électrolyse des câbles sous plomb peut se produire dès que la différence de potentiel entre plomb et rails dépasse* + 0,2 *volt* ;

2° Sous une même différence de potentiel, *le plomb est attaqué beaucoup moins vite que le fer.*

(Note de M. *Girousse,* présentée par M. Lippmann, Académie des Sciences, 27 octobre 1913.)

HYGIÈNE

Les mesures d'hygiène et de sécurité appliquées dans les travaux du métropolitain de Paris et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation (1). — I. *Mesures prises dans les travaux.* — Il a été construit à Paris, depuis 1898, neuf voies métropolitaines qui sont en exploitation ; cinq sont en cours d'exécution, et il y en a encore six en projet. Ces voies, qui sont souterraines sauf sur 5,9 % de leur longueur, ont nécessité dans leur établissement des précautions spéciales. Les souterrains sont situés en général sous la voie publique, la distance entre la clef de voûte et le niveau de la chaussée pouvant descendre à 1 mètre. Mais dans certains cas, il a fallu descendre beaucoup, pour passer sous la Seine, sous des égouts et autres canalisations.

En général, l'exécution des lignes a eu lieu par la méthode des galeries boisées. On perce d'abord une galerie dite *d'avancement,* fort étroite, des wagonnets y circulent pour évacuer des déblais et amener les matériaux de maçonnerie. Le travail est déjà difficile ; aussi, pour ne pas aggraver les conditions où il se fait, on imposa aux entrepreneurs l'usage de l'électricité, tant pour l'éclairage que pour la force motrice. Les machines à feu y étaient interdites.

Les terrains traversés sont sains ; pourtant en certains points, on rencontra des terrains remaniés, par suite des diverses transformations de Paris, et quelques couches infectées ont nécessité des mesures spéciales. A chaque interruption du travail, les fouilles ont été saupoudrées de sulfate de fer pulvérisé et les terres extraites recevaient du sulfate à raison de 500 gr par mètre cube, avant leur transport aux décharges publiques. Les chantiers étaient aspergés, soit avec une solution d'essence de mirbane à 1 %, soit avec une solution de crésyl dans l'eau, à raison de 2 %. On n'a eu aucun incident à signaler pour cette cause.

Les traversées de la Seine ont nécessité l'emploi de l'air comprimé. Dans le cas des viaducs, on a employé des caissons pour l'exécution des fondations. Les traversées souterraines ont été faites par deux procédés différents : soit par des fonçages verticaux (traversée de la Cité

(1) Voir *La Technique Moderne,* t. I, n° 11 (octobre 1909), p. 502 ; n° 13 (décembre 1909), p. 603 ; t. IV, n° 1 (1er janvier 1912), p. 1.

Digitized by Google

et de Mirabeau), soit par cheminement horizontal au moyen du bouclier (Concorde). Dans le premier mode, les caissons sont placés au-dessus de leur position et descendus, en creusant sous les chambres de travail, puis on les relie entre eux. Dans le cheminement horizontal, la fouille du terrain s'exécute à l'avant d'un bouclier métallique, à l'abri de son avant-bec. Au fur et à mesure de l'avancement, on pose le revêtement constitué par des panneaux de fonte. Un barrage muni d'un sas à air isole le front d'attaque du reste de la galerie.

Au point de vue de l'hygiène, il n'y a pas eu d'accident bien marqué, car la pression n'était pas très élevée. On a eu cependant à enregistrer un grave accident dans les travaux de la Cité. L'emploi de l'air comprimé en France est réglementé par le décret du 1er octobre 1913 et comprend 16 articles. (Il remplace un décret du 15 décembre 1908, et en diffère très peu.)

Un service médical sévère est institué. L'ouvrier doit avoir un certificat délivré par un médecin désigné et rémunéré par le chef de l'entreprise, constatant qu'il n'est pas impropre au travail dans l'air comprimé. Une visite a lieu quinze jours après l'embauchage, puis tous les mois. En outre, l'entrepreneur doit faire examiner tout ouvrier qui déclare souffrir du nez, de la gorge ou des oreilles et qui désire être visité. Tous les accidents ou indispositions même légères, doivent être consignés sur un registre.

Seules les boissons hygiéniques sont permises sur le chantier. Tout ouvrier ivre doit être éloigné pendant 24 heures. Il l'est quelquefois définitivement. D'ailleurs les ouvriers commencent à comprendre les dangers auxquels ils s'exposent en affrontant l'air comprimé dans cet état.

Les opérations de compression et de décompression doivent être surveillées. La première doit durer au moins 4 minutes pour augmenter la pression de un kilogramme par centimètre carré, à deux kilogs effectifs. Puis, 5 minutes par chaque kilog, au-delà. Pour la décompression, 20 minutes par kilog au-dessus de 3 kilogs effectifs, 15 minutes entre 3 et 2, 10 minutes de 2 à 0 effectifs. Si la pression ne dépasse pas 1 kg effectif, le temps peut être réduit à 5 minutes.

La descente du caisson ne doit pas se faire par diminution brusque de pression, sans avoir fait sortir les ouvriers.

Pour la décompression, les ouvriers et même les chefs de chantier mettent un faux point d'honneur à se décomprimer rapidement. Il y a d'ailleurs une gêne qui se produit à la suite de la baisse de pression, qui les incite à hâter leur sortie.

Il faut se couvrir de vêtements de laine bien chauds, pour lutter contre le froid humide qui se produit. Pour la compression au contraire, si l'on va trop vite, il se produit des douleurs d'oreilles qui forcent à ralentir l'opération. On peut les éviter en favorisant la production de salive, ou en soufflant fort dans les fosses nasales, après avoir bouché les narines, ou en levant la tête et en faisant l'opération de la déglutition. On n'a pas employé de manomètre enregistreur, la pression n'ayant jamais dépassé 1,kg 8 par suite d'une tolérance. On a relevé à la Concorde, 19 coups de pression sur 2 500 postes de travail (durée du travail sans interruption), ayant amené une incapacité temporaire, parmi les 199 ouvriers employés. Ils ont produit des douleurs soit dans les membres, soit dans la tête, dans l'oreille, des vomissements. Il y eut un cas mortel.

Au pont Mirabeau, il y a eu 79 coups de pression sur 35 721 postes de travail. Il est à noter que sur ces 79 ouvriers frappés, 26 étaient mariés et 42 célibataires. Très probablement, le vie plus régulière et plus sobre des premiers les fait mieux résister.

L'accident de la Cité a été produit par un éboulement amené par la rupture de la cloison de raccordement du caisson avec un puits elliptique. Un *renard* se produisit sous le couteau du caisson. Le chef de poste et 4 ouvriers, en voulant obturer le *renard*, furent happés par le courant d'air et entraînés jusqu'au puits elliptique, où leurs cadavres furent retrouvés. 82 ouvriers qui étaient dans la chambre de travail furent soumis à la décompression en quelques minutes et n'eurent aucun malaise.

La chambre de travail doit avoir 1m,80 au minimum de hauteur. On doit envoyer 40 mètres cubes d'air par heure et par homme, et il ne doit pas y avoir plus de 1 pour 1000 d'anhydride carbonique. Les écluses doivent avoir au moins 600 décimètres cubes par personne.

Les portes et tampons doivent s'ouvrir du côté de la plus forte pression. Cependant, on peut faire exception pour les postes servant pour les déblais et matériaux, à condition de les munir d'enclanchements de sûreté, qui empêchent toute ouverture intempestive.

Le chantier doit être pourvu d'une boîte de secours renfermant un tube d'oxygène ou des substances pouvant dégager rapidement de l'oxygène pur. Une baraque de repos doit se trouver à proximité du chantier, quand on dépasse 1 kg 2 effectif, ainsi qu'une chambre de recompression. Celle-ci fut souvent utile à a suite de coups de pression.

Tous les appareils sont vérifiés chaque semaine, et les boulonnages revus chaque fois qu'on y a touché.

La durée du travail fut de 8 heures.

La nocivité de l'air étant plus grande lorsqu'il est comprimé, il y a lieu d'assurer son renouvellement en quantité suffisante.

Si les prescriptions pouvaient être appliquées à la lettre, on pourrait éviter les accidents dans la limite des possibilités humaines.

II. *Conditions hygiéniques des lignes en exploitation.* — Le problème qui se pose est celui de l'aération et de l'assainissement des souterrains. Sur les lignes anciennes, il y a lieu de faire des baies d'aération. Elles sont prévues dans les lignes nouvelles. Les trains ne produisent aucune ventilation, mais seulement des remous. La vitesse de l'air ne dépassait pas 1 m dans les premières lignes. Dès 1901, le laboratoire des services techniques d'hygiène de la Ville de Paris fait des prélèvements d'air, afin de connaître les teneurs en anhydride carbonique, en ozone, en azote ammoniacal, la température, le degré hygrométrique et la tension de la vapeur d'eau.

La proportion moyenne d'anhydride carbonique dans l'atmosphère est de 30 litres par 100 m³ d'air, la tolérance étant de 100 litres pour l'air confiné. Sur la ligne n° 1, on trouva en 1901 moins de 100 litres. La teneur atteignait 170 litres dans les wagons qui, à cette époque, n'étaient pas aérés. En 1902, 1903 et 1904, on observe en certains points de la ligne des teneurs supérieures. La température restait sensiblement constante dans la journée, pour diminuer un peu (2°) de minuit à 5 heures du matin. La vapeur d'eau suit la température (ainsi 12 mm, 6 pour 17°,4 entre les stations des Tuileries et Concorde).

On ne rencontra ni ozone, ni azote ammoniacal, ni oxyde de carbone. En 1903, les portes des stations deviennent à jours. En 1904, la Compagnie propose à une commission d'étude de la Ville de Paris de créer des prises d'air, au niveau voisin du sol, en certains points bas du profil. Ce projet est accepté. Aussitôt la teneur en 10^2 tombe à 60 à 77 litres.

A la Concorde on devait établir un ventilateur injectant l'air frais pris au jardin des Tuileries. Il ne fut jamais construit, car dans un essai semblable sur la ligne n° 3 il fut supprimé à cause du bruit. En 1905, les voitures furent munies d'ouvertures de ventilation au plafond. La teneur en anhydride carbonique devint les trois-quarts de ce qu'elle était avant. On établit de nouvelles prises d'air.

Dans une nouvelle série d'études, on recherche les poussières et germes de l'atmosphère. L'atmosphère des souterrains jouit de propriétés réductices, contrairement à l'air extérieur qui est oxydant. La détermination de ce pouvoir réducteur constituera une mesure du degré de viciation de l'air. Il augmente avec la température. On ne peut abaisser celle-ci qui reste constante vers 20°. Actuellement, les voies sont aspergées d'eau de chaux mélangée d'essence de mirbane ou d'essence de citronnelle et les parois sont chaulées. Il serait préférable d'avoir un liquide acide, mais la présence de conducteurs électriques écarte cet emploi.

On trouve par exemple, à la station du Chatelet, par mètre cube d'air, 2 350 moisissures et 12 760 bactéries ; entre les Tuileries et la Concorde 2 235 moisissures et 5 500 bactéries (Parc Montsouris, 200 et 250 respectivement ; courette d'un immeuble, 2 970 et 9 500).

Il y a en général de nombreuses particules de fer (freinage, prises de courant) et de silex (ballast).

On ne peut actuellement formuler de conclusions, même imprécises, car le Laboratoire vient à peine de commencer ses expériences.

(Communication de M. *L. Biette*, Royal Institute of Public Health, Congrès de Paris, mai 1913.)

MÉCANIQUE

Torsiomètre à échelle visible. — La plupart des torsiomètres inventés depuis l'apparition de la turbine à vapeur sont compliqués. Ils ont en général de nombreuses tiges, la torsion est déterminée indirectement et l'observation incertaine.

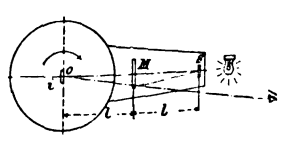


Fig. 1.

Supposons un corps (fig. 1) tournant autour d'un axe O, et soit S le point à observer. On dispose en M, au milieu de OS, un petit miroir dont le plan est perpendiculaire à la ligne OS. L'image virtuelle de S se forme en *i* et coïncide avec l'axe O de rotation. Lorsque le corps tournera et que le point S se trouvera dans la position qu'il occupe sur la figure par rapport au miroir, on verra

Digitized by Google

son image et si le miroir est assez petit, on ne la verra que pour cette position. Son image virtuelle sera donc fixe. Le point S est donc rendu visible.

Les fig. 2, 3 et 4 montrent l'application de ce principe à un torsiomètre. Un manchon court A est claveté sur un arbre et porte, sur un bras L, le dispositif de la fig. 1. Un manchon plus long B, claveté sur l'arbre, vers son extrémité éloignée de A et pénètre à frottement doux dans une gorge de A par l'autre extrémité. Il porte

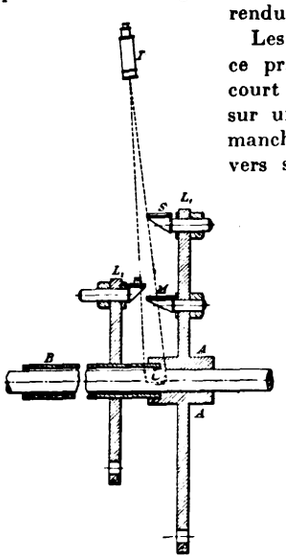


Fig. 2.

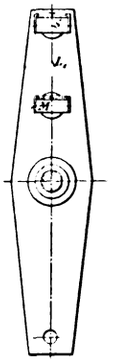


Fig. 3.

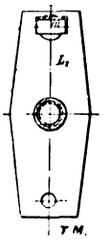


Fig. 4.

un bras L_2. Une échelle graduée en 1/4 de mm se trouve en S et le miroir plan en M. Sur L_2 se trouve un miroir concave *m*, qui intercepte le bord gauche de l'échelle S et forme son image, sur l'axe de l'arbre, tandis que M forme l'image de l'échelle. On comprend que, par la torsion, la position de la ligne séparant le noir et le blanc ne se formera plus sur l'axe et son déplacement par rapport à l'échelle (fig. 5) permettra d'obtenir la torsion à moins de 2 % près.

Fig. 5.

(Communication du Dr *K. Sugchiro*, de l'Université Impériale de Tokio, Société Japonaise des Architectes des constructions navales.)

MÉTALLURGIE

Les calchoïdes riches en cuivre. — Le nom de « calchoïde » est employé pour désigner les alliages ternaires cuivre-étain-zinc. Le professeur Hoyt donne les résultats d'une longue recherche sur la constitution de certains calchoïdes riches en cuivre et dont les teneurs respectives en zinc et en étain ne dépassent jamais 50 et 30 %.

D'un grand nombre de micrographies, le professeur Hoyt tire cette conclusion générale que les alliages ternaires de cuivre-étain-zinc, jusqu'aux teneurs ci-dessus, se comportent de façon analogue aux alliages binaires de cuivre-étain et cuivre-zinc. L'expérimentateur a déterminé la surface représentative du liquidus, la limite de saturation de la solution solide α et la courbe eutectoïde. La surface de l'eutectoïde présente un maximum vers son milieu, qui correspond à 66 % de cuivre, 17 % d'étain, 17 % de zinc, et à la température de 590° C sur la courbe eutectoïde. Cette courbe montre que les solutions solides β sont isomorphes. La trempe, en partant de cette courbe, donne des solutions solides homogènes.

L'addition d'étain aux alliages cuivre-zinc, ou laitons, détermine la désagrégation visible de la solution solide β. La teneur en étain varie nécessairement avec la teneur en zinc et avec l'allure de refroidissement à travers la zone critique, ce qui donne lieu à des anomalies de microstructure expliquées et mises en relief dans le mémoire.

Le professeur Hoyt a découvert dans la zone $\alpha + \beta$ des bronzes une région où s'observent deux phénomènes de recalescence de la solution solide.

Ces recherches ont été faites à l'Ecole polytechnique de Charlottenburg, bien que leur auteur soit professeur à l'Université américaine de Minnesota.

(Communication de M. *S. L. Hoyt*, Institute of Metals, 29 août 1913.)

Dosage de l'oxygène dans le cuivre et le laiton. — M. T. West a employé une méthode de dosage de l'oxygène dans le cuivre et le laiton en utilisant comme agent réducteur l'oxyde de carbone.

Par des essais comparatifs avec la méthode ordinaire de réduction par l'hydrogène, l'auteur a d'abord déterminé les conditions de dosage de l'oxygène dans le cuivre ; une température d'environ 900° C et une durée de 2 à 3 heures sont suffisantes.

Comme le laiton contient vraisemblablement un peu d'oxygène sous forme d'oxyde de zinc, M. West a fait une série d'expériences, dans des conditions variées, pour déterminer dans quelle mesure le dosage de l'oxyde de zinc était possible, par réduction de cet oxyde, au moyen de l'oxyde de carbone et par pesée de l'anhydride carbonique produit.

Il a trouvé que si la température atteint 1050°, et si l'on emploie un courant gazeux suffisamment rapide, la quantité d'anhydride carbonique formée approche beaucoup du poids effectif de l'oxyde de zinc.

Des essais ont été faits sur des mélanges de cuivre à teneur connue en oxygène et de zinc et ont donné des résultats satisfaisants. On a opéré également sur du laiton pur, et constaté que le laiton de bonne qualité a une teneur moyenne en oxygène de 0,002 à 0,003 %.

Des expériences ont été également faites sur des tubes de condenseurs en laiton à environ 2 % d'étain recouverts d'argentan. Les résultats en ont été surprenants, car en refroidissant ces tubes dans une atmosphère d'oxyde de carbone, on a obtenu une couche adhérente de carbone sur les surfaces métalliques.

Par suite, la méthode ne peut servir au dosage de l'oxygène dans les nuances de laiton qui, en outre des impuretés du laiton marchand, ne contiennent que du cuivre et du zinc ; elle n'est pas applicable au laiton à vis en raison de sa teneur en étain ou en nickel qui dissocient l'oxyde de carbone.

(Communication de M. *T. West*, Institute of Metals, 29 août 1913.)

Le revenu de l'or. — La présence de faibles quantités d'impuretés exerce une influence notable sur la température à laquelle l'or peut subir le revenu. Le Dr Th. Kirke Rose a fait la première recherche de ce genre, et bien que les influences quantitatives exactes soient indubitablement différentes de celles relatées dans le mémoire, pour le cas de métaux autres que l'or, on y trouve des indications sur les résultats généraux qu'on peut attendre de pareilles recherches.

L'addition de 00,02 % d'hydrogène élève la température de revenu de l'or de 150 à plus de 300° ; l'addition de 0,05 % de cuivre la porte à 250°. D'autres additions n'augmentent pas proportionnellement la température.

Ce mémoire montre, en outre, que le revenu de l'or laminé commence par une complète malléabilisation et une recristallisation d'une partie des cristaux laminés dont le métal est constitué ; les autres cristaux laminés subsistent pendant un certain temps ou jusqu'à un certain relèvement de la température. En conséquence, le métal partiellement revenu se compose de bandes alternées de métal dur et de métal adouci et présente des points faibles où la rigidité et la ténacité ne sont que peu supérieures à celles du métal entièrement revenu.

(Communication du Dr *Th. Kirke Rose*, Institute of Metals, 28 août 1913.)

PHYSIQUE

Four à huile lourde de goudron, système Ferguson. — L'huile lourde de goudron employée dans les fours permet une mise en action instantanée et l'élévation de température est rapide. Le brûleur Ferguson (fig. 1), qui les utilise, comporte une arrivée d'huile par un tuyau A, à travers une soupape S. L'air, amené par la conduite V, débouche dans le four, par B près de la soupape S et par C, à la fin de la chambre D. L'huile s'enflamme dans la chambre D, brûle incomplètement et rougit les parois de cette première chambre. Sous l'effet de la température élevée qui y règne, l'huile qui reste est gazéifiée et vient brûler dans l'air secondaire qui arrive en C. On règle les débits d'air, pour avoir la combustion voulue. Il se forme un dépôt de 0 kg. 500 de graphite par 1000 kg d'huile consommée.

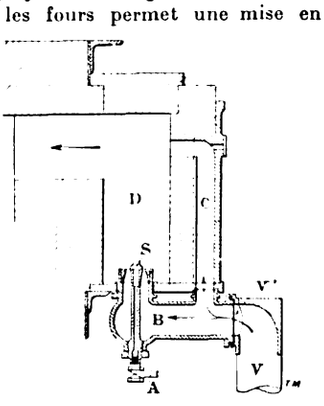


Fig. 1.

(Communication de M. *Stein*, 40e Congrès de la Société Technique du Gaz, 17-20 juin 1913.)

Digitized by Google

DOCUMENTS ET INFORMATIONS

STATISTIQUES

La production de l'industrie électrique française.

Les applications de l'électricité se sont tellement multipliées, par suite de progrès incessants, qu'il est fort difficile de les classer d'une façon rigoureuse.

MM. P. Eschwège et L. Legouez (1) les ont réparties en trois grandes divisions : fabrication du matériel ; production et distribution de l'énergie électrique ; autres industries électriques.

Les autres industries électriques comprennent la construction des compteurs, des appareils de mesure, de précision, du petit appareillage, des lampes à arc et à incandescence, des piles et accumulateurs et un peu indirectement des isolateurs en verre, en grès et en porcelaine, et des matières isolantes de toutes sortes ; on y comprend enfin l'électrochimie, l'électrométallurgie et les applications nouvelles aux laminoirs et aux machines d'extraction de mines.

D'après les chiffres officiels, voici la répartition des importations et exportations de l'industrie électrique française pour l'année 1909 :

	EXPORTATION	IMPORTATION	EXCÈS DES IMPORTATIONS SUR LES EXPORTATIONS
	—	—	—
Grande-Bretagne	1 005 950 fr	1 416 450 fr	+ 410 500 fr
Allemagne.	1 344 200	11 712 350	+ 10 368 150
Belgique ..	2 560 500	480 350	— 2 080 150
Suisse.....	1 942 800	6 782 000	+ 4 839 200
Etats-Unis.	246 000	1 988 300	+ 1 742 300
Autres pays	8 194 950	980 300	+ 7 214 650
Total...	15 294 400	23 359 750	+ 8 065 350

Le détail des échanges en principales catégories de machines et appareils est intéressant à connaître :

	EXPORTATION	IMPORTATION
Machines dynamos électriques	2 313 250 fr	8 407 750 fr
Appareils électriques et électrotechniques	8 923 500	11 775 000
Induits pour machines et pièces pour appareils électriques	4 057 650	3 177 000

Les 23 millions de fr de marchandises que la France importe actuellement doivent peu à peu pouvoir être fabriqués chez nous. En outre, nous pourrions facilement développer nos exportations, puisque l'Allemagne réussit à vendre pour plus de 300 millions de fr de machines et appareils électriques au dehors.

MM. Eschwège et Legouez ont fait les estimations suivantes :

INDUSTRIE ÉLECTRIQUE FRANÇAISE	CAPITAUX	OUVRIERS	PRODUCTION
	—	—	—
Machines.....	150 millions	15 000	75 millions
Fils et câbles ...	50 —	5 000	50 —
Télégraphie et téléphonie.....	20 —	3 000	10 —

L'industrie de la production et de la distribution de l'électricité immobilise actuellement en France un capital d'un milliard. Elle comprend les petites et moyennes entreprises pour l'éclairage dans les communes dépourvues de gaz, les grands réseaux alimentés surtout par des usines hydrauliques (depuis 1900), les grandes usines centrales à vapeur, qui datent de cinq à six ans. La loi du 15 juin 1906 a réglementé l'industrie de la distribution de l'énergie électrique, qui ne comprend qu'un petit nombre de sociétés anonymes, très importantes par le chiffre de capitaux qui y sont engagés. Les « secteurs parisiens », créés en 1889, ont obtenu d'abord une concession de 18 ans, puis une prolongation de 6 années en 1907 ; en 1914, il n'y aura plus qu'un seul concessionnaire pour la capitale, la Cie parisienne de distribution d'électricité. Les autres grandes usines de production et de distribution électrique en France sont à Lyon, Marseille, Bordeaux, etc. La baisse régulière du prix de revient de l'énergie vulgarise l'emploi de la force motrice et de l'éclairage électriques.

La fabrication d'accumulateurs et piles occupe en France 4 000 ouvriers et immobilise un capital de 20 millions. Des débouchés sont assurés aux accumulateurs par le développement des batteries de sous-marins et les batteries tampons des usines de production d'énergie électrique.

L'industrie des appareils d'éclairage (lampes à arc et lampes à incandescence) a subi une importante perturbation, par suite de l'invention de lampes à filaments métalliques. 10 million de capitaux y sont engagés.

L'industrie des compteurs et appareils électriques de mesure donne lieu à une importation considérable, mais elle s'est encore insuffisamment développée en France. Le capital immobilisé en est évalué à 5 millions.

Pour les isolants et les charbons électriques, l'Allemagne et la Suisse restent nos fournisseurs, sauf pour les charbons et les isolants en verre. Les capitaux engagés sont évalués à 2 millions.

L'industrie de l'appareillage en France dispose de 10 millions de capitaux.

L'importance et le nombre des maisons qui entreprennent des installations de lumière, force motrice, trolleys, etc., est considérable, puisque 40 millions de fr sont engagés dans cette catégorie.

L'électrométallurgie, qui date d'une trentaine d'années, a pris, en France, une grande extension. On comptait, en 1909, 22 fours électriques en activité, produisant surtout de la fonte, de l'acier et de l'aluminium.

Enfin, l'électrochimie, dont les premières applications industrielles remontent à 1886, a vu ses usines se développer, surtout dans le Dauphiné.

On évalue à 1 600 millions de fr les capitaux français engagés dans les diverses branches de l'industrie électrique se répartissant ainsi :

Construction du matériel électrique..	150	millions
Fabrication des câbles de fils.....	50	—
— d'appareils télégraphiques et téléphoniques	20	—
— d'accumulateurs et piles..	20	—
— d'appareils d'éclairage (lampes)	10	—
— de compteurs et appareils de mesure.....	5	—
— d'isolants	2	—
— d'appareillage	10	—
Installateurs	40	—
Production et distribution de l'énergie électrique..	800	—
Capitaux payés engagés dans les industries électriques à l'étranger (électro-chimie, électro-métallurgie, etc.)	500	—

La balance des importations et des exportations tend à s'équilibrer. Avec quelques efforts, nous pourrions arriver à devenir surtout exportateurs.

P. B.

Les matières premières de la métallurgie française (1).

La France est l'un des pays les plus riches en fer ; en Europe, elle occupe le premier rang au point de vue des ressources en minerai de fer, car elle en possède au moins 3 300 millions de t ; quant à la production, elle est passée de 2 506 000 t de minerai de fer en 1875 à 3 680 000 t en 1895 et à 16 millions de tonnes en 1911 ; elle a donc plus que quadruplé depuis 16 ans (2).

Le principal gisement est celui de Meurthe-et-Moselle, d'une surface de 61 000 hectares comprenant les bassins de Longwy, Briey, La Crusnes et Nancy, et qui possèdent 3 millions de tonnes de réserves de minerais de fer.

La production de ces bassins, qui n'était que de 976 000 t en 1875, a atteint 3 084 000 t en 1895 et 14 808 000 t en 1911. Le département de Meurthe-et-Moselle représente actuellement les 91 % de la production totale française. Il donne du minerai phosphoreux, tenant 30 à 42 % de fer, à gangue siliceuse ou calcaire ; c'est par excellence le minerai qui convient pour les fontes Thomas.

Les minerais du bassin de Nancy alimentent surtout les hauts-fourneaux locaux (Neuves-Maisons, Jarville, Maxéville, Frouard, Pompey et Pont-à-Mousson) ; ceux du bassin de Longwy alimentent surtout les hauts-fourneaux de Mont-Saint-Martin, Le Chiers, Longwy-Bas, Rehon, Senelle, Saulnes, Hussigny, Micheville, Villerupt-Laval-Dieu, Aubrives-Villerupt ; le reste est envoyé dans le nord de la France. 600 000 t environ provenant par moitié de chacun des bassins de Nancy et de Longwy, sont exportés.

Une faible quantité de minerai de Briey est consommée à proximité des exploitations, tandis que 600 000 t sont dirigées vers le nord, 200 000 vers les autres département et 3 millions 800 000 t sont exportées en Allemagne et en Belgique.

Le bassin de Normandie, qui produira bientôt un million de tonnes, est constitué par un minerai franchement siliceux renfermant peu de phosphore et tenant de 45 à 55 % de fer. Il convient aux aciers Martin et aux mélanges. C'est un bassin surtout à l'état de prospection, dont on évalue la richesse à 200 millions de t au moins. Le minerai extrait va pour un tiers dans les usines françaises du nord ; les deux autres tiers sont exportés par Caen en Angleterre et en Allemagne.

Le bassin de l'Anjou, qui se compose de minerai siliceux, d'une teneur variant de 41 à 62 % de fer, a produit 70 000 t, dont la moitié est expédiée aux usines de la Basse-Loire et le reste exporté par Nantes, en Allemagne.

Les gisements des Pyrénées sont des minerais manganésifères, convenant à la fabrication des fontes de qualité et des produits finis, contenant de 50 à 60 % de fer. Leur production est de 400 000 t environ, dont les trois quarts sont expédiés par chemin de fer et consommés surtout dans le midi de la France, mais ils pénètrent aussi dans la Loire et l'Isère (fours électriques) et, par bateaux, dans quelques usines du Nord. Les ressources des gisements pyrénéens sont estimés à 100 millions de tonnes par M. Nicou.

La métallurgie française éprouve des difficultés pour s'approvisionner en combustible, surtout les usines de Meurthe-et-Moselle. C'est pourquoi de grandes quantités de coke et de houille sont importées de Belgique et d'Allemagne (2).

P. B.

(1) Dans un chapitre du livre : *Les grandes industries françaises* (Paris, 1913).

(1) D'après le travail de M. Robert Pinot, secrétaire général du Comité des Forges de France, inséré dans l'ouvrage : *Les grandes industries françaises* (Paris 1913).

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. VI, n° 10 (15 mai 1913), p. 400.

(2) Voir *La Technique Moderne*, t. VII n° 4 (15 août 1913), p. 144 ; n° 5 (1er septembre 1913), p. 176.

Le Gérant : E. PINAT

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

La Technique Moderne

TOME VII (Deuxième Semestre 1913)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES *

A

Pages.

Abaques du pouvoir calorifique des charbons [n° 8] 283
Accéléromètre à maxima (L'origine, la construction et l'emploi d'un) [n° 6] 205
Accéléromètre à maxima (L') du laboratoire d'essai du Conservatoire National des Arts et Métiers [n° 8] 284
Accidents dans les ateliers de chemins de fer (Des mesures à prendre pour la prévention des), P. REDARD [n° 9] 320
Accidents caractéristiques (Les phénomènes de propagation d'onde et les) qu'ils produisent dans les lignes électriques, G. CAPART [n° 9] 289
— — [n° 10] 344
Accidents de chemins de fer [*Supplément* au n° 7] II
Accidents de chemins de fer (Des prompts secours dans les), P. REDARD [n° 11] 400
Accidents (Les) à la mer et la sécurité [n° 5] 168
Accidents de grisou en France de 1904 à 1911 (Les) [n° 8] 288
Accouplement élastique de deux arbres. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1] 46
Accrochage pour aéroplanes (Dispositif d') [n° 8] 275
Accumulateurs (Les automotrices à) [n° 1]. 31
Accumulateurs (Procédé de fabrication des plaques d'). *Brev.* Société de métallisation [n° 1] 45
Accumulateurs (Réglage des installations comportant des dynamos combinées avec des batteries d'). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11] 411
Acénaphtène (L') [n° 4] 131
Acide cyanhydrique (Préparation des cyanures en partant de l') [n° 5] 154
Acides (L'élianite, substance inattaquable par les), C. MATIGNON [n° 11] 392
Acide oléique [n° 11] 376
Acides saturés de l'huile de lin [n° 10] 363
Acide stéarique [n° 11] 376
Acier (Contribution à l'étude de la cémentation de l') à l'aide de gaz [n° 11] 402
Aciers (Essais de dureté des) [n° 11] 404
Acier (La fonderie de l') en Espagne, spécialement au point de vue militaire [n° 4]. 142
Acier (Les grands fours oscillants modernes pour la fabrication de l') [n° 9] 328
Acier au manganèse (Courbes de réchauffement et de refroidissement de l') [n° 8]. 285
Acier moulé (Les appareils de fusion pour l') [n° 4] 141
Acier moulé (Fabrication de l') [n° 3] 108
Acier moulé (La fonte et l') dans la construction des machines électriques [n° 1]. 42
Acier moulé (A propos de l') [n° 5] 170
Acier (Production de l') en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112

Pages.

Acier (Production de l') en France en 1912 [n° 4] 144
Acier (Production d') en Lorraine française [n° 12] 420
Aciers (La trempe des), L. GRENET [n° 7]... 242
Actions de travail (Les), Maurice BELLOM [n° 6] 188
Adhérence (Augmentation de l') des roues de locomotives [n° 2] 62
Admission à la fin de la course motrice dans les moteurs à quatre temps sans soupapes d'admission (Occlusion automatique des orifices d'). *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11] 414
Aéroplanes (Dispositif d'accrochage pour) [n° 8] 275
Aéroplane (Sur quelques perfectionnements à l') [n° 3] 105
Aéroplanes (Le problème de la direction des) [n° 4] 140
Agrandissements de la gare de l'Est à Paris, L. LACHAPELLE [n° 10] 352
Agrandissements (Les) du port de Marseille, A. SABOURIN et F. DUBAR [Pl. II] [n° 6] 177
Aiguillage des chemins de fer (Problème de l') [*Supplément* au n° 7] III
Aiguillage, système D. Beaudenon, J. NETTER [n° 7] 231
Aiguillage d'injection pour moteurs à combustion interne. *Brev.* Krupp Act. Ges. Germaniawerft [n° 11] 412
Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. *Brev.* Schneider [n° 11]. 412
Ailes d'aéroplanes (Perfectionnements aux) [n° 3] 105
Ailettes de turbines. *Brev.* G. Paynes et C. Durdle [n° 7] 253
Air comprimé (Caisson à) du port de Saint-Nazaire [n° 7] 221
Air comprimé (Démarreur à). *Brev.* Jorgensen [n° 11] 413
Air destiné à être liquéfié (Sur la dessiccation frigorifique de l') [n° 8] 287
Air (Emploi de l'ozone pour la purification de l') [n° 9] 325
Air liquide [n° 2] 79
Air (La résistance de l') sur des sphères en chute [n° 10] 363
Ajustage des lames de ressorts [n° 8] 263
Algérie (Production minière de l') en 1912 [n° 7] 256
Alimentation à voltage variable d'un moteur électrique à courant alternatif. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Alliages d'aluminium et de zinc (Les) [n° 7] 246
Alliages (Etude sur les changements de volume des) [n° 11] 406
Alliages de fer et de silicium (Sur la séparation du graphite dans les) [n° 3] 107

Pages.

Alliages métalliques (Les théories des) et leurs applications industrielles [n° 7]... 247
Allumage (Nouvel appareil d') et d'extinction des becs à distance [n° 7] 245
Allumage (Bougie d'). *Brev.* Fr. Keutel et O. Hahmann [n° 3] 111
Allumage de gaz à distance. *Brev.* Aktiebolaget Lux [n° 1] 45
Allumeur de gaz à distance avec fermeture de soupape à billes. *Brev.* Andreas Hassengier [n° 3] 110
Allumeur pour moteurs à explosion. *Brev.* Westinghouse Electric Co [n° 11] 412
Allumage dans les moteurs à explosion (Avance automatique de l'). *Brev.* Société des automobiles Unic [n° 3] 111
Alpes bernoises (Le chemin de fer des) et le tunnel du Lœtschberg, J. MORET [n° 3] 87
Alternateurs (Dispositif pour atténuer le courant instantané de court-circuit dans les) [n° 3] 109
Alternateurs de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1] 8
Alumine (Obtention simultanée d') et d'ammoniaque [n° 9] 297
Aluminium (Les alliages d') et de zinc [n° 7] 246
Aluminium (Câbles en cuivre et câbles en) [n° 6] 203
Aluminium (La corrosion de l') [n° 8] 285
Aluminium (A propos de la formation de l'azoture d') à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote [n° 1] 32
Aluminium (Nickelage direct de l') [n° 1]. 47
Aluminium (La production et la consommation de l') dans le monde en 1911-12 [n° 5] 176
Ammoniac (Production catalytique de l'). *Brev.* Johnston [n° 3] 109
Ammoniaque (Préparation des cyanures en partant de l') [n° 5] 152
Ammoniaque (La synthèse de l') à partir de l'azoture d'aluminium, C. MATIGNON [n° 9] 297
Ammoniaque (La synthèse industrielle de l') à partir de ses éléments [n° 9] 315
Ampèremètre thermique pour courants de haute fréquence. *Brev.* Girardeau [n° 9].. 330
Anglaise (La semaine), M. BELLOM [n° 11] 381
Antenne, système Bethenod, pour télégraphie sans fil [n° 5] 165
Anthracite (La production de l') en France en 1912 [n° 5] 176
Appareil électrique à vapeurs de mercure. *Brev.* Bousson et Guesnier [n° 1] 44
Appareils à élever ou à refouler les liquides. *Brev.* H.-A. Humphrey, W.-J. Rusdell [n° 1] 45

* NOTA. — *Les titres en plus petits caractères désignent les articles de Chronique (Notes, Travaux des Sociétés, Brevets), de Documentation et d'Informations.*

Digitized by Google

Pages.

Appareil pour l'essai, après leur pose, des câbles à haute tension [n° 4] 132
Appareils réversibles (Excitation des machines électriques servant à la commande d'). *Brev.* Société Schneider et Cie [n° 5]. 172
Appareils de sécurité dans les chemins de fer, Albert Moutier : Conférence [*Supplément* au n° 7]
Appareils en silicium pour l'industrie chimique (Nouveaux) [n° 7] 231
Appareil, système Podolsky et Strauss, pour le relevage du matériel déraillé [n° 2] ... 67
Appareils de transmission (Les) pour la propulsion des navires et pour diverses applications à bord [n° 2] 49
Appontement des darses du port de Saint-Nazaire [n° 7] 220
Approvisionnement des grandes collectivités en gaz d'éclairage. Récupération des sous-produits [n° 3] 106
Arbres (Accouplement élastique de deux). *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1] 46
Arbre (Transmission élastique entre un) et l'arbre commandé par lui. *Brev.* Société des anciens établissements Hotchkiss [n° 1] .....
Arcs électriques (Générateurs spécialement applicables à l'alimentation d') en vue de la production de courants à haute fréquence. *Brev.* E. Girardeau [n° 11] 46
Arc à la terre [n° 9] 410
Architecture navale (Esquisse d'un nouveau chapitre d') [n° 2] 295
Argiles colloïdales (L'importance des) pour la décoloration et l'épuration des eaux résiduelles [n° 6] 76
Armatures métalliques (Essais relatifs à l'influence des courants électriques sur la résistance au glissement des) par rapport à l'enveloppe de béton [n° 1] 204
Arrosage des bandages et graissage des boudins des roues de locomotives [n° 2] 18
Arsenicaux (Les nouveaux produits pharmaceutiques) [n° 6] 62
Asphalte pour routes [n° 1] 195
Aspiration et soufflage simultanés (Conduite des foyers par). *Brev.* L. Prat. [n° 5] 143
Asynchrones (Moteurs) polyphasés [n° 11]. 173
Ateliers de chemins de fer (Des mesures à prendre pour la prévention des accidents dans les) [n° 9] 397
Atelier pour la fabrication des ressorts [n° 7] 320
Atmosphère (Un nouvel élément dans l') [n° 9] 228
Atmosphère (La pollution de l') par la poussière [n° 10] 329
Atoxyde (L') [n° 6] 364
Attraction qui s'exerce entre deux navires en marche (Expériences sur l') [n° 5]... 195
Automobiles (Changements de vitesse pour voitures). *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 3] 168
Automobiles (Dynamo pour l'éclairage des). *Brev.* Soc. anon. Montbarbon [n° 9] 109
Automobiles (Mise en marche des moteurs d'). *Brev.* Rochet-Schneider [n° 9] 330
Automobile (Mise en route d'une voiture) par la dynamo d'éclairage. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7]. 330
Automobiles de poids lourds en 1913 (L'épreuve d'endurance militaire des) [n° 7]. 250
Automotrices (Les) à accumulateurs [n° 1].. 230
Automotrice benzo-électrique [n° 10] 31
Avance automatique de l'allumage dans les moteurs à explosion. *Brev.* Société des automobiles Unic [n° 3] 355
Aviation (Etude sur les parachutes d') [n° 12 111
Aviation (Résultats de la coupe Gordon-Bennet pour l'aviation en) [n° 9] 443
Azote de l'air (Préparation des cyanures avec l') [n° 5] 309
Azote (La combinaison de l') avec l'hydrogène et l'oxygène [n° 3] 153
Azote (La fixation de l') par les azotures métalliques [n° 9] 105
Azote (Le rôle des basses températures dans l'industrie de la fixation de l') [n° 2] 297
78

Pages.

Azoture d'aluminium (A propos de la formation de l') à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote [n° 1] 32
Azoture d'aluminium (La synthèse de l'ammoniaque à partir de l'), C. Matignon [n° 9] 297

B

Bacs fluviaux [n° 6] 197
Ballons dirigeables français les plus récents (Les), L. Marchis [n° 5] 145
Balayeuse automobile (Nouveau système de) [n° 9] 309
Bandages (Arrosage des) et graissage des boudins des roues de locomotives [n° 2] 62
Barres (Dispositif de fonçage avec équilibre des) par poids, ressort ou cylindre. *Brev.* E. Meyer [n° 1] 47
Bassins du port de Marseille [n° 6] 179
Bassins du port de Saint-Nazaire [n° 7.] 222
Bateaux (Propulsion aérienne des) sur les canaux [n° 9] 325
Bauxite (La) et le four électrique [n° 5]... 168
Becs à distance (Nouvel appareil d'allumage et d'extinction des) [n° 7] 245
Bennes (Dispositif pour charger et décharger les) sur les wagonnets pour monte-charge de hauts-fourneaux. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 1] 46
Benzo-électrique (Automotrice) [n° 10] 355
Berlines (Le désenchaînage spontané des) [n° 1] 42
Béton armé (Influence de l'électricité sur le), G. Marlier [n° 1] 10
Béton (Damage pneumatique du), H. Villetard [n° 12] 441
Béton (Fondation de hauts-fourneaux sur piliers de) [n° 9] 328
Bicycle à frein [n° 1] 113
Digue de 120 tonnes du port de Marseille [n° 6] 182
Billes (Roulements sur) [n° 12] 429
Billons (Semoir pour la culture en) [n° 7]. 230
Bineuse Bauche et Monier [n° 8] 272
Bissel de locomotive compound de la Compagnie du Nord [n° 5] 162
Bissel de la locomotive « Pacific », n° 6 001, de la Compagnie P.-L.-M. [n° 9] 311
Bitume pour routes [n° 4] 143
Blanchiment des fibres destinées à la fabrication du papier. *Brev.* Launoy [n° 9])... 330
Bleus (Nouvelle machine à tirer les) à marche continue, Maurice Leblanc [n° 9]. 317
Block-système pour la sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] XV
Bois pour pavage [n° 5] 171
Boisage (Emploi des vieux câbles métalliques pour renforcer les chapeaux des cadres de) [n° 2] 75
Boites de secours [n° 11] 400
Boudins des roues de locomotives (Arrosage des bandages et graissage des), [n° 2] 62
Bougie d'allumage. *Brev.* Fr. Keutel et O. Hahmann [n° 3] 111
Boulangerie (Chauffage au gaz des fours de) [n° 6] 203
Boulons. *Brev.* Mills [n° 3] 111
Bourrage extérieur (Le) des coups de mines effectué en vue de lutter contre les poussières [n° 7] 248
Bourrage extérieur en poussières incombustibles (Les expériences de Frameries sur le) [n° 12] 439
Brevets (Les Conventions de Washington pour la protection internationale des) [n° 5] 155
Bridage et débridage des ressorts [n° 8].... 264
Briquettes de fer (Emploi de) pour la fabrication de la fonte de qualité [n° 8].. 285
Broches genre Rabbeth (Graissage continu et automatique des), pour tous métiers à filer ou à retordre les divers textiles. *Brev.* Delesalle et Walker [n° 7] 255

Pages.

Bronze (L'emploi de moules durables dans les fonderies de) [n° 8] 286
Brûleurs pour gaz industriels, J. Izart [n° 3] 102
Budget de la construction et de l'entretien des routes; création de ressources [n° 7]. 249
Butoir pneumatique (Elévateur d'eau à clapet et) [n° 4] 130

C

Cabestan. *Brev.* Conradi [n° 9] 332
Cabines pour la sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] VIII
Câbles en cuivre et câbles en aluminium [n° 6] 203
Câbles à haute tension [n° 4] 139
Câbles à haute tension (Appareil pour l'essai, après leur pose, des) [n° 4] 132
Câbles métalliques (Emploi des vieux) pour renforcer les chapeaux des cadres de boisage [n° 2] 75
Câbles de mines (Réglementation des) [n° 10] 368
Câble (Onde électrique arrivant ou se déchargeant par un) [n° 9] 294
Câbles de suspension de pont [n° 4] 138
Câble téléphonique sous-marin du golfe de Géorgie [n° 9] 325
Cadres de boisage (Emploi des vieux câbles métalliques pour renforcer les chapeaux des) [n° 2] 75
Cadre suspendu pour essayer les moteurs. *Brev.* Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt [n° 3] 111
Caisson à l'air comprimé du port de Saint-Nazaire [n° 7] 221
Calchoïdes riches en cuivre (Les) [n° 12]... 447
Calorimètre [n° 2] 58
Calorimètre. *Brev.* C. Féry [n° 11] 414
Calorimètre, type Thomson [n° 8] 282
Camion-tracteur Damery [n° 8] 273
Canal de Marseille au Rhône [n° 6] 183
Canal de Marseille au Rhône (Le), L.-G. Lévy [n° 7] 225
Canaux (Propulsion aérienne des bateaux sur les) [n° 9] 325
Canaux rectilignes (Sur le tracé des profils en travers des), Doucet [n° 12] 422
Canons (Les fonderies de) en Espagne [n° 4] 142
Canots automobiles dans la mer du Nord (Course de) [n° 3] 99
Caoutchouc synthétique [n° 4] 131
Capacité (Déformations des ondes électriques par la) [n° 10] 347
Carbazol (Le) [n° 4] 131
Carbone (Le système tungstène-) [n° 11].. 406
Carbonisation à basse température (Economie de combustible et) [n° 10] 367
Carburant (Nouvel emploi du gaz de houille comme) dans les moteurs de véhicules [n° 6] 204
Carburants légers (Les ressources mondiales en) extraits des pétroles, leur développement, les moyens de les accroître [n° 7]. 245
Carburateur. *Brev.* E. Gobbi [n° 11] 412
Carburateur. *Brev.* Jouffret, Renée, Gondard et Memesson [n° 11] 412
Carburateur. *Brev.* Kelley [n° 5] 173
Carburateur double à deux gicleurs. *Brev.* L. Bollée [n° 11] 412
Carburateur à double gicleur pour moteurs à explosion. *Brev.* Cambessédès [n° 11]. 412
Carburateur double pour moteurs à combustion interne. *Brev.* L. Renault [n° 11]. 412
Carburateur pour l'emploi du pétrole et autres huiles lourdes dans les moteurs à explosions. *Brev.* Société du carburateur Zénith [n° 11] 413
Carburateur à injection pour combustibles liquides. *Brev.* Motorenbau Gesells. [n° 3] 111
Cargo mixte *France* (Le), L. Gouset [n° 11]. 393
Catalyseurs pour corps gras [n° 11] 377
Cavitation (L'apparition du phénomène de) sur les hélices [n° 6] 204
Cémentation de l'acier à l'aide de gaz (Contribution à l'étude de la) [n° 11] 402
Cendres de chaudières (L'entraînement des) par l'eau et leur enlevage mécanique [n° 7] 245
Centrage des lames de ressorts [n° 7] 228

Digitized by Google

Pages.

Centrales électriques (Progrès dans la construction de l'outillage des grandes) [n° 4] 139
Certificats de garantie (Les) dans les expositions [n° 11] 416

Chaleurs perdues des moteurs à explosion (De l'utilisation des), G. Debesson [n° 7] 209
Chaleur (La transmission de la) entre un fluide en mouvement et une surface métallique, F. Leprince-Ringuet [n° 2] 54

Changement hydraulique de vitesse ou de marche. *Brev.* Vulcan Werke Hamburg und Stettin Actien-Gesells. [n° 7] 252
Changement de vitesse pour tour. *Brev.* Werner [n° 7] 252
Changements de vitesse pour voitures automobiles. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 3] 109
Changements de volume des alliages (Etude sur les) [n° 11] 406
Chanvre (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 7] 254
Chanvre (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 9] 335
Chapeaux des cadres de boisage (Emploi des vieux câbles métalliques pour renforcer les) [n° 2] 75
Charbon (Le contrôle du lavage du) [n° 10]. 356
Charbon (Emploi de poussière de) dans les fonderies [n° 8] 285
Charbons (Le pouvoir calorifique des), J. Izart [n° 8] 282
Chargement de fours (Procédé et appareil pour le). *Brev.* Société Française de fours à coke et de matériel de mines [n° 3] ... 110
Charger (Dispositif pour) et décharger les bennes sur les wagonnets pour montecharge de hauts-fourneaux. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 1] 45
Chargeur pour haut-fourneau. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 7] 252
Charpente pour sheds (Une nouvelle forme de) [n° 1] 42
Charrue (La moto-), système Stock, H. Pillaud [n° 3] 97
Charrue (Moto-) [n° 8] 270
Chaudières à combustible liquide ou à combustible mixte (Pulvérisation pour). *Brev.* Société Delaunay-Belleville [n° 9] 333
Chaudière à combustion sans flamme [n° 7] 244
Chaudières (L'entraînement des cendres de) par l'eau et leur enlevage mécanique [n° 7] 245

Chaudières (Expériences sur les) [n° 2]. 60

Chaudière au gaz [n° 3] 102
Chaudières à gaz d'échappement [n° 7] 237
Chaudières (Robinet de jauge de niveau d'eau pour) [n° 11] 402
Chaudières à tubes d'eau. *Brev.* Helm n° 11 413
Chauffage des chaudières sans flamme [n° 4] 143
Chauffage et cintrage des lames de ressorts [n° 8] 261
— — [n° 8] 266
Chauffage sans flamme [n° 7] 244
Chauffage au gaz (Récents progrès du) [n° 10] 364
Chauffage au gaz des fours de boulangerie [n° 6] 203
Chauffage à l'huile lourde (L'application du) aux fours métallurgiques [n° 4] 141
Chaussées (Observations faites depuis 1908, sur les différentes causes d'usure et de détérioration des) [n° 7] 249

Chemin de fer des Alpes bernoises (Le) et le tunnel du Lœtschberg, J. Moret [n° 3] 87

Chemins de fer anglais, allemands et français de 1906 à 1910 (Résultats financiers de l'exploitation des), G. Lainel [n° 6]. 207

Chemins de fer (Les appareils de sécurité dans les). Conférence. A. Moutier (*Supplément* au n° 7].

Chemins de fer (L'électrification des) par le courant continu à 2 400 volts [n° 12] 411

Pages.

Chemins de fer (Fabrication et entretien des ressorts à lames employés sur le matériel des). P.-B. d'Arlatan [n° 7] 226
— — [n° 8] 260

Chemins de fer fédéraux suisses (Le problème de l'électrification des) [n° 11] ... 391
Chemin de fer de Miramas à l'Estaque (Construction de la ligne du) et du viaduc de Caronte, H. Villetard [n° 6] 202
Chemins de fer (Recettes comparées des) dans les différents pays du monde [n° 2]. 80
Chemins de fer (Des prompts secours dans les accidents de), P. Redard [n° 11] 400
Chenal d'accès à la Loire (Saint-Nazaire) [n° 7] 224
Chenille du tracteur, système Caterpillar [n° 8] 270
Chlorure de chaux (Epuration de l'eau au moyen de), d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 3] 109

Chronométrage industriel (Le) dès le XVII[e] siècle et le système Taylor, Ch. Fremont [n° 9] 301

Chutes d'eau (Utilisation des) ou houille blanche [n° 3] 100
Chute de 1 650 mètres (Utilisation d'une) [n° 1] 39
Chute de température (Loi élémentaire de la) le long d'une surface [n° 2] 55
Ciment amorphe (Théorie du) [n° 11] 406
Cintrage des lames de ressorts [n° 8] 261
— — [n° 8] 263
Cintre (Tissage en) de tous genres de rubans ou tissus. *Brev.* Samuel Roche [n° 7] 255
Circuit oscillant sans étincelle pour télégraphie sans fil 165
Circuit oscillant à onde unique. *Brev.* Girardeau [n° 9] 330
Circuit oscillant à onde unique pour télégraphie sans fil [n° 5] 163

Circulation de l'eau dans les pompes centrifuges, L. Bergeron [n° 4] 118

Circulation rapide ou lente sur les routes (Réglementation de la) [n° 4] 143
Cisaillage des barres pour ressorts à lames [n° 7] 228
Cisaille pour barres d'acier à ressorts [n° 7] 229
Clapet (Elévateur d'eau à) et butoir pneumatique [n° 4] 130
Classification numérique des fontes de moulage, son insuffisance, classification chimique [n° 4] 141
Coefficient d'écoulement (Le) et son importance dans la coulée en lingotières métalliques [n° 5] 169
Cohésion intercristalline des métaux [n° 11] 406
Coke (Production du) en France en 1912 [n° 4] 144
Colonies françaises (La production minière des) en 1912 [n° 7] 256
Colonne liquide oscillante dans le conduit de refoulement (Pompe mue par un mélange explosif avec). *Brev.* Siemens Schuckert Werke [n° 7] 251
Colorants extraits du goudron de houille [n° 4] 131
Combustible (Economie de) et carbonisation à basse température [n° 10] 367
Combustible (L'industrie du gaz et l'économie de) n° 10] 364
Combustibles minéraux (La production des) en France en 1912 [n° 5] 176
Combustibles solides (Les), liquides et gazeux [n° 9] 327
Combustion sans flamme (La) [n° 7] 243
Combustion des gaz (Emploi de la) à la surface des corps incandescents dans les fonderies et les forges [n° 1] 41
Combustion complète des gaz (Procédé et appareil pour l'observation de la). *Brev.* Société d'instruments de précision [n° 9]. 335
Combustion interne (Voir : *Moteurs*).
Combustion des mélanges gazeux (La) et les retards à l'inflammation [n° 3] 108
Combustion des mélanges gazeux (Sur la) et les températures d'inflammation [n° 8]. 287
Combustion superficielle sans flamme [n° 4] 143

Pages.

Commande d'appareils réversibles (Excitation des machines électriques servant à la). *Brev.* Société Schneider et Cie [n° 5] 172
Commande d'hélices de navires. *Brev.* Daimler-Motoren Ges. [n° 1] 45
Commande hydraulique de soupape. *Brev.* Krupp Act. Ges. Gervhman. [n° 7] 253
Commission internationale (La), P. Janet [n° 9] 321
Commutation (Recherches expérimentales et théoriques sur la) [n° 1] 35
Compensation (La) dans la direction des navires et des navires aériens [n° 4] 140
Compoundage et anticompoundage des machines dynamo-électriques à courant continu. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 9] 330
Compoundage (Génératrices de courant électrique à contre-). *Brev.* Société des automobiles et cycles Peugeot [n° 11] 411
Compresseur d'air d'injection [n° 11] 396
Compression (Effet de la) sur le rendement des moteurs à gaz [n° 9] 326
Compteurs électriques. *Brev.* Thomson-Houston [n° 1] 44
Compteur enregistreur « Lea Recorder » [n° 11] 399
Compteur humide à gaz. *Brev.* H. Pipersberg [n° 5] 173
Compteur pour la mesure du glissement des moteurs asynchrones [n° 1] 39

Concours (Le) et le Congrès de motoculture de Soissons, H. Pillaud [n° 8] 268

Concours de pare-boue pour omnibus automobiles, G. Lumet [n° 3] 98
Condensateurs électriques [n° 10] 348
Condensateurs électriques (Procédé de fabrication). *Brev.* Société de métallisation [n° 5] 172
Condenseurs par surface et par injection. *Brev.* Société Westinghouse [n° 11] 413
Conditions économiques du travail à la pelle à vapeur [n° 10] 360
Conducteurs électriques (Les contacts entre) [n° 10] 364

Conducteur de tramways (La supériorité professionnelle chez les) dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique, J.-M. Lahy [n° 11] 388

Conductibilité de certains sels métalliques fondus (Influence des oscillations électriques sur la) [n° 3] 106
Conductibilité des joints électriques (Procédé pour augmenter et assurer la). *Brev.* Société de métallisation [n° 3] 109
Conduite des foyers par aspiration et soufflage simultanés. *Brev.* L. Prat [n° 5] ... 173
Congélation (Fonçage par) [n° 4] 136

Congrès de motoculture de Soissons (Le concours et le), H. Pillaud [n° 8] 268

Connexions d'une dynamo [n° 1] 35
Connexions des lampes à vapeur de mercure pour courant alternatif. *Brev.* Korting et Mathiesen [n° 11] 412
Consommation d'énergie des usines électriques suisses [n° 11] 392

Consommation d'énergie électrique (La supériorité professionnelle chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la), J.-M. Lahy [n° 11] .. 388

Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du Viaduc de Caronte, H. Villetard [n° 6] 202
Construction navale (Les contrats dans la) [n° 6] 204
Construction de l'outillage des grandes centrales (Progrès dans la) [n° 4] 139
Construction de routes empierrées avec liants de matières goudronneuses, bitumineuses et asphaltiques [n° 4] 143
Construction des villes salubres (Les méthodes scientifiques pour le) [n° 5] 171
Contacts entre conducteurs électriques (Les) [n° 10] 364
Contrats (Les) dans la construction navale [n° 6] 204
Contrats d'exposition [n° 11] 416
Contrôle du lavage du charbon [n° 10] 356

Digitized by Google

Pages.

Convertisseurs de fréquence (Mode d'entraînement pour). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 9]..... 331

Conventions de Washington (Les) pour la protection internationale de la propriété industrielle, E. COHENDY [n° 5] 155

Coque de navire avec division en cellules. *Brev.* Schaumann [n° 1]..... 45

Corps gras (Origine et emploi des) [n° 11]. 375

Corps X3 (Le) et l'évolution de l'hélium [n° 10] 367

Corrosion de l'aluminium (La) [n° 8]..... 285

Coton (Les machines à filer : caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du) et de la laine [n° 1]..... 19

Couches en dressant (Exploitation d'un faisceau de) [n° 7]..... 249

Coulée en lingotières métalliques (Le coefficient d'écoulement et son importance dans la) [n° 5]..... 169

Coulée rationnelle dans la fonderie (Fusion et) [n° 8]..... 286

Couleur constante (Procédé pour engendrer et maintenir une) dans les tubes lumineux à vide. *Brev.* Moore Licht [n° 1]..... 45

Coupe extra-rapide à froid (Scies circulaires à) [n° 12]..... 436

Coupe Gordon-Bennet de 1913 (Résultats de la) [n° 9]..... 309

Coupe (Relations entre la force motrice absorbée, la vitesse de) et la quantité de métal enlevé [n° 2]..... 69

Couplage automatique des wagons de chemins de fer. *Brev.* Kuscielek et Rothstein [n° 1] 44

Coups de mines (Le bourrage extérieur des) effectué en vue de lutter contre les poussières [n° 7]..... 248

Courants alternatifs à haute tension (Un problème intéressant sur le réglage de la tension des réseaux à), V. SYLVESTRE [n° 7] 214

Courant de charge (Indicateur de) pour parafoudre électrolytique à aluminium [n° 8] 279

Courant continu à 2 400 volts (L'électrification des chemins de fer par le) [n° 12]. 444

Courant continu d'intensité constante (Groupe moteur-générateur produisant un). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 1]..... 44

Courant électrique à contre-compoundage. *Brev.* Société des automobiles et cycles Peugeot [n° 11]..... 411

Courants de haute fréquence (Générateurs spécialement applicables à l'alimentation d'ares électriques en vue de la production de). *Brev.* E. Girardeau [n° 11]..... 410

Courant de haute fréquence (Production de). *Brev.* Allgemeine Elektr. Gesellsch. [n° 7]. 251

Courant instantané de court-circuit dans les alternateurs (Dispositif pour atténuer le). *Brev.* Ateliers de construction du Nord et de l'Est [n° 3]..... 109

Courant monophasé (Transformateur rotatif pour). *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 7] 251

Courbes de réchauffement et de refroidissement de l'acier au manganèse [n° 8]... 285

Courroies (Fortes transmissions par) pour laminoirs [n° 2]..... 73

Courroies de transmission (Produit pour empêcher le glissement des). *Brev.* Lepart [n° 3] 111

Course de canots automobiles dans la mer du Nord [n° 3]..... 99

Court-circuit (Dispositif pour atténuer le courant instantané de) dans les alternateurs. *Brev.* Ateliers de construction du Nord et de l'Est [n° 3]..... 109

Coussinets d'arbres (Graissage à circulation pour). *Brev.* Ignaz Nowack [n° 5]..... 174

Cristallisation (Double décomposition dans l'eau de) [n° 8 284

Cristallisation par la fatigue (Sur le fait dénommé :) [n° 11]..... 407

Cristaux de quartz [n° 6]..... 185

— — [n° 6] 187

Cuirassé *Jean-Bart* (Lancement du) [n° 1]. 33

Cuirassé *Jean-Bart* (Essais du) [n° 1]..... 34

Cuirassés (Nos) peuvent-ils naviguer? [n° 7] 232

Pages.

Cuivre (Câbles en) et câbles en aluminium [n° 6] 203

Cuivre (Les calchoïdes riches en) [n° 12].. 447

Cuivre (Dosage de l'oxygène dans le) et le laiton [n° 12]..... 447

Cuivre (Le rôle des oxydants dans la fonderie de) et leur emploi [n° 5]..... 169

Cuivre (Récupération des poussières des fours dans la métallurgie du) [n° 11]... 407

Cultivateurs canadiens (Distributeur d'engrais sur), H. PILLAUD [n° 11]..... 391

Culture en billons (Semoir pour la), H. PILLAUD [n° 7]..... 230

Culture mécanique (Congrès de) de Soissons [n° 8]..... 274

Cyanamide (Fabrication de la). *Brev.* Ashcroft [n° 3]..... 109

Cyanures alcalins (L'industrie des), E. GRANDMOUGIN [n° 5]..... 151

Cyanures (Electrolyse des solutions de) [n° 10] 363

Cyanures (Electrolyse des solutions de) [n° 11] 407

Cyanure (Transformation de l'azoture d'aluminium en) [n° 9]..... 301

Cylindres (Graissage de) pour moteurs à combustion à cylindres rotatifs. *Brev.* A. Horchund et C° [n° 5]..... 174

Cylindres de moteurs (Refroidissement des). *Brev.* Windhoff [n° 9]..... 334

Cylindres oscillants (Moteur rotatif à). *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 7]. 253

D

Damage pneumatique du béton, H. VILLETARD [n° 12]..... 441

Darses (Appontement des) du port de Saint-Nazaire [n° 7]..... 220

Débit de l'eau et des liquides (Sur l'enregistrement et la mesure du) [n° 7]..... 235

Débit d'une turbine hydraulique (Mesure du) par la méthode chimique [n° 4]..... 133

Débits de vapeur (Nouveau procédé de mesure pour les) [n° 6]..... 205

Décharges (Enregistreurs de) [n° 9]..... 319

Décoloration et épuration des eaux résiduelles (L'importance des argiles colloïdales pour la) [n° 6]..... 204

Décharges analogues à celles de la foudre (Essais sur les effets des) sur le béton armé [n° 1]..... 17

Décomposition (Double) dans l'eau de cristallisation [n° 8]..... 284

Déformations dans les métaux soumis à des efforts (Distribution des) : cas du plissement, Lt-colonel HARTMANN [n° 3] 94

Dégagement du grisou (Gisement de) [n° 11] 409

Démarrage des groupes en cascade. *Brev.* Ateliers de constructions électriques de Charleroi [n° 7]..... 250

Démarrage (Le) des tramways [n° 11]..... 390

Démarreur à air comprimé. *Brev.* Jorgensen [n° 11]..... 413

Démarreur à plots amovibles à nombre quelconque d'échelons et pour intensités quelconques. *Brev.* Bréguet [n° 7]..... 250

Dépenses des chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910 [n° 6]. 208

Dépôt électrolytique de divers métaux [n° 2] 77

Dépôts (Formation des) dans les huiles de transformateur [n° 2]..... 76

Déraillé (Appareil système Podolsky et Strauss pour le relevage du matériel) [n° 2] 67

Désenchaînage spontané des berlines [n° 1]. 42

Dessication frigorifique de l'air destiné à être liquéfié [n° 8]..... 287

Détente adiabatique [n° 12]..... 411

Détérioration des chaussées (Observations faites depuis 1908 sur les différentes causes d'usure et de) [n° 7]..... 249

Diagramme d'Hellenschmidt [n° 8]..... 280

Diagramme de Junkers (moteur Diesel) [n° 3] 85

Diamètre (Influence du) sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au néon [n° 7]..... 245

Diffuseur des pompes centrifuges [n° 4].... 120

Pages.

Direction des navires modernes et des appareils de navigation aérienne (Le problème de la [n° 4]..... 140

Dirigeables français les plus récents (Les), L. MARCHIS [n° 5]..... 145

Dispositif pour charger et décharger les bennes sur les wagonnets pour montecharge de hauts-fourneaux. *Brev.* Deutsche Maschinenf. A. G. [n° 1]..... 45

Dispositions nouvelles de machines dynamo-électriques [n° 12]..... 443

Dissolutions non aqueuses (Electrolyse dans les) [n° 9]..... 323

Distillation du goudron dans la pratique métallurgique (La) [n° 7]..... 246

Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens, H. PILLAUD [n° 11]..... 391

Distribution automatique d'un fluide additionnel à un moteur à combustion interne. *Brev.* Letombe [n° 1]..... 46

Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts : cas du plissement, Lt-colonel HARTMANN [n° 3] 94

Distribution (Sur l'emploi des transformateurs sur les réseaux de), A.-R. GARNIER [n° 9]..... 318

Distribution (Régularisation de l'énergie électrique empruntée à un réseau de) par des appareils d'utilisation à fonctionnement intermittent. *Brev.* Société Abel Pifre [n° 9]..... 332

Dosage de l'oxygène dans le cuivre et le laiton [n° 12]..... 447

Dosage des persulfates (Méthode iodométrique de) [n° 1]..... 32

Dosage du tannin (Nouvelle méthode de) [n° 10] 356

Douilles porte-rouleaux (Usinage des) des phonographes [n° 7]..... 236

Douilles de projectiles (Cas du plissement des) comprimées [n° 3]..... 95

Dressant (Exploitation d'un faisceau de couches en) [n° 7]..... 249

Durcissement (Essais de) des corps gras [n° 11] 376

Dureté (Essais de) des aciers [n° 11]..... 404

Dygographe système Dunoyer [n° 4]..... 140

Dynamos combinées avec des batteries d'accumulateurs (Réglage des installations comportant des). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11]..... 411

Dynamo d'éclairage (Mise en route d'une voiture automobile par la). *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7]. 250

Dynamo-électriques à courant continu (Compoundage ou anticompoundage des machines). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 9]..... 330

Dynamo-électriques (Sur les machines) à excitation interne [n° 1]..... 40

Dynamo pour l'éclairage des automobiles. *Brev.* Soc. anonyme Montbarbon [n° 9]. 330

Dynamo-électriques (Dispositions nouvelles de machines) [n° 12]..... 443

Dynamo à tension pratiquement indépendante de la vitesse de rotation. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11]..... 410

Dynamomètre pour la mesure du travail humain [n° 4]..... 113

Dynamomètres pour mesurer le travail de l'homme [n° 9]..... 301

E

Eau de cristallisation (Double décomposition dans l') [n° 8]..... 284

Eau (Epuration de l') au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Golschmidt [n° 1]..... 44

Eau (Epuration de l') au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 3]..... 109

Eaux sur le plomb (Contribution à l'étude de l'action de diverses) [n° 11]..... 405

Eaux résiduelles (L'importance des argiles colloïdales pour la décoloration et l'épuration des) [n° 6]..... 204

Digitized by Google

Pages.

Echauffement des machines électriques (Courts d'essais d') [n° 9] 323
Eclairage des automobiles (Dynamo pour l'). *Brev.* Soc. anon. Montbarbon [n° 9] 330
Eclairage (La commission internationale d'), P. JANET [n° 9] 321
Eclairage des voies publiques et des véhicules (Modes d') [n° 5] 171
Eclairage de voitures de tramways (L') [n° 10] 363
Economie de combustible et carbonisation à basse température [n° 10] 367
Ecoulement (Le coefficient d') et son importance dans la coulée en lingotières métalliques [n° 5] 169
Ecoulement de gaz. *Brev.* W. Hoeller [n° 3]. 110
Ecoulement de gaz dans les collecteurs (Réglage de l'). *Brev.* Apparate Vertriebs Gesells. [n° 3] 110
Efforts (Distribution des déformations dans les métaux soumis à des) : cas du plissement, Lt-colonel HARTMANN [n° 3] 94
Efforts transmis par un rivet à une tôle (Répartition des) [n° 1] 41
Ejectair Bréguet, appareil extracteur d'air dépourvu d'organes mobiles [n° 6] 205
Ejecteur de vapeur (Régulateur pour). *Brev.* Société des procédés Westinghouse-Leblanc [n° 11] 414
Electricité (Influence de l') sur le béton armé, G. MARLIER [n° 1] 10
Electricité (L') dans les transports des bois [n° 9] 323
Electrification des chemins de fer par le courant continu à 2 400 volts [n° 12] 444
Electrification des chemins de fer fédéraux suisses (Le problème de l') [n° 11] 391
Electriques (Les moteurs) et leurs applications industrielles, A.-R. GARNIER et V. SYLVESTRE [Bibliothèque de *La Technique Moderne*, fasc. VI]
Electrique (Production de l'industrie) française [n° 12] 448
Electrodes de four électrique (Recherches sur la fabrication des) [n° 4] 139
Electrodes des hauts-fourneaux électriques [n° 4] 128
Electrolyse dans les dissolutions non aqueuses [n° 9] 323
Electrolyse du plomb et du fer dans le sol (Sur l') [n° 12] 445
Electrolyse des solutions de cyanures [n° 10] 363
Electrolyse des solutions de cyanures [n° 11] 407
Elément dans l'atmosphère (Un nouvel) [n° 9] 329
Eléments radio-actifs (Les) comme indicateurs [n° 10] 367
Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique, H. PILLAUD [n° 4] 130
Elever (Appareils à) ou à refouler les liquides. *Brev.* H.-A. Humphrey, W.-J. Rusdell [n° 1] 45
Elianite (L'), substance inattaquable par les acides, C. MATIGNON [n° 11] 392
Elimination du sulfure de carbone des gaz [n° 11] 405
Emaillage sur fonte (Intoxication saturnine dans l'industrie de l') [n° 1] 48
Embarcation de sauvetage fermée [n° 7] ... 233
Embrayage. *Brev.* Berlin-Erfuter Maschinenf. H. Pels et C° [n° 1] 46
Embrayages pour turbines de croisière [n° 5] 168
Emission (Montage d') pour poste radiotélégraphique avec variation rapide de la longueur d'onde. *Brev.* E. Girardeau [n° 5] 173
Empennages des dirigeables français les plus récents [n° 5] 145
Enclenchements des appareils de sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7]. V
Enclumes pour ajuster les ressorts [n° 8] .. 263
Endurance militaire (L'épreuve d') des automobiles de poids lourds en 1913 [n° 7]. 230
Energie électrique à Londres (La production de l') [n° 4] 139
Energie électrique (Régularisation de l') empruntée à un réseau de distribution par des appareils d'utilisation à fonctionnement intermittent. *Brev.* Société Abel Pifre [n° 9] 332
Energie électrique (La supériorité professionnelle chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la consommation d'), J.-M. LAHY [n° 11] 388
Energie humaine (Sources et évaluation de l'), J. AMAR [n° 4] 113
Energie produite par divers moteurs (Comparaison du prix de revient de l') [n° 3]. 100
Energie (Le transport d') à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond (ligne du Dauphiné-Centre) [Pl. I], V. SYLVESTRE [n° 1] 1
Engrais (Distributeur d') sur cultivateurs canadiens [n° 11] 391
Engrenages (Transmission par) [n° 2] .. 49
Enlevage mécanique (L'entraînement des cendres de chaudières par l'eau et leur) [n° 7] 245
Enquête sur le fonctionnement des machines thermiques (Introduction à l'), L. LETOMBE [n° 11] 369
Enregistrement et mesure du débit de l'eau et des liquides, J. IZART [n° 7] 235
Enregistrement photographique continu pour T. S. F. (Microgalvanomètre rapide à) [n° 4] 139
Enregistreur (Le compteur) « Lea Recorder » [n° 11] 399
Enregistreurs de décharges [n° 9] 319
Enregistreur de surtension pour conducteurs électriques. *Brev.* Compagnie Générale d'Electricité de Creil [n° 9] 331
Entraînement des cendres (L') de chaudières par l'eau et leur enlevage mécanique [n° 7] 245
Enveloppes cylindriques entretoisées (Tensions dans les) [n° 1] 41
Epreuve d'endurance militaire (L') des automobiles de poids lourd en 1913 [n° 7]. 230
Epreuves de pont suspendu fixe, système Gisclard [n° 4] 137
Epuration de l'eau au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 1] 44
Epuration de l'eau au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 3] 109
Epuration des eaux résiduelles (L'importance des argiles colloïdales pour la décoloration et l') [n° 6] 204
Essai des câbles à haute tension, après leur pose (Appareil pour l') [n° 4] 132
Essais du cuirassé *Jean-Bart* [n° 1] 34
Essais de dureté des aciers [n° 11] 404
Essais d'échauffement (Courts) des machines électriques [n° 9] 323
Essai des métaux (Méthodes modernes d') [n° 10] 360
Essai des moteurs (Cadre suspendu pour l'). *Brev.* Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt [n° 3] 111
Essais de trois navires propulsés par turbines à engrenages [n° 5] 168
Essais réduits en télégraphie sans fil (Sur une méthode permettant d'effectuer des) [n° 6] 203
Essais relatifs à l'influence de l'électricité sur le béton armé, G. MARLIER [n° 1] 10
Essais de résistance du mortier de béton [n° 1] 11
Essai des toiles isolantes [n° 9] 323
Etablissements classés (L'inspection des) dans le département de la Seine en 1912 [n° 9] 336
Etalons de longueur en quartz [n° 6] 184
Etaux-limeurs (Rendement des) [n° 2] 70
Etoquiaux pour lames de ressorts [n° 7] .. 228
Etrier pour la mise en place des brides des ressorts [n° 8] 264
Excitation interne (Sur les machines dynamo-électriques à) [n° 1] 40
Excitation des machines électriques servant à la commande d'appareils réversibles. *Brev.* Société Schneider et Cie [n° 5] 172
Expériences sur l'attraction qui s'exerce entre deux navires en marche [n° 5] 168
Expériences de Frameries (Les) sur le bourrage extérieur en poussières incombustibles [n° 12] 439
Expériences méthodiques sur les formes des navires de commerce [n° 1] 41
Exploitation des chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910 (Résultats financiers de l'), G. LAINEL [n° 6] 207
Exploitation d'un faisceau de couches en dressant [n° 7] 249
Exploitation des mines (Modification au règlement sur l') [n° 10] 368
Explosif. *Brev.* Nodon [n° 5] 172
Explosif (Pompe mue par un mélange) avec une colonne liquide oscillante dans le conduit de refoulement. *Brev.* Siemens Schuckert Werke [n° 7] 251
Explosion d'un mélange d'air et de poussière de papier [n° 10] 359
Expositions (Les), contrats d'exposition, droits des industriels, responsabilité des organisateurs, les saisies, suspension des saisies, la protection des inventeurs, les certificats de garantie, M. PLAISANT [n° 11] 416
Extinction (Nouvel appareil d'allumage et d') des becs à distance [n° 7] 245
Extracteur d'air (Ejectair Bréguet, appareil) dépourvu d'organes mobiles [n° 6] 205

F

Fabrication et entretien des ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer, P.-B. D'ARTALAN [n° 7] 226
— — [n° 8] 260
Fabrication des pièces pour phonographes, E. GAY [n° 7] 236
Façonnage des bouts de lames de ressorts [n° 8] 267
Fatigue (Sur le fait dénommé : cristallisation par la) [n° 11] 407
Feldspath (Préparation de la potasse et du ferrosilicium à partir du) [n° 1] 32
Fer arsénieux (Procédé pour rendre utilisable pour la fusion les minerais de). *Brev.* Cöln-Müsener Bergwerks-Actien-Verein [n° 3] 111
Fer (Emploi de briquettes de) pour la fabrication de la fonte de qualité [n° 8] ... 285
Fer (Sur l'électrolyse du plomb et du) dans le sol [n° 12] 445
Fer électrolytique (Procédé de fabrication). *Brev.* Société Le Fer [n° 1] 47
Fer (L'emploi de moules durables dans les fonderies de) [n° 8] 286
Fer (Les matières premières de la métallurgie du) [n° 12] 448
Fer (Les mines de) en Lorraine française, G. SÉPULCHRE [n° 12] 417
Fer (Production de) en France en 1912 [n° 4] 144
Fer (Production des minerais de) en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Fer (Les transformations allotropiques du) [n° 9] 327
Fermeture de soupape à billes (Allumeur de gaz à distance avec). *Brev.* Andreas Hassengier [n° 3] 110
Ferro-cyanures (Préparation des cyanures en partant des) [n° 5] 151
Ferro-manganèse, ferro-silicium, ferro-chrome, ferro-aluminium (Classification) [n° 4] 141
Ferro-silicium (Préparation de la potasse et du) à partir du feldspath [n° 1] 32
Ferry-boats [n° 6] 196
Feuille de métal (Méthode de mesure de la pression de radiation au moyen d'une mince) [n° 8] 287
Fils de connexion pour lampes à incandescence [n° 10] 363
Filament de tungstène à haut rendement (Lampes à) [n° 12] 435
Filature du coton et de la laine (Les machines à filer : caractéristiques des renvideurs actuels pour la), Ed. FONTIGNY [n° 1] 19

Digitized by Google

Pages.

Filature du lin, du chanvre, du jute et autres fibres. *Brev.* Lawson et Shaw [n° 7] 254
Filature du lin, du chanvre, du jute et autres fibres. *Brev.* Lawson et Shaw [n° 9] 335
Filer (Graissage continu et automatique des broches genre Rabbeth pour tous métiers à) ou à retordre les divers textiles. *Brev.* Delesalle et Walker [n° 7] 255
Filer (Les machines à) : caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du coton et de la laine, Ed. FONTIGNY [n° 1] 19
Filtre pour transformateurs statiques [n° 2]. 68
Fissures (Essais pour déterminer la cause de la formation des) dans le béton armé [n° 1] 16
Fixation de l'azote (Le rôle des basses températures dans l'industrie de la) [n° 2] 78
Flamme (Moyen d'empêcher la propagation de la) en arrière dans les mélanges combustibles gazeux. *Brev.* Bonecourt Surface Combustion Ltd [n° 11] 414
Flottage (Procédés de préparation mécanique des minerais par) [n° 11] 407
Fluide en mouvement (La transmission de la chaleur entre un) et une surface métallique [n° 2] 54
Fonçage (Dispositif de) avec équilibre des barres par poids, ressort ou cylindre. *Brev.* E. Meyer [n° 1] 47
Fonçage par trousse coupante (Résultats obtenus avec le procédé de) [n° 4] 135
Fonctionnement des machines thermiques (Introduction à l'enquête sur le), L. LETOMBE [n° 11] 369
Fonderie de l'acier en Espagne (La), spécialement au point de vue militaire [n° 4] 142
Fonderie de cuivre (Le rôle des oxydants dans la) et leur emploi [n° 5] 169
Fonderies de fer et de bronze (L'emploi de moules durables dans les) [n° 8] 286
Fonderies et forges (Emploi de la combustion des gaz à la surface des corps incandescents dans les) [n° 1] 41
Fonderie (Fusion et coulée rationnelle dans la) [n° 8] 286
Fonderies (L'emploi d'huile de goudron de charbon de terre dans les) [n° 4] 142
Fonderies (Emploi de poussière de charbon dans les) [n° 8] 285
Fonderie (Etude sur les sables de) et leur traitement [n° 3] 107
Fonderies (Le travail et l'installation des), ainsi que des usines, en Amérique [n° 3]. 108
Fonte (La) et l'acier moulé dans la construction des machines électriques [n° 1]. 42
Fonte : Fabrication au haut-fourneau électrique, Paul NICOU [n° 4] 124
Fonte et fonte malléable [n° 3] 107
Fonte (Influence des métalloïdes sur les propriétés de la) [n° 2] 77
Fonte (Intoxication saturnine dans l'industrie de l'émaillage sur) [n° 1] 48
Fonte malléable [n° 5] 170
Fontes de moulage (Classification numérique des), son insuffisance, classification chimique [n° 4] 141
Fonte (Production de la) en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Fonte (Production de) en France en 1912 [n° 4] 144
Fonte (Production de) en Lorraine française [n° 12] 420
Fonte de qualité (Emploi de briquettes de fer pour la fabrication de la) [n° 8] 285
Force motrice absorbée (Relations entre la), la vitesse de coupe et la quantité de métal enlevé, E. GAY [n° 2] 69
Force vive (La) dans l'évaluation du travail humain, A. IMBERT [n° 11] 387
Forges (Production des) de France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Formation des mélanges dans les moteurs à gaz (Recherches graphiques sur la) [n° 8] 279
Formule d'Euler (La) et ses transformations, A. NACHTERGAL [n° 2] 71
Foudre (Essais sur les effets de décharges analogues à celles de la) sur le béton armé [n° 1] 17
Fours à acier sur soles et fours de réchauffage [n° 10] 365
Four d'atelier pour traitements thermiques, J. IZART [n° 9] 321
Fours de boulangerie (Chauffage au gaz des) [n° 6] 203
Fours pour le chauffage des lames de ressorts [n° 8] 265
Fours à coke (L'utilisation des gaz de hauts-fourneaux et de) en métallurgie [n° 10]. 364
Four électrique (La bauxite et le) [n° 5] .. 168
Four électrique pour préparer du quartz fondu transparent [n° 6] 186
Four électrique pour la production d'oxyde d'azote. *Brev.* Grohmann [n° 1] 44
Four électrique (Recherches sur la fabrication des électrodes de) [n° 4] 139
Fours pour fabrication de l'azoture d'aluminium [n° 9] 299
Four à huile lourde de goudron, système Ferguson [n° 12] 447
Fours métallurgiques (L'application du chauffage à l'huile lourde aux) [n° 4] 141
Fours oscillants modernes (Les grands) [n° 9] 328
Fours (Procédé et appareil pour le chargement de). *Brev.* Société Française de fours à coke et de matériel de mines [n° 3] 110
Fours pour la fusion électrique des minerais de fer, P. NICOU [n° 4] 125
— — [n° 5] 157
Fours dans la métallurgie du cuivre (Récupération des poussières des) [n° 11] 407
Four à moufle pour émaillage [n° 7] 241
Foyer pour la combustion sans flamme [n° 7] 243
Foyers (Conduite des) par aspiration et soufflage simultanés. *Brev.* L. Prat [n° 5] 173
Fraises (Construction des) et méthodes de fraisage, E. GAY [n° 10] 337
Fraiseuses (Rendement des) [n° 2] 70
Frein à air et frein à main, leur emploi sur les tramways [n° 11] 389
Fréquence (Mode d'entraînement pour convertisseurs de). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 9] 331
Frottement dans les machines (Le) et le graissage, E. GAY [n° 12] 425
Frottement (Réduction du) des boudins des roues contre les rails dans les courbes [n° 2] 63
Fumées (Appareil pour le lavage des) et des gaz. *Brev.* de Broadway [n° 9] 334
Fusible pour installation électrique. *Brev.* O. Nordentoft [n° 3] 109
Fusion (Les appareils de) pour l'acier moulé [n° 4] 141
Fusion et coulée rationnelle dans la fonderie [n° 8] 286
Fusion (Seringue-pistolet pour la) et la projection à l'état fondu de matières fusibles. *Brev.* Société de métallisation [n° 9] 334

G

Galvanomètre (Micro-) rapide à enregistrement photographique continu pour T. S. F. [n° 4] 139
Garantie (Les certificats de) dans les expositions [n° 11] 416
Gare de l'Est, à Paris (Les nouveaux agrandissements de la), L. LACHAPELLE [n° 10]. 352
Gare « New Grand Central Terminal » de New-York [n° 6] 194
Gaz (Chauffage au) des fours de boulangerie [n° 6] 203
Gaz d'éclairage (Approvisionnement des grandes collectivités en). Récupération des sous-produits [n° 3] 106
Gaz (Emploi de la combustion des) à la surface des corps incandescents dans les fonderies et les forges [n° 1] 41
Gaz à distance (Allumage de). *Brev.* Aktiebolaget Lux [n° 1] 45
Gaz d'éclairage (Cémentation de l'acier au) [n° 11] 403
Gaz d'échappement (Chaudières à) [n° 7]. 237
Gaz (Elimination du sulfure de carbone des) [n° 11] 405
Gaz des hauts-fourneaux (L'utilisation des) et de fours à coke en métallurgie [n° 10]. 364
Gaz de houille (Nouvel emploi du) comme carburant dans les moteurs de véhicules [n° 6] 201
Gaz (L'industrie du) et l'économie de combustible [n° 10] 364
Gaz industriels (Brûleurs pour), J. IZART [n° 3] 102
Gaz (Voir : *Moteurs à gaz*).
Gaz (Procédé et appareil pour l'observation de la combustion complète des). *Brev.* Société ind. d'instruments de précision [n° 9] 335
Gaz (Nouveaux progrès dans l'industrie du) [n° 9] 325
Gaz (Récents progrès de chauffage au) [n° 10] 364
Gaz (Le tube de Pitot appliqué au) [n° 9]. 329
Gazogène. *Brev.* Société des gazogènes Marconnet [n° 11] 413
Gazogène à grande capacité de gazéification (Nouveau type de) [n° 6] 203
Générateurs spécialement applicables à l'alimentation d'arcs électriques en vue de la production de courants de haute fréquence. *Brev.* E. Girardeau [n° 11] 410
Générateurs de vapeur. *Brev.* Storling Boiler [n° 11] 413
Génératrice à courant continu dont le voltage est pratiquement indépendant de la vitesse. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 7] 251
Génératrice de courant électrique à contre-compoundage. *Brev.* Société des automobiles et cycles Peugeot [n° 11] 411
Gênes (Le trafic du port de) [n° 6] 177
Gicleur (Carburateur à double) pour moteurs à explosions. *Brev.* Cambessédès [n° 11] 412
Gicleurs (Carburateur double à deux). *Brev.* L. Bollée [n° 11] 412
Gisements aurifères du département de l'Aude [n° 7] 248
Gisement de dégagement du grisou [n° 11]. 409
Gisement ferrifère lorrain [n° 12] 417
Glace (Effets de la) sur les lignes de transmission établies sur isolateurs de suspension [n° 9] 323
Glissement de courroies de transmission (Produit pour empêcher le). *Brev.* Lepart [n° 3] 111
Glissement des moteurs asynchrones (Compteur pour la mesure du) [n° 1] 39
Glissement (Résistance du béton armé au) [n° 1] 15
Goudron de charbon de terre (L'emploi d'huile de) dans les fonderies [n° 4] 142
Goudron (La distillation du) dans la pratique métallurgique [n° 7] 246
Goudron (Four à huile lourde de), système Fergusson [n° 12] 447
Goudron de houille (Les progrès récents dans l'industrie du) [n° 4] 130
Goudron (Le macadam au) [n° 12] 442
Goudrons (Séparation des) dans les cokeries [n° 3] 107
Goudrons pour routes [n° 4] 143
Gouvernails des dirigeables français les plus récents [n° 5] 145
Graissage des boudins des roues de locomotives (Arrosage des bandages et) [n° 2] 62
Graissage à circulation avec adduction d'huile fraîche. *Brev.* Daimler Motoren Gesellsch. [n° 5] 174
Graissage à circulation pour coussinets d'arbres. *Brev.* Ignaz Nowack [n° 5] 174
Graissage continu et automatique des broches genre Rabbeth, pour tous métiers à filer ou à retordre les divers textiles. *Brev.* Delesalle et Walker [n° 7] 255
Graissage de cylindres pour moteurs à cylindres rotatifs. *Brev.* Horchund et C° [n° 5] 174

Digitized by Google

Pages.

Graissage (Le) et les graisseurs, E. Gay [n° 12] 425

Graissage des roues de locomotives [n° 2] 64

Graisses liquides et solides [n° 11]..... 375
Graisseur. *Brev.* Stern Sonneborn [n° 11]. 412
Graphique (Recherches) sur la formation des mélanges dans les moteurs à gaz [n° 8] 279
Graphite (Sur la séparation du) dans les alliages de fer et de silicium [n° 3]..... 107
Grisou (Les accidents de) en France de 1904 à 1911 [n° 8]..... 288
Grisou (Gisement de dégagement du) [n° 11] 409
Grisou (Indicateur de). *Brev.* Bruno Donath [n° 5] 175
Groupes en cascade (Démarrage des). *Brev.* Ateliers de constructions électriques de Charleroi [n° 7]..... 250
Groupe moteur-générateur produisant un courant continu d'intensité constante. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 1]..... 44

Grues hydrauliques du port de Marseille [n° 6]..... 181

H

Habitations à bon marché (Les) : exemple pratique de l'application de la législation française, M. Bellom [n° 3] 90

Haute fréquence (Machine électrique à) pour la télégraphie sans fil [n° 1]..... 37
Haut-fourneau (Chargeur pour). *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 7].. 252

Haut-fourneau électrique (Le), Paul Nicou [n° 4]..... 124
— — [n° 5] 157

Hauts-fourneaux sur piliers de béton (Fondation des) [n° 9]..... 328
Hauts-fourneaux (L'utilisation des gaz de) et de fours à coke en métallurgie [n° 10]. 364
Hauts-fourneaux (Utilisation de l'oxygène dans la pratique des) [n° 7]..... 216
Haveuse à mouvements alternatif et rotatif combinées [n° 11]..... 401
Hélices (L'apparition du phénomène de cavitation sur les) [n° 6]..... 204

Hélices de dirigeables français les plus récents [n° 5]..... 145

Hélices de navires (Commande d'). *Brev.* Daimler-Motoren Ges. [n° 1]..... 45
Hélium (Le corps X3 et l'évolution de l') [n° 10] 367
Hétérogénéité des alliages métalliques [n° 7]. 247
Houille blanche (La), la houille noire, la houille verte au Congrès des Sociétés Savantes de Grenoble (mai 1913), M. Bellom [n° 3]..... 99
Houille (La production de la) en France en 1912 [n° 5]..... 176
Huile de goudron de charbon de terre (L'emploi d') dans les fonderies [n° 4].. 142
Huiles de graines (A propos de la recherche des) dans l'huile d'olive au moyen de la réaction de Bellier [n° 8]..... 275

Huiles de graissage (Les), E. Gay [n° 12] 425

Huiles pour le graissage des roues de locomotives [n° 2]..... 64

Huiles (L'hydrogénation des), E. Grandmougin [n° 11] 375

Huile de lin (Les acides saturés de l') [n° 10] 363
Huile lourde (L'application du chauffage à l') aux fours métallurgiques [n° 4]... 141
Huile lourde de goudron, système Ferguson (Four à) [n° 12]..... 447
Huiles de transformateur (Formation des dépôts dans les) [n° 2]..... 76
Hydraulique (Changement) de vitesse ou de marche. *Brev.* Vulcan-Werke Hamburg und Stettin Actien-Gesells. [n° 7]..... 252

Hydrauliques (Transmissions) [n° 2]... 52

Pages.

Hydrodynamique (Système) pour la sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] IX
Hydrofuges (De l'emploi des) dans les mortiers, M. de Chevroz [n° 3]..... 104

Hydrogénation des huiles (L'), E. Grandmougin [n° 11] 375

Hydrogène (La combinaison de l'azote avec l') et l'oxygène [n° 3]..... 105
Hydrogène (Fabrication de l'). *Brev.* Société l'Air liquide, procédés G. Claude [n° 7] 250
Hydrogène (Procédé de préparation). *Brev.* Jaubert [n° 9]..... 330
Hydrogène (Procédé pour la production d'). *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 7] 250
Hydromètre-enregistreur [n° 7]..... 235
Hydroplanes (Stabilité longitudinale des) et hydro-aéroplanes [n° 1]..... 40
Hygiène (Les mesures d') et de sécurité appliquées dans les travaux du Métropolitain de Paris et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12]..... 445
Hygiène et sécurité des travailleurs (Décrets relatifs à l') [n° 11]..... 416

I

Indicateur de courant de charge pour parafoudre électrolytique à aluminium [n° 8]. 279
Indicateurs (Les éléments radio-actifs comme) [n° 10]..... 367
Indicateur de grisou. *Brev.* Bruno Donath [n° 5] 175
Indicateur de synchronisme [n° 8]..... 278
Indo-Chine (L'industrie minière de l') en 1912 [n° 9]..... 336
Indol (L') [n° 4]..... 131
Induit pour machines électriques. *Brev.* R. Goldschmidt [n° 11]..... 411

Industrie des cyanures alcalins (L'), E. Grandmougin [n° 5]..... 151

Industrie électrique française (Production de l') [n° 12]..... 448
Industrie du gaz (Nouveaux progrès dans l') [n° 9] 325
Industrie minière (L') en Indo-Chine en 1912 [n° 9]..... 336
Inflammation (Sur la combustion des mélanges gazeux et les retards à l') [n° 3]. 108
Inflammation (Sur la combustion des mélanges gazeux et les températures d') [n° 8] 287

Influence de l'électricité sur le béton armé, G. Marlier [n° 1]..... 10

Injecteur. *Brev.* Rud. Kirsten [n° 5]..... 174
Injecteur pour moteurs à combustion interne. *Brev.* Société Française des appareils Koerting [n° 7]..... 253
Injection pour moteurs à combustion interne (Aiguille d'). *Brev.* Krupp Act. Ges. [n° 11] 412
Injection (Carburateur à) pour combustibles liquides. *Brev.* Motorenbau Gesells. [n° 3] 111
Injection (Condenseurs par surface et par). *Brev.* Société Westinghouse [n° 11]..... 413
Injection pour moteurs à combustion interne (Aiguille d'). *Brev.* Krupp Act. Ges. German. [n° 11]..... 412
Inspection des établissements classés (L') dans le département de la Seine en 1912 [n° 9] 336
Instruments d'optique en quartz [n° 6]... 185
Intoxication saturnine dans l'industrie de l'émaillage sur fonte [n° 1]..... 48
Inventeurs (La protection des) dans les expositions [n° 11]..... 416
Iodométrique (Méthode) de dosage des persulfates [n° 1]..... 32
Isolants en quartz [n° 6]..... 186
Isolantes (Essai des toiles) [n° 9]..... 323
Isolateurs électriques [n° 10]..... 349
Isolateurs à 60 000 volts [n° 1]..... 5
Isolateurs de suspension (Effets de la glace sur les lignes de transmission établies sur) [n° 9]..... 323

J

Pages.

Jardins ouvriers du Dauphiné [n° 3]..... 91
Jauge (Robinet de) de niveau d'eau pour chaudières [n° 11]..... 402
Joints électriques (Procédé pour augmenter et assurer la conductibilité des). *Brev.* Société de métallisation [n° 3]..... 109
Jonction de tuyaux. *Brev.* F. Krupp A. G. Grusonwerk [n° 1]..... 46
Jonctions de tuyaux (Raccords filetés pour) [n° 4] 134
Jute (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 7] 254
Jute (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 9] 335

L

Laboureuse Maillet [n° 8]..... 271

Laine (Les machines à filer : caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du coton et de la) [n° 1].... 19

Laiton (Dosage de l'oxygène dans le cuivre et le) [n° 12]..... 447

Lames (Fabrication et entretien des ressorts à) employés sur le matériel des chemins de fer P.-B. d'Arlatan [n° 7] 226
— — [n° 8] 260

Laminoirs à bouts de lames de ressorts [n° 8] 260
Laminoirs (Fortes transmissions par courroies pour) [n° 2]..... 73
Lampes à arc (Influence de la pression sur la température des) [n° 9]..... 323
Lampe électrique à incandescence anodique. *Brev.* Caubet et Beck [n° 3]..... 109
Lampes à incandescence. *Brev.* Compagnie Thomson-Houston [n° 1]..... 44
Lampes à incandescence (Fils de connexion pour) [n° 10]..... 363
Lampes à incandescence (Progrès dans la fabrication des) [n° 10]..... 363
Lampes à filament de tungstène à haut rendement [n° 12]..... 435
Lampes en quartz fondu [n° 6]..... 185
Lampes au tungstène (Les) [n° 10]..... 363
Lampes à vapeur de mercure pour courant alternatif (Connexion des). *Brev.* Korting et Mathiesen [n° 11]..... 412
Lampe à vapeur de néon [n° 10]..... 363
Lancement du cuirassé *Jean-Bart* [n° 1].... 33
Lancement du sous-marin *Gustave-Zédé* [n° 1] 31
Lavage du charbon (Le contrôle du) [n° 10]. 356
Lavage des fumées et des gaz (Appareil pour le). *Brev.* de Broadway [n° 9]..... 334
Lavage des rails [n° 2]..... 62

Législation française (La) sur les habitations à bon marché [n° 3]..... 90

Lentilles en quartz [n° 6]..... 185
Leviers de sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7]..... VII
Liants pour sables de fonderie [n° 4]..... 140

Ligne du Dauphiné-Centre (Le transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond), V. Sylvestre [n° 1] 1

Lignes électriques (Les phénomènes de propagation d'onde et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les), G. Capart [n° 9]..... 289
— — [n° 10] 344

Lignes de transmission établies sur isolateurs de suspension (Effets de la glace sur les) [n° 9]..... 323
Lignite (La production de) en France en 1912 [n° 5]..... 176
Lime (Les efforts musculaires et la meilleure position dans la manœuvre de la) [n° 4]. 114
— — [n° 11] 386
Limeur (Diagramme du travail d'un) [n° 9]. 307
Limiteur de courant à rupture brusque et à réenclanchement automatique. *Brev.* J. Garnier [n° 9]..... 331
Limiteurs de tension à étincelles (Nouvelles expériences sur les) [n° 4]..... 139

Digitized by Google

Pages.
Lin (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 7] 254
Lin (Filature du). *Brev.* Lawson et Shaw [n° 9] 335
Lingotières métalliques (Le coefficient d'écoulement et son importance dans la coulée en) [n° 5] 169
Liquides chauds (La trempe dans les) [n° 7]. 242
Locomotives compound types « Consolidation » et « Decapod » de la Compagnie du chemin de fer du Nord, A. Sabourin [n° 5] 161
Locomotives électriques dans les mines [n° 2] 74
Locomotives (Etat actuel de la question de la répétition des signaux sur les) [n° 12] 433
Locomotive « Pacific », n° 6 001, de la Compagnie P.-L.-M., A. Sabourin [n° 9]. 310
Locomotive système Sulzer-Diesel [n° 9] .. 314
Longueur d'arrêt d'un paquebot à roues (Détermination de la) en cas de renversement de marche en vitesse [n° 2] 76
Lorraine française (Les mines de fer en), G. Sépulchre [n° 11] 417
Lubrifiants (Des), E. Gay [n° 12] 425
Lubrification (Dispositif de) des paliers d'axes au moyen d'une rondelle amenant l'huile. *Brev.* G. et J. Jäger [n° 1] 46
Lubrification des roues de locomotives [n° 2] 64
Lumière (Production de la) [n° 10] 363

M

Macadam au goudron [n° 12] 442
Machines (Voir : *Génératrices* et *Moteurs.*)
Machines à courant continu (Régulation automatique des), A.-R. Garnier [n° 7]. 233
Machines dynamo-électriques (Disposition nouvelle de) [n° 12] 443
Machines dynamo-électriques à excitation interne [n° 1] 40
Machines électriques (Les) et leurs applications industrielles, A.-R. Garnier et V. Sylvestre. [Bibliothèque de *La Technique Moderne*, fasc. VI].
Machines électriques (Courts essais d'échauffement des) [n° 9] 323
Machines électriques (Excitation des) servant à la commande d'appareils réversibles. *Brev.* Société Schneider et Cie [n° 5] 172
Machines électriques (La fonte et l'acier moulé dans la construction des) [n° 1] .. 42
Machine électrique à haute fréquence pour la télégraphie sans fil, G. Marlier [n° 1]. 37
Machines électriques (Induit pour). *Brev.* R. Goldschmidt [n° 11] 411
Machines électriques à mouvement alternatif. *Brev.* P. Boucherot [n° 5] 172
Machines à filer (Les) : caractéristiques de renvideurs actuels pour la filature du coton et de la laine, Ed. Fontigny [n° 1] 19
Machines à gaz (Piston pour). *Brev.* R. Troester [n° 1] 46
Machines à mouler électriques [n° 8] 286
Machine à œillets ou machine à rouler les bouts des maîtresses lames de ressorts [n° 8] 260
Machines-outils modernes (Les) pour le travail des métaux : construction de fraises et méthodes de fraisage, E. Gay [n° 10] 337
Machines à percer et à rectifier (Rendement des) [n° 2] 70
Machines thermiques (Introduction à l'enquête sur le fonctionnement des), L. Letombe [n° 11] 369
Machine à tirer les bleus à marche continue, Maurice Leblanc [n° 9] 317
Machine à tréfiler à passes multiples et à tambour unique. *Brev.* Tréfileries et laminoirs du Havre [n° 7] 254
Machines à vapeur saturée et à vapeur surchauffée [n° 11] 371
Manche (Tunnel sous la) [n° 6] 198
Marine à rames (Le problème de la propulsion dans la) [n° 4] 140
Marques de fabrique ou de commerce (Les Conventions de Washington pour la protection internationale des) [n° 5] 156
Marseille (Les agrandissements du port de), A. Sabourin et F. Dubar [Pl. II] [n° 6] 177
Matériel déraillé (Appareil système Podolsky et Strauss pour le relevage du) [n° 2] 67
Matières fusibles (Seringue-pistolet pour la fusion et la projection à l'état fondu de). *Brev.* Société de métallisation [n° 9] 331
Matières premières (Les) de la métallurgie française [n° 12] 448
Mélange d'air et de poussière de papier (Explosion d'un) [n° 10] 359
Mélanges combustibles gazeux (Moyen d'empêcher la propagation de la flamme en arrière dans les). *Brev.* Bonecourt Surface Combustion Ltd [n° 11] 414
Mélanges gazeux (La combustion des) et les retards à l'inflammation [n° 3] 108
Mélanges gazeux (Sur la combustion des) et les températures d'inflammation [n° 8] .. 287
Mélangés dans les moteurs à gaz (Recherches graphiques sur la formation du) [n° 8] 279
Mercure (Voir : *Vapeur de mercure.*)
Mesure du débit d'une turbine hydraulique par la méthode chimique [n° 4] 133
Mesure (Nouveau procédé de) pour les débits de vapeur [n° 6] 205
Mesure (Sur l'enregistrement et la) du débit de l'eau et des liquides, J. Izart [n° 7]. 235
Mesure des gaz respiratoires [n° 4] 113
Mesure du glissement des moteurs asynchrones (Compteur pour la) [n° 1] 39
Mesures d'hygiène et de sécurité (Les) appliquées dans les travaux du Métropolitain de Paris et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Mesures à prendre pour la prévention des accidents dans les ateliers de chemins de fer, P. Reddard [n° 9] 320
Mesure de la pression de radiation (Méthode de) au moyen d'une mince couche de métal [n° 8] 287
Mesure des températures élevées [n° 3] 103
Mesure du travail de l'homme (La) et le Système Taylor, Ch. Frémont et J. Amar [n° 9] 301
— — [n° 11] 386
Métal enlevé (Relations entre la force motrice absorbée, la vitesse de coupe et la quantité de) [n° 2] 69
Métalloïdes (Influence des) sur les propriétés de la fonte [n° 2] 77
Métallurgie du cuivre (Récupération des poussières des fours dans la) [n° 11] 407
Métallurgie française (Les matières premières de la) [n° 12] 448
Métaux (La cohésion intercristalline des) [n° 11] 406
Métaux (Dépôt électrolytique de divers) [n° 2] 77
Métaux (Les machines-outils modernes pour le travail des) : construction de fraises et méthodes de fraisage, E. Gay [n° 10] 337
Métaux (Méthodes modernes d'essai des) [n° 10] 366
Métaux soumis à des efforts (Distribution des déformations dans les) : cas du plissement, Lt-colonel Hartmann [n° 3] 94
Méthane (Cémentation de l'acier au) [n° 11]. 403
Méthode iodométrique de dosage des persulfates [n° 1] 32
Métiers à filer ou à retordre les divers textiles (Graissage continu et automatique des broches genre Rabbeth, pour tous). *Brev.* Delesalle et Walker [n° 7] 255
Métropolitain de Paris (Les mesures d'hygiène et de sécurité appliquées dans les travaux du) et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu pour télégraphie sans fil [n° 4] 139
Mines (Les accidents de) en France de 1904 à 1911 [n° 8] 288
Mines de fer en Lorraine française (Les) G. Sépulchre [n° 12] 417
Mines (Production des) des colonies françaises en 1912 [n° 7] 256
Mines (Les) de l'Indo-Chine en 1912 [n° 9]. 336
Mines (Modification au règlement sur l'exploitation des) [n° 10] 368
Mines sous-marines (Les) et les navires mouilleurs de mines [n° 8] 276
Mines (La traction électrique dans les) [n° 2] 73
Minerais de fer arsénieux (Procédé pour rendre utilisable pour la fusion les). *Brev.* Cöln-Müsener Bergwerks-Actien-Verein [n° 3] 111
Minerais de fer en France [n° 12] 448
Minerais de fer (Production des) en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Minerais par flottage (Procédés de préparation mécanique des) [n° 11] 407
Minerais de zinc (Le traitement électrothermique des) [n° 11] 407
Mise en marche des moteurs d'automobiles. *Brev.* Rochet-Schneider [n° 9] 230
Mise en route d'une voiture automobile par la dynamo d'éclairage. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Mispickel (Gisements de) dans l'Aude [n° 7] 248
Môles du port de Marseille [n° 6] 181
Montage d'émission pour poste radio-télégraphique avec variation rapide de la longueur d'onde. *Brev.* E. Girardeau [n° 5] 173
Monte-charge de hauts-fourneaux (Dispositif pour charger et décharger les bennes sur les wagonnets pour). *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 1] 45
Mortaiseuses (Rendement des) [n° 2] 70
Mortiers (De l'emploi des hydrofuges dans les), M. de Chevroz [n° 3] 104
Moteurs (Voir *Génératrices et Machines.*)
Moteurs agricoles (Les) au concours de Soissons [n° 8] 268
Moteurs asynchrones (Compteur pour la mesure du glissement des) [n° 1] 39
Moteurs asynchrones polyphasés [n° 11] .. 397
Moteurs d'automobiles (Mise en marche des). *Brev.* Rochet-Schneider [n° 9] 330
Moteurs (Comparaison du prix de revient de l'énergie produite par divers) [n° 3]. 100
Moteurs à combustion à cylindres rotatifs (Graissage de cylindres pour). *Brev.* A. Horchund et Cie [n° 5] 174
Moteurs à combustion genre Diesel [n° 11]. 374
Moteur à combustion interne. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 3] 111
Moteur à combustion interne. *Brev.* Rundlof [n° 1] 47
Moteur à combustion interne. *Brev.* Sabathé [n° 5] 174
Moteurs à combustion interne (Carburateur double pour). *Brev.* L. Renault [n° 11]. 412
Moteur à combustion interne à deux temps. *Brev.* J. Francon [n° 11] 411
Moteur à combustion interne. *Brev.* E.-L. Ménagé [n° 11] 413
Moteurs à combustion interne (Aiguille d'injection pour). *Brev.* Krupp Act. Ges. German. [n° 11] 412
Moteurs à combustion interne (Aiguille d'injection pour). *Brev.* E. Schneider [n° 11] 412
Moteur à combustion interne (Distribution automatique d'un fluide additionnel à un). *Brev.* Letombe [n° 1] 46
Moteurs à combustion interne (Injecteur pour). *Brev.* Société Française des appareils Koerting [n° 7] 253
Moteur à combustion interne Schneider-Carels du cargo-mixte *France* [n° 11] ... 395
Moteurs à courant continu [n° 11] 396
Moteurs à courants triphasés complètement fermés, J.-A. Montpellier [n° 12] 434
Moteurs système Diesels-Carels (Les) [n° 12] 438

Digitized by Google

Pages.
Moteur Diesel pour locomotive [n° 9]..... 314
Moteur Diesel (Les vingt ans du), A. Witz [n° 3]..... 81
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. Dumanois [n° 8].. 257
Moteurs Diesel (Performances du navire *Suecia* à) [n° 5]..... 168
Moteur Diesel, type semi-crosse. *Brev.* Société des usines Carels frères [n° 7]..... 253
Moteurs électriques (Les) et leurs applications industrielles, A.-R. Garnier et V. Sylvestre. [Bibliothèque de *La Technique Moderne*, fasc. VI].
Moteurs électriques (Nouveaux), J.-A. Montpellier [n° 11]..... 396
— — [n° 12] 434
Moteur électrique à courant alternatif (Alimentation à voltage variable d'un). *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Moteur électrique (Régulation de). *Brev.* Siemens-Schuckert [n° 9]..... 332
Moteur à explosion. *Brev.* Salmson, Canton et Unné [n° 5]..... 175
Moteurs à explosion (Allumeur pour). *Brev.* Westinghouse Electric Co [n° 11]..... 412
Moteurs à explosion (Avance automatique de l'allumage dans les). *Brev.* Société des automobiles Unic [n° 3]..... 111
Moteurs à explosions (Carburateur à double gicleur pour). *Brev.* Canibessédès [n° 11]. 412
Moteurs à explosion (Carburateur pour l'emploi du pétrole et autres huiles lourdes dans les). *Brev.* Société du carburateur Zénith [n° 11]..... 413
Moteurs à explosion (Silencieux pour). *Brev.* Lelarge [n° 11]..... 414
Moteurs à explosion (De l'utilisation des chaleurs perdues des), G. Debesson [n° 7] 209
Moteurs à gaz (Effet de la compression sur le rendement des) [n° 9]..... 326
Moteurs à gaz pauvre [n° 11]..... 373
Moteurs à gaz (Recherches graphiques sur la formation des mélanges dans les) [n° 8] 279
Moteurs à gaz (Nouveau système de refroidissement pour) [n° 9]..... 325
Moteur-générateur (Groupe) produisant un courant continu d'intensité constante. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 2]..... 44
Moteur à huiles lourdes [n° 8]..... 269
Moteur à pétrole système Williamson (Le), à deux temps, à cylindre oscillant [n° 11]. 402
Moteurs à quatre temps sans soupape d'admission (Occlusion automatique des orifices d'admission à la fin de la course motrice dans les). *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]..... 414
Moteur rotatif à cylindres rayonnants. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 7]. 253
Moteur-treuil de Dion-Bouton [n° 8]..... 273
Moteur triphasé à excitation en série avec transformateur en série entre l'enroulement du rotor et l'enroulement du stator. *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 3].. 110
Moteurs de véhicules (Nouvel emploi du gaz de houille comme carburant dans les) [n° 6] 201
Moteur sans vilebrequin. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 9]..... 333
Motocharrue (La) système Stock, H. Pillaud [n° 3] 97
Motocharrue, système Stock [n° 8]..... 270
Motoculture (Le concours et le congrès de) de Soissons, H. Pillaud [n° 8].. 268
Moulage de l'acier [n° 5]..... 170
Moulage de l'acier en Espagne [n° 4]..... 142
Moulage (Classification numérique des fontes de), son insuffisance, classification chimique [n° 4]..... 141
Moulages en sable et en coquille (Essais des alliages d'aluminium et de zinc sur) [n° 7] 247
Moules durables (L'emploi de) dans les fonderies de fer et de bronze [n° 8]..... 286
Moules de fonderie américains [n° 3]..... 108
Mouler (Machines à) électriques [n° 8]... 286
Mouvement alternatif (Machines électriques à). *Brev.* Boucherot [n° 5]..... 172
Mouvements alternatif et rotatif combinés (Haveuse à) [n° 11]..... 404
Mouvement d'un corps dans l'air et dans l'eau (Les systèmes d'énergie qui accompagnent le) [n° 1]..... 40

N

Nacelles des dirigeables français les plus récents, L. Marchis [n° 5]..... 145
Navires (Les appareils de transmission pour la propulsion des) et pour diverses applications à bord [n° 2].... 49
Navires de commerce (Expériences méthodiques sur les formes des) [n° 1]..... 41
Navires (Les contrats dans la construction des) [n° 6]..... 204
Navire (Coque de) avec division en cellules. *Brev.* E. Schaumann [n° 1]..... 45
Navire (Esquisse d'un nouveau chapitre d'architecture du) [n° 2]..... 76
Navires de guerre (Application des moteurs Diesel aux), P. Dumanois [n° 8] 257
Navires en marche (Expériences sur l'attraction qui s'exerce entre deux) [n° 5]. 168
Navires modernes (Le problème de la direction des) et des appareils de navigation aérienne [n° 4]..... 140
Navire à moteur *Suecia* (Performances du) [n° 5] 168
Navires mouilleurs de mines (Les mines sous-marines et les) [n° 8]..... 276
Navires porte-trains [n° 6]..... 196
Navires propulsés par turbines à engrenages (Essais de trois) [n° 5]..... 168
Navires (Propulsion électrique des) [n° 12]. 433
Néon (Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des tubes luminescents au) [n° 7]..... 245
Néon (Lampe à vapeur de) [n° 10]..... 363
« New Grand Central Terminal » de New-York (Le) [n° 6]..... 194
Nickelage direct de l'aluminium. *Brev.* M. Chirade et J. Canac [n° 1]..... 47
Nickelage en noir (Le) [n° 7]..... 232
Niveau d'eau pour chaudières (Robinet de jauge de) [n° 11]..... 402
Nomogrammes de M. J. Eichhorn, pour les propriétés de la vapeur, J. Ridet [n° 12] 440
Norias pour enlever les cendres des chaudières [n° 7]..... 215
Noyautage (La pratique américaine du) [n° 4] 140

O

Occlusion automatique des orifices d'admission à la fin de la course motrice dans les moteurs à quatre temps sans soupapes d'admission. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]..... 414
Omnibus automobiles (Concours de pareboue pour), G. Lumet [n° 3]..... 98
Ondes (Longueurs d') pour télégraphie sans fil : expériences [n° 5]..... 166
Onde (Montage d'émission pour poste radiotélégraphique avec variation rapide de la longueur d'). *Brev.* E. Girardeau [n° 5]. 173
Onde (Les phénomènes de propagation d') et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9]..... 289
— — [n° 10] 344
Or (L') dans le département de l'Aude [n° 7] 248
Or (Le raffinage électrochimique de l') [n° 6] 206
Or (Le revenu de l') [n° 12]..... 447
Organes mécaniques utilisant les lubrifiants [n° 12] 428
Organisation scientifique du travail humain (L'), Jules Amar [n° 4]..... 113
Organisation du travail (L') et le système Taylor, Ch. Fremont [n° 9].... 301
Orifices d'admission (Occlusion automatique des) à la fin de la course motrice dans les moteurs à quatre temps sans soupape d'admission. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]..... 414
Oscillations électriques (Influence des) sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus [n° 3]..... 106
Outillage des grandes centrales (Progrès dans la construction de l') [n° 4]..... 139
Ouvrages d'art (Types de revêtements à adopter sur les ponts et) [n° 5]..... 171
Oxydants (Le rôle des) dans la fonderie de cuivre et leur emploi [n° 5]..... 169
Oxyde d'azote (Four électrique pour la production d'). *Brev.* Grohmann [n° 1]..... 44
Oxyde de carbone (Cémentation de l'acier à l') [n° 11]..... 402
Oxygène (La combinaison de l'azote avec l'hydrogène et l') [n° 3]..... 105
Oxygène (Dosage de l') dans le cuivre et le laiton [n° 12]..... 447
Oxygène (Utilisation de l') dans la pratique des hauts-fourneaux [n° 7]..... 246
Ozone (Emploi de l') pour la purification de l'air [n° 9]..... 325

P

Palan. *Brev.* Anderson [n° 9]..... 333
Paliers d'axes (Dispositif de lubrification des) au moyen d'une rondelle amenant l'huile. *Brev.* G. et J. Jäger [n° 1]..... 46
Pantalons et autres applications (Fabrication de velours à côtes pour). *Brev.* Société Gérard frères [n° 11]..... 415
Papier (Blanchiment des fibres destinés à la fabrication du). *Brev.* Launoy [n° 9]. 330
Papier (Explosion d'un mélange d'air et de poussière de) [n° 10]..... 359
Papiers (Ventilation d'un atelier de triage de vieux) [n° 2]..... 80
Paquebot à roues (Détermination de la longueur d'arrêt d'un) en cas de renversement de marche en vitesse [n° 2]..... 76
Parachutes d'aviation (Etude sur les) [n° 12] 443
Parafoudres [n° 1]..... 3
Parafoudres électrolytiques [n° 10]..... 350
Parafoudre électrolytique à aluminium (Indicateur de courant de charge pour) [n° 8] 279
Pare-boue. *Brev.* Brunswick [n° 9]..... 330
Pare-boue pour automobile et poids lourds. *Brev.* Brunswick [n° 9]..... 330
Pare-boue pour omnibus automobiles (Concours de), G. Lumet [n° 3]..... 98
Participation aux bénéfices (La) et les actions de travail, Maurice Bellom [n° 6] 188
Pavage en bois [n° 5]..... 171
Pelle à vapeur (Conditions économiques du travail à la), H. Villetard [n° 10]..... 360
Pendule d'inertie [n° 6]..... 206
Percer (Rendement des machines à) [n° 2]. 70
Perforatrices du tunnel du Lœtschberg [n° 3] 89
Performances du navire à moteur *Suecia* [n° 5] 168
Perméamètre universel (Nouveau), système Iliovici [n° 3]..... 106
Persulfates (Méthode iodométrique de dosage des) [n° 1]..... 32
Pétrole (Carburateur pour l'emploi du) et autres huiles lourdes dans les moteurs à explosions. *Brev.* Société du carburateur Zénith [n° 11]..... 413
Pétrole (La production du) en 1912 [n° 6].. 208
Pétroles (Les ressources mondiales en carburants légers extraits des), leur développement, les moyens de les accroître [n° 7] 245
Phénomène de cavitation (L'apparition du) sur les hélices [n° 6]..... 204
Phénomènes de propagande d'onde (Les) et les accidents caractéristiques qu'ils

Digitized by Google

Pages.

produisent dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9] ... 289
— — [n° 10] ... 344
Phonographes (La fabrication des pièces pour), E. Gay [n° 7] ... 236
Photométrie (La commission internationale de), P. Janet [n° 9] ... 321
Pièces chargées debout (La formule d'Euler pour calculer les) et ses transformations, A. Nachtergal [n° 2] ... 71
Pieux à semelles du port de Saint-Nazaire [n° 7] ... 221
Piézomètre [n° 9] ... 329
Pistolet (Seringue-) pour la fusion et la projection à l'état fondu de matières fusibles. *Brev.* Société de métallisation [n° 9] ... 334
Pistons équilibrés (Segments de) [n° 7] ... 241
Piston pour machines à gaz. *Brev.* R. Troester [n° 1] ... 46
Piston (Refroidissement du). *Brev.* Fr. Krupp A. G. Germaniawerft [n° 3] ... 111
Pistons (Refroidissement des). *Brev.* R. Diesel et Société Delaunay-Belleville [n° 9] ... 334
Piston tubulaire (Pompe à boulets à) [n° 3]. 102
Plaques d'accumulateurs (Procédé de fabrication de). *Brev.* Société de métallisation [n° 1] ... 45
Plaque percée de trous présentant des angles vifs ou bien fissurés (Tensions dans une) [n° 1] ... 41
Plissement (Cas du) des métaux soumis à des efforts, Lt-colonel Hartmann [n° 3] ... 94
Plomb (Contribution à l'étude de l'action de diverses eaux sur le) [n° 11] ... 405
Plomb (Sur l'électrolyse du) et du fer dans le sol [n° 12] ... 445
Plomb (Intoxication par le) dans l'industrie de l'émaillage sur fonte [n° 1] ... 48
Plomb (Préparation des minerais de) par flottage [n° 11] ... 409
Plots amovibles (Démarreur à) à nombre quelconque d'échelons et pour intensités quelconques. *Brev.* Bréguet [n° 7] ... 250
Penumatique (Système) pour la sécurité des chemins de fer [*Supplément au* n° 7] ... IX
Poids lourds (L'épreuve d'endurance militaire des automobiles de) en 1912 [n° 7]. 230
Poinçonneuses à triple effet pour lames de ressorts [n° 8] ... 262
Pollution de l'atmosphère (La) par la poussière [n° 10] ... 364
Polyphasés (Moteurs asynchrones) [n° 11] .. 397
Pompe de balayage du cargo *France* [n° 11]. 396
Pompe à boulets à piston tubulaire [n° 3]. 102
Pompe de cale centrifuge pour sous-marins. *Brev.* Weichardt [n° 1] ... 45
Pompes centrifuges (Etude sur les), L. Bergeron [n° 4] ... 118
Pompe de graissage à circulation avec adduction d'huile fraîche. *Brev.* Daimler [n° 5] ... 174
Pompe mue par un mélange explosif avec une colonne liquide oscillante dans le conduit de refoulement. *Brev.* Siemens Schuckert Werke [n° 7] ... 251
Pompes pour moteurs agricoles [n° 8] ... 269
Pompes rotatives (Nouveaux systèmes de) [n° 5] ... 166
Pompe rotative réversible. *Brev.* Ch. Monin [n° 7] ... 252
Pont en maçonnerie (Nouveau type de) [n° 10] ... 362
Ponts et ouvrages d'art (Types de revêtements à adopter sur les) [n° 5] ... 171
Pont suspendu fixe, système Gisclard, sur la Luzège (Corrèze) [n° 4] ... 137
Pont tournant à commande électrique des chemins de fer de l'Etat autrichien [n° 1]. 31
Port de Marseille (Les agrandissements du), A. Sabourin et F. Dubar [Pl. II] [n° 6] ... 177
Port de Saint-Nazaire (Le) [n° 7] ... 218
Poste radiotélégraphique (Montage d'émission pour) avec variation rapide de la longueur d'onde. *Brev.* E. Girardeau [n° 5] ... 173

Pages.

Poste de transformation 26 000/ 60 000 volts de Grenoble. V. Sylvestre [n° 1] 2
Potasse (Préparation de la) et du ferro-silicium à partir du feldspath [n° 1] ... 32
Potentiel (Influence du diamètre sur la différence de) aux bornes des tubes luminescents au néon [n° 7] ... 245
Poulie-pompe Hamm [n° 5] ... 167
Poussier brut (Addition de) au charbon lavé [n° 10] ... 358
Poussières (Le bourrage extérieur des coups de mines effectué en vue de lutter contre les) [n° 7] ... 248
Poussière de charbon (Emploi de) dans les fonderies [n° 8] ... 285
Poussières des fours (Récupération des) dans la métallurgie du cuivre [n° 11] ... 407
Poussières incombustibles (Les expériences de Frameries sur le bourrage extérieur en) [n° 12] ... 439
Poussière (La pollution de l'atmosphère par la) [n° 10] ... 364
Pouvoir calorifique des charbons (Le), J. Izart [n° 8] ... 282
Préparation mécanique des minerais par flottage (Procédés de) [n° 11] ... 407
Presses à brider et débrider les ressorts [n° 8] ... 264
Presse à emboutir pour la fabrication des raccords [n° 4] ... 135
Presse à vis pour l'assemblage des ressorts [n° 8] ... 264
Pression (Influence de la) sur la température des lampes à arc [n° 9] ... 323
Pression de radiation (Méthode de mesure de la) au moyen d'une mince feuille de métal [n° 8] ... 287
Pression du vent sur les toitures (A propos de la) [n° 1] ... 43
Prêts pour construire des habitations à bon marché (Société de) [n° 3] ... 92
Prévention des accidents dans les ateliers de chemins de fer (Des mesures à prendre pour la), P. Redard [n° 9] ... 320
Production et consommation de l'aluminium dans le monde en 1911-12 [n° 5] ... 176
Production du coke en France en 1912 [n° 4] ... 144
Production des combustibles minéraux en France en 1912 [n° 5] ... 176
Production de courant de haute fréquence. *Brev.* Allgemeine Elektr. Gesells. [n° 7]. 251
Production de l'énergie électrique à Londres (La) [n° 4] ... 139
Production de fonte, fer et acier en France, en 1912 [n° 4] ... 144
Production de l'industrie électrique française [n° 12] ... 448
Production de la lumière [n° 10] ... 363
Production minière des colonies françaises en 1912 [n° 7] ... 256
Production du pétrole en 1912 [n° 6] ... 208
Production sidérurgique française pendant la période 1903-1913 (Statistiques générales de la) [n° 3] ... 112
Produits pharmaceutiques arsénicaux (Les nouveaux) [n° 6] ... 195
Profils en travers des canaux rectilignes (Sur le tracé des), Doucet [n° 12] ... 422
Progrès récents de la téléphotographie [n° 11] ... 405
Projectiles (Cas du plissement de douilles de) comprimées [n° 3] ... 95
Projectiles de rupture (La fabrication des) [n° 9] ... 329
Projets de rues et routes nouvelles [n° 4]. 143
Propagation de la flamme en arrière dans les mélanges combustibles gazeux (Moyen d'empêcher la). *Brev.* Bonecourt Surface Comb. Lmt. [n° 11] ... 414
Propagation d'onde (Les phénomènes de) et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9] ... 289
— — [n° 10] ... 344
Propriété industrielle (Les Conventions de Washington pour la protection internationale de la), E. Cohendy [n° 5] 155
Propriétés de la vapeur (Nomogrammes de M. J. Eichhorn pour les), J. Ridet [n° 12] 440

Pages.

Propulsion aérienne des bateaux sur les canaux [n° 9] ... 325
Propulsion électrique des navires [n° 12] .. 433
Propulsion dans la marine à rames (Le problème de la) [n° 4] ... 140
Propulsion des navires (Les appareils de transmission pour la) et pour diverses applications à bord [n° 2] 49
Protection internationale de la propriété industrielle (Les conventions de Washington pour la), E. Cohendy [n° 5] ... 155
Protection des inventeurs dans les expositions [n° 11] ... 416
Psycho-physiologie (L'importance de la) dans l'étude des questions du travail [n° 11] ... 388
Pulvérisateur pour chaudières à combustible liquide ou à combustible mixte. *Brev.* Société Delaunay-Belleville [n° 9]. 333
Purification de l'air (Emploi de l'ozone pour la) [n° 9] ... 325
Pylônes de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1] ... 5
Pyromètre optique [n° 3] ... 103

Q

Quais du port de Marseille [n° 6] ... 178
Quais du port de Saint-Nazaire [n° 7] .. 220
Quartz fondu transparent ou opaque (Propriétés et emplois industriels du), J. Escard [n° 6] ... 184
Quartz (Le verre de) et les verres similaires, A. Granger [n° 10] ... 341

R

Raboteuse (Rendement de la) [n° 2] ... 69
Raccords filetés pour jonctions de tuyaux [n° 4] ... 134
Radiation (Méthode de mesure de la pression de) au moyen d'une mince feuille de métal [n° 8] ... 287
Radio-actifs (Les éléments) comme indicateurs [n° 10] ... 367
Radiotélégraphique (Montage d'émission pour poste) avec variation rapide de la longueur d'onde. *Brev.* E. Girardeau [n° 5]. 173
Radoub (Fermes de) du port de Marseille [n° 6] ... 180
Raffinage électrochimique de l'or [n° 6]. 206
Rails (Lavage des) [n° 2] ... 62
Rails (Production de) en France de 1903 à 1913 [n° 3] ... 112
Rames (Le problème de la propulsion dans la marine à) [n° 4] ... 140
Réaction de Bellier (A propos de la recherche des huiles de graines dans l'huile d'olive au moyen de la) [n° 8] ... 275
Récepteur de vibrations [n° 8] ... 284
Recettes des chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910 [n° 6]. 208
Recettes comparées des chemins de fer dans les différents pays du monde [n° 2] ... 80
Réchauffement (Courbes de) et de refroidissement de l'acier au manganèse [n° 8]. 285
Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation [n° 1] ... 35
Recherches expérimentales sur le vol plané [n° 12] ... 443
Récipients en verre à double paroi (Fabrication de). *Brev.* Higbee [n° 1] ... 44
Rectifier (Rendement des machines à) [n° 2]. 70
Récupération pour les chaleurs perdues des moteurs à explosion [n° 7] ... 212
Récupération des poussières des fours dans la métallurgie du cuivre [n° 11] ... 407
Réduction du travail de la journée du samedi (La semaine anglaise), M. Bellom [n° 11] ... 381
Réenclanchement automatique (Limiteur de courant à rupture brusque et à). *Brev.* J. Garnier [n° 9] ... 331

Digitized by Google

Pages.

Refroidissement de l'acier au manganèse (Courbes de réchauffement et de) [n° 8].. 285
Refroidissement des cylindres de moteurs. *Brev.* Windhoff [n° 9]..... 331
Refroidissement pour moteurs à gaz (Nouveau système de) [n° 9]..... 325
Refroidissement du piston. *Brev.* Fr. Krupp A. G. Germaniawerft [n° 3]..... 111
Refroidissement des pistons. *Brev.* R. Diesel et Société Delaunay-Belleville [n° 9]..... 334
Refroidissement du piston des moteurs Diesel [n° 8]..... 259
Régénération du sable de fonderie. *Brev.* Poulson's Foundry Specialities Ltd. [n° 1] 47
Réglage de l'écoulement de gaz. *Brev.* W. Hoeller [n° 3]..... 110
Réglage de l'écoulement de gaz dans les collecteurs. *Brev.* Apparate Vertriebs Gesells. [n° 3]..... 110
Réglage des installations comportant des dynamos combinées avec des batteries d'accumulateurs. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11]..... 411
Réglage du mélange dans les moteurs à gaz [n° 8] 281
Réglage de la tension de réseaux à courants alternatifs à haute tension (Un problème intéressant sur le), V. Sylvestre [n° 7]..... 214
Règlement sur l'exploitation des mines (Modification au) [n° 10]..... 368
Réglementation de la circulation rapide ou lente sur les routes [n° 4]..... 143
Régularisation de l'énergie électrique empruntée à un réseau de distribution par des appareils d'utilisation à fonctionnement intermittent. *Brev.* Société Abel Pifre [n° 9]..... 332
Régulateur (Action du) sur un déclic [n° 11] 371
Régulateur automatique d'induction [n° 1]. 7
Régulateur pour éjecteur de vapeur. *Brev.* Société des procédés Westinghouse-Leblanc [n° 11]..... 414
Régulateur d'induction survolteur-dévolteur [n° 7] 217
Régulateur de niveau de chaudière à vapeur. *Brev.* Schumann [n° 1]..... 47
Régulateur à soupapes de locomotive compound de la Compagnie du Nord [n° 5]. 162
Régulation électrique. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7]..... 251
Régulation automatique des machines à courant continu, A.-R. Garnier [n° 7]..... 233
Régulation du moteur électrique. *Brev.* Siemens-Schuckert-Werke [n° 9]..... 332
Relevage du matériel déraillé (Appareil système Podolsky et Strauss pour le) [n° 2] 67
Rendement des moteurs à gaz (Effet de la compression sur le) [n° 9]..... 325
Renversement de marche en vitesse (Détermination de la longueur d'arrêt d'un paquebot en cas de) [n° 2]..... 76
Renvideurs actuels (Les machines à filer : caractéristiques des) pour la filature du coton et de la laine, Ed. Fontigny [n° 1]..... 19
Répartition des efforts transmis par un rivet à une tôle [n° 1]..... 41
Répétition des signaux sur les locomotives (Etat actuel de la question de la [n° 12]. 433
Réseaux à courants alternatifs à haute tension (Un problème intéressant sur le réglage de la tension des), V. Sylvestre [n° 7]..... 214
Réseaux de distribution (Sur l'emploi des transformateurs dans les), A.-R. Garnier [n° 9] 318
Résistance de l'air (La) sur des sphères en chute [n° 10]..... 363
Résistance du béton armé [n° 1]..... 11
Résistances hydrauliques d'amortissement des phénomènes oscillatoires [n° 10]..... 351
Résistance ohmique [n° 10]..... 344
Résistivité de la terre [n° 12]..... 445
Résonance (Phénomènes de), G. Capart [n° 9] ..... 291 et 293
— — [n° 10] 350

Pages.

Responsabilité des organisateurs d'expositions [n° 11]..... 416
Ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer (Fabrication et entretien des), P.-B. d'Arlatan [n° 7] 226
-- — [n° 8] 260
Ressources mondiales en carburants légers extraits des pétroles, leur développement, les moyens de les accroître [n° 7]..... 245
Résultats financiers de l'exploitation des chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910, G. Lainel [n° 6]. 207
Retards à l'inflammation (Sur la combustion des mélanges gazeux et les) [n° 3]. 108
Revenu (Le) de l'or [n° 12]..... 447
Revêtements à adopter sur les ponts et ouvrages d'art (Types de) [n° 5]..... 171
Rivet (Répartition des efforts transmis par un) à une tôle [n° 1]..... 41
Robinet de jauge de niveau d'eau pour chaudières [n° 11]..... 402
Roues de locomotives (Arrosage des bandages et graissage des boudins des) [n° 2] 62
Roues de pompes centrifuges, L. Bergeron [n° 4]..... 119
Roulements sur billes et rouleaux [n° 12]. 429
Routes (Budget de la construction et de l'entretien des); création de ressources [n° 7] 249
Routes (De la construction et de l'entretien des) : fonctions du pouvoir central et des autorités locales [n° 5]..... 171
Routes empierrées (Construction de) avec liants de matières goudronneuses, bitumineuses ou asphaltiques [n° 4]..... 143
Route empierrée au macadam au goudron [n° 12] 442
Routes nouvelles (Projets de rues et) [n° 1]. 143
Routes (Réglementation de la circulation rapide ou lente sur les) [n° 4]..... 143
Rubans (Tissage en cintre de tous genres de) ou tissus. *Brev.* Samuel Roche [n° 7]. 255
Rues (Projets de) et routes nouvelles [n° 4]. 143
Rupture brusque (Limiteur de courant à) et à réenclanchement automatique. *Brev.* J. Garnier [n° 9]..... 331

S

Sables de fonderie et leur traitement (Etude résumée sur les) [n° 3]..... 107
Sable de fonderie (Régénération du). *Brev.* Poulson's Foundry Specialities Ltd. [n° 1] 47
Sables employés pour le noyautage [n° 4]. 140
Sables réfractaires pour moulage d'acier [n° 4] 142
Saint-Nazaire (Le port de) [n° 7]..... 218
Saisies (Les) dans les expositions [n° 11]. 416
Salles pour opérations et pansement dans les gares [n° 11]..... 400
Saturnine (Intoxication) dans l'industrie de l'émaillage sur fonte [n° 1]..... 48
Sauvetage (Embarcation de) fermée [n° 7]. 233
Scies circulaires à coupe extra-rapide à froid [n° 12]..... 436
Séchage pour transformateurs statiques à haute tension [n° 2]..... 68
Secours (Des prompts) dans les accidents de chemins de fer, P. Redard [n° 11].... 400
Sécurité (Les appareils de) dans les chemins de fer, A. Moutier : Confér. [*Supplément* au n° 7].
Sécurité à la mer (La) [n° 5]..... 168
Sécurité (Les mesures d'hygiène et de) appliquées dans les travaux du Métropolitain de Paris et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Sécurité des travailleurs (Décrets relatifs à l'hygiène et la) [n° 11]..... 416
Segments de pistons équilibrés [n° 7].... 241
Self (Déformations des ondes électriques par la) [n° 10]..... 344
Self-induction et capacité [n° 9]..... 291

Pages.

Sels métalliques fondus (Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains) [n° 3]..... 106
Semaine anglaise (La), M. Bellom [n° 11] 381
Semoirs pour la culture en billons, H. Pillaud [n° 7]..... 230
Séparation du graphite (Sur la) dans les alliages de fer et de silicium [n° 3]..... 107
Seringue-pistolet pour la fusion et la projection à l'état fondu de matières fusibles. *Brev.* Société de métallisation [n° 9]..... 334
Serpentins de transformateurs statiques à haute tension [n° 2]..... 67
Serrures des aiguilles de chemins de fer [*Supplément* au n° 7]..... V
Sheds (Sur une nouvelle forme de charpente pour) [n° 1]..... 42
Sidérurgique française (Statistiques générales de la production) de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Signalisation (La) sur les chemins de fer [*Supplément* au n° 7]..... IV
Signaux de chemins de fer [*Supplément* au [n° 7] IV
Signaux (Etat actuel de la question de la répétition des) sur les locomotives [n° 12]. 433
Silencieux pour moteurs à explosion. *Brev.* Lelarge [n° 11]..... 414
Silice opaque [n° 10]..... 343
Silicium (Nouveaux appareils en) pour l'industrie chimique [n° 7]..... 231
Siloxyde [n° 10]..... 343
Sociétés par actions à participation ouvrière, M. Bellom [n° 6]..... 190
Soufflage (Conduite des foyers par aspiration et) simultanés. *Brev.* L. Prat [n° 5]. 173
Soufflage du vent sec (Economie dans le) [n° 2] 77
Soupape à billes (Allumeur de gaz à distance avec fermeture de). *Brev.* Andreas Hassengier [n° 3]..... 110
Soupape (Commande hydraulique de). *Brev.* Krupp Act. Ges. Gervhman. [n° 7]..... 253
Sous-marin *Gustave-Zédé* (Lancement du) [n° 1] 34
Sous-marins (Pompe de cale centrifuge pour). *Brev.* R. Weichardt [n° 1]..... 45
Sphères en chute (La résistance de l'air sur des) [n° 10]..... 363
Stabilité des cuirassés [n° 7]..... 232
Stabilité longitudinale des hydroplanes et hydro-aéroplanes [n° 1]..... 40
Station thermique de secours de Saint-Chamond de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1]..... 8
Statistiques (Voir *Production*).
Statistiques générales de la production sidérurgique française de 1903 à 1913 [n° 3]. 112
Submersible (Torpilleur blindé semi-) [n° 9] 316
Substance inattaquable par les acides (L'élianite), C. Matignon [n° 11]..... 392
Sulfocyanures (Préparation des syanures en partant des) [n° 5]..... 151
Sulfure de carbone des gaz (Elimination du) [n° 11] 405
Supériorité professionnelle (La) chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique, J.-M. Lahy [n° 11].. 388
Superstructures (A propos des grandes) [n° 1] 40
Surchauffe (La) dans les chaudières à gaz d'échappement [n° 7]..... 239
Surchauffe de la vapeur [n° 11]..... 371
Surface métallique (La transmission de la chaleur entre un fluide en mouvement et une) [n° 2]..... 54
Surtension (Enregistreur de) pour conducteurs électriques. *Brev.* Compagnie Générale d'électricité de Creil [n° 9]..... 331
Surtensions dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9]..... 296
Survolteur-dévolteur du poste de Saint-Chamond [n° 1]..... 10
Suspension (Effets de la glace sur les lignes de transmission établies sur isolateurs de) [n° 9] 323

Digitized by Google

Pages.

Synchronisme (Indicateur de) [n° 8]..... 278
Syntanes (Les), nouvelles matières tannantes artificielles [n° 10]..... 363
Synthèse de l'ammoniaque (La) à partir de l'azoture d'aluminium. C. MATIGNON [n° 9]..... 297
Synthèse industrielle de l'ammoniaque à partir de ses éléments [n° 9]..... 315
Systèmes d'énergie (Les) qui accompagnent le mouvement d'un corps dans l'air et dans l'eau [n° 1]..... 40
Système Taylor (A propos du), Ch. FREMONT [n° 9]..... 301
Système Taylor (A propos du), J. AMAR, Ch. FREMONT et A. IMBERT [n° 11].... 386

T

Table trépidante [n° 8]..... 284
Tannantes (Les syntanes, nouvelles matières) artificielles [n° 10]..... 363
Tannin (Nouvelle méthode de dosage du) [n° 10] 356
Taylor (A propos du système), J. AMAR, Ch. FREMONT et A. IMBERT [n° 4].... 113
— — [n° 9] 301
— — [n° 11] 386
Télécharge pour montage de pont suspendu [n° 4] 137
Télégraphie sans fil. *Brev.* Dubilier [n° 9]. 332
Télégraphie sans fil (Machine électrique à haute fréquence pour la), G. MARLIER [n° 1] 37
Télégraphie sans fil (Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu pour) [n° 4]..... 139
Télégraphie sans fil (Les progrès récents de la) [n° 5]..... 163
Télégraphie sans fil (Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en) [n° 6]..... 203
Téléphonique (Câble) sous-marin du golfe de Géorgie [n° 9]..... 325
Téléphotographie (Les progrès récents de la) [n° 11]..... 405
Températures élevées (Sur la mesure des) [n° 3] 103
Température (Loi élémentaire de la chute de) le long d'une surface [n° 2]..... 55
Températures d'inflammation (Sur la combustion des mélanges gazeux et les) [n° 8] 287
Température des lampes à arc (Influence de la pression sur la) [n° 9]..... 323
Températures (Le rôle des basses) dans l'industrie de la fixation de l'azote [n° 2]. 78
Tensions dans les enveloppes cylindriques entretoisées [n° 1]..... 41
Tensions dans une plaque percée de trous présentant des angles vifs ou bien fissurés [n° 1]..... 41
Tension pratiquement indépendante de la vitesse de rotation (Dynamo à). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11]..... 410
Tension des réseaux à courants alternatifs à haute tension (Un problème intéressant sur le réglage de la), V. SYLVESTRE [n° 7]..... 214
Thermo-élément. *Brev.* F. Fischer [n° 9].. 332
Thermomètres en quartz [n° 6]..... 185
Tirer les blancs (Nouvelle machine à) à marche continue [n° 9]..... 317
Tissage en cintre de tous genres de rubans ou tissus. *Brev.* Samuel Roche [n° 7]... 255
Toiles isolantes (Essai des) [n° 9]..... 323
Toitures (A propos de la pression du vent sur les) [n° 1]..... 43
Tôles (Production de) en France de 1903 à 1913 [n° 3]..... 112
Torpilleur blindé semi-submersible [n° 9]. 316
Torsimètre à échelle visible [n° 12]..... 446
Tour (Changement de vitesse pour). *Brev.* Werner [n° 7]..... 252
Tour (Rendements du) [n° 2]..... 69
Tourillons de phonographes (Usinage des) [n° 7] 236

Pages.

Tracé des profils en travers des réseaux rectilignes (Sur le), DOUCET [n° 12]. 422
Tracteur (Camion) Damery [n° 8]..... 273
Tracteurs, systèmes Caterpillar, Lefebvre et Arion [n° 8]..... 270
Tracteur de Mesmay [n° 8]..... 272
Traction électrique dans les mines (La) [n° 2] 73
Traction (Essais de) des alliages d'aluminium et de zinc [n° 7]..... 247
Traitement électro-thermique des minerais de zinc (Le) [n° 11]..... 407
Traitements thermiques (Four d'atelier pour), J. IZART [n° 9]..... 321
Tramways (La supériorité professionnelle chez les conducteurs de) dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique, J.-M. LAHY [n° 11] 388
Transformateur à bain d'huile. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 3]..... 110
Transformateurs (Sur l'emploi des) dans les réseaux de distribution, A.-R. GARNIER [n° 9]..... 318
Transformateur (Formation des dépôts dans les huiles de) [n° 2]..... 76
Transformateur Föttinger [n° 2]..... 52
Transformateur de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1]..... 7
Transformateur rotatif pour courant monophasé. *Brev.* Siemens Schuckert Werke [n° 7] 251
Transformateur en série entre l'enroulement du rotor et l'enroulement du stator (Moteur triphasé à excitation en série avec). *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 3] 110
Transformateurs statiques à haute tension (Notes sur les conditions d'installation et d'entretien des) [n° 2]..... 67
Transformateurs de tension de réseaux à courants alternatifs [n° 7]..... 215
Transformations allotropiques du fer (Les) [n° 9] 327
Transformation (Poste de) pour le transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond, V. SYLVESTRE [n° 1] 2
Transmission (Les appareils de) pour la propulsion des navires et pour diverses applications à bord [n° 2]..... 49
Transmission de la chaleur (La) entre un fluide en mouvement et une surface métallique, F. LEPRINCE-RINGUET [n° 2] 54
Transmission (Effets de la glace sur les lignes de) établies sur isolateurs de suspension [n° 9]..... 323
Transmission élastique entre un arbre et l'arbre commandé par lui. *Brev.* Société des anciens établissements Hotchkiss [n° 1] 46
Transmissions électriques et hydrauliques à bord des navires [n° 2]..... 51
Transmission électrique pour véhicules. *Brev.* Allmania Svenska Elektriska Akie bolaget [n° 7]..... 250
Transmissions (Fortes) par courroies pour laminoirs [n° 2]..... 73
Transmission hydraulique. *Brev.* L. Brun [n° 9] 333
Transport des bois (L'électricité dans les) [n° 9] 323
Transport de l'énergie par l'électricité (houille blanche) [n° 3]..... 101
Transport d'énergie à 60 000 volts (Le) de Grenoble à Saint-Chamond (ligne du Dauphiné-Centre) [Pl. I], V. SYLVESTRE [n° 1]..... 1
Travail (Les actions de), Maurice BELLOM [n° 6]..... 188
Travail absorbé dans les pompes centrifuges [n° 4]..... 118
Travail (Décrets relatifs à l'hygiène et à la sécurité du) [n° 11]..... 416

Pages.

Travail humain (L'organisation scientifique du) et le système Taylor, Jules AMAR [n° 4]..... 113
— Ch. FREMONT [n° 9]..... 301
— J. AMAR, Ch. FREMONT et A. IMBERT [n° 11] 386
Travail (L'importance de la psycho-physiologie dans l'étude des questions de) [n° 11]..... 388
Travail (Le) et l'installation des fonderies, ainsi que des usines, en Amérique [n° 3]. 108
Travail des métaux (Les machines-outils modernes pour le) : construction des fraises et méthodes de fraisage, E. GAY [n° 10]..... 337
Travail (La mesure du) de l'homme et le système Taylor, Ch. FREMONT et J. AMAR [n° 9]..... 301
— — [n° 11] 386
Travail à la pelle à vapeur (Conditions économiques du), H. VILLETARD [n° 10].. 360
Travail (La semaine anglaise; réduction du) de la journée du samedi, M. BELLOM [n° 11]..... 381
Travaux du Métropolitain de Paris (Les mesures d'hygiène et de sécurité appliquées dans les) [n° 12]..... 445
Tréfiler (Machine à) à passes multiples et à tambour unique. *Brev.* Tréfileries et laminoirs du Havre [n° 7]..... 254
Trempe des lames de ressorts [n° 8]..... 263
Trempe (La) dans les liquides chauds, L. GRENET [n° 6]..... 242
Trépidations des plates formes [n° 8]..... 284
Treuil (Moteur-) de Dion-Bouton [n° 8].... 273
Triage de vieux papiers (Ventilation d'un atelier de) [n° 2]..... 80
Trous présentant des angles vifs ou bien fissurés (Tensions dans une plaque percée de) [n° 1]..... 41
Trousse coupante (Résultats obtenus avec le procédé de fonçage par) [n° 4]..... 135
Tube de chauffage pour la combustion sans flamme [n° 7]..... 244
Tubes d'eau (Chaudières à). *Brev.* Helm [n° 11] 413
Tubes luminescents au néon (Influence du diamètre sur la différence de potentiel aux bornes des) [n° 7]..... 245
Tubes lumineux à vide (Procédé pour engendrer et maintenir une couleur constante dans les). *Brev.* Moore Licht [n° 1]. 45
Tube de Pitot (Le) appliqué au gaz [n° 9]. 329
Tubes (Plissement de) comprimés [n° 3] 96
Tubes à vapeur de mercure [n° 9]..... 318
Tungstène (La lampe au) [n° 10]..... 363
Tungstène (Lampes à filament de) à haut rendement [n° 12]..... 435
Tungstène (Nouvelles études sur le), le système tungstène-carbone [n° 11]..... 406
Tunisie (Production minière de la) en 1912 [n° 7]..... 256
Tunnel du Lœtschberg (Le chemin de fer des Alpes bernoises et le), J. MORET [n° 3] 87
Tunnel du Rove (canal de Marseille au Rhône) [n° 7]..... 225
Tunnel sous-marin (Le) entre la France et l'Angleterre, L. LACHAPELLE [n° 6].... 198
Turbines (Ailettes de). *Brev.* G. Paynes et C. Durdle [n° 7]..... 253
Turbines de croisière (Embrayages pour) [n° 5] 168
Turbines à engrenages à bord des navires [n° 2]..... 49
Turbines à engrenages (Essais de trois navires propulsés par) [n° 5]..... 168
Turbine à explosion. *Brev.* Heilmann [n° 11] 414
Turbines à gaz. *Brev.* Brown-Boverie [n° 1]. 47
Turbine hydraulique (Mesure du débit d'une) par la méthode chimique [n° 4].. 133
Turbines à vapeur [n° 11]..... 372
Turbo-transformateur [n° 2]..... 52
Tuyaux (Jonction de). *Brev.* Fr. Krupp A. G. Grusonwerk [n° 1]..... 46
Tuyaux (Raccords filetés pour jonctions de) [n° 4] 134

Digitized by Google

U

Pages.

Usines en Amérique (Le travail et l'installation des fonderies, ainsi que des) [n° 3]. 108
Usines électriques pour les chemins de fer suisses [n° 11] 392
Usure (Observations faites, depuis 1908, sur les différentes causes d') et de détérioration des chaussées [n° 7] 249
Utilisation des chaleurs perdues des moteurs à explosion, G. DEBESSON [n° 7] 209
Utilisation d'une chute de 1 650 mètres [n° 1] 39

V

Vapeur (Voir : *Machines à vapeur*).
Vapeurs de mercure (Appareil électrique à) [n° 1] 44
Vapeur de mercure pour courant alternatif (Connexion des lampes à). *Brev.* Korting et Mathiesen [n° 11] 412
Vapeur de mercure (Tubes à) [n° 9] 318
Vapeur (Nomogrammes de M. J. Eichhorn pour les propriétés de la), J. RIDET [n° 12] 440
Vapeur (Nouveau procédé de mesure pour les débits de) [n° 6] 205
Vaporisation (Essais de) [n° 7] 238
Véhicues (Transmission électrique pour). *Brev.* Allmania Svenska Elektriska Aktie bolaget [n° 7] 250
Velours à côtes (Fabrication de) pour pantalons et autres applications. *Brev.* Société Gérard frères [n° 11] 415
Vent (A propos de la pression du) sur les toitures [n° 1] 43
Vent sec (Economie dans le soufflage du) [n° 2] 77
Ventilation d'un atelier de triage de vieux papiers [n° 2] 80
Ventilation du tunnel du Loetschberg [n° 3]. 89
Verre de quartz (Le) et les verres similaires, A. GRANGER [n° 10] 341
Viaduc de Caronte (Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du) [n° 6] 202
Viaducs de raccordement du tunnel sous la Manche [n° 6] 200
Vibrations (Accéléromètre à maxima pour mesurer les) [n° 8] 284
Villes salubres (Les méthodes scientifiques pour la construction des) [n° 5] 171
Vinasses de betterave (Préparation des cyanures avec les) [n° 5] 154
Vitesse de coupe (Relations entre la force motrice absorbée, la) et la quantité de métal enlevé, E. GAY [n° 2] 69
Vitesse de rotation (Dynamo à tension pratiquement indépendante de la). *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 11] 410
Vitesse (Variation de) des aéroplanes [n° 3]. 105
Voies ferrées du port de Marseille [n° 6] .. 180
Voies publiques (Eclairage des) [n° 5] 171
Voiture automobile (Mise en route d'une) par la dynamo d'éclairage. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Voitures de tramways (L'éclairage des) [n° 10] 363
Vol plané (Recherches expérimentales sur le) [n° 12] 443
Voltage (Génératrice à courant continu dont le) est pratiquement indépendant de la vitesse. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 7] 251
Voltage variable (Alimentation à) d'un moteur électrique à courant alternatif. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Volume des alliages (Etude sur les changements de) [n° 11] 406

W

Wagons de chemin de fer (Couplage automatique des). *Brev.* Kusciolek et Rothstein [n° 1] 44
Wagons de secours [n° 11] 401
Water-jacket pour minerais aurifères [n° 7] 249

Z

Zinc (Les alliages d'aluminium et de) [n° 7] 246
Zinc (Procédé de préparation des minerais de) par flottage [n° 11] 409
Zinc (Le traitement électrothermique des minerais de) [n° 11] 407

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES *

AERODYNAMIQUE AERONAUTIQUE, AÉROSTATION ET AVIATION

Pages.

Accrochage des aéroplanes (Dispositif d') [n° 8] 275
Aéroplane (Sur quelques perfectionnements à l') [n° 3] 105
Coupe Gordon-Bennet en 1913 (Résultats de la) [n° 9] 309
Direction des appareils de navigation aérienne (Le problème de la) [n° 4] 140
Dirigeables français les plus récents (Les), L. MARCHIS [n° 5] 145
Hydroplanes (Stabilité longitudinale des) et hydro-aéroplanes [n° 1] 40
Parachutes d'aviation (Etude des) [n° 12]. 443
Résistance de l'air sur des sphères en chute [n° 10] 363
Vol plané (Recherches expérimentales sur le) [n° 12] 443

AGRICULTURE, AGRONOMIE ALIMENTATION INDUSTRIES AGRICOLES

Bineuse Bauche et Monnier [n° 8] 272
Camion-tracteur Damery [n° 8] 273
Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens, H. PILLAUD [n° 11] 391
Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique, H. PILLAUD [n° 4] 130
Huiles de graines (A propos de la recherche des) dans l'huile d'olive au moyen de la réaction de Bellier [n° 8] 275
Laboureuse Maillet [n° 8] 271
Machines agricoles (Les) au concours de Soissons [n° 8] 268
Moteur-treuil de Dion-Bouton [n° 8] 273
Motocharrue système Stock, H. PILLAUD [n° 3] 97
— — [n° 8] 270
Motoculture (Le concours et le congrès de) de Soissons, H. PILLAUD [n° 8] ... 268
Semoirs pour la culture en billons, H. PILLAUD [n° 7] 230
Tracteur, système Caterpillar, Lefebvre et Arion [n° 8] 270
Tracteur de Mesmay [n° 8] 272

ARMEMENT, ARTILLERIE

Canons (Les fonderies de) en Espagne [n° 4] 142
Projectiles (Plissements de douilles de) comprimées, Lt-colonel HARTMANN [n° 3] 95
Projectiles de rupture (La fabrication des) [n° 9] 329

AUTOMOBILE (INDUSTRIE DE L')

(Voir aussi *Mécanique* et *Mœchines thermiques.*)

Balayeuse automobile (Nouveau système de) [n° 9] 309
Canots automobiles dans la mer du Nord (Course de) [n° 3] 99
Changements de vitesse pour voitures automobiles. *Brev.* Delaunay-Belleville [n° 3]. 109
Dynamo pour l'éclairage des automobiles. *Brev.* Soc. anon. Montbarbon [n° 9] 330
Epreuve d'endurance militaire (L') des automobiles de poids lourds en 1913 [n° 7]. 230
Gaz de houille (Nouvel emploi du) comme comburant dans les moteurs de véhicules [n° 6] 204
Mise en marche des moteurs d'automobiles. *Brev.* Rochet-Schneider [n° 9] 330
Mise en route d'une voiture automobile par la dynamo d'éclairage. *Brev.* Cie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Pare-boue pour automobiles et poids lourds. *Brev.* Brunswick [n° 9] 330
Pare-boue pour omnibus automobiles (Concours de), G. LUMET [n° 3] 98
Transmission électrique pour véhicules. *Brev.* Allmania Svenska Elektriska Aktiebolaget [n° 7] 250

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS TRANSPORTS

Accidents dans les ateliers de chemins de fer (Des mesures à prendre pour la prévention des), P. REDARD [n° 9] 320
Accidents de chemins de fer (Des prompts secours dans les), P. REDARD [n° 11] ... 400
Accidents de chemins de fer (Statistique pour des) [*Supplément* au n° 7] II
Aiguillage système D. Beaudenon, J. NETTER [n° 7] 231
Aiguillage des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] III
Appareils de sécurité dans les chemins de fer (Les), Albert MOUTIER [*Supplément* au n° 7].
Arrosage des bandages et graissage des boudins des roues des locomotives [n° 2] 62
Automotrices à accumulateurs (Les) [n° 1]. 31
Automotrice benzo-électrique [n° 10] 355
Chemin de fer des Alpes bernoises (Le) et le tunnel du Loetschberg, J. MORET [n° 3] 87
Chemins de fer anglais, allemands et français, de 1906 à 1910 (Résultats financiers de l'exploitation des) [n° 6] 207
Chemins de fer fédéraux suisses (Le problème de l'électrification des) [n° 11]... 391
Chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du viaduc de Caronte (Construction de la ligne de), H. VILLETARD [n° 6] 202
Conducteurs de tramways (La supériorité professionnelle chez les) dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique, J.-M. LAHY [n° 11]. 388
Couplage automatique des wagons de chemin de fer. *Brev.* Kuscielek et Rothstein [n° 1] 44
Eclairage des voitures de tramways [n° 10]. 363
Electrification des chemins de fer par le courant continu à 2 400 volts [n° 12]..... 441
Enclenchements pour les appareils de sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] V
Gare de l'Est, à Paris (Les nouveaux agrandissements de la), L. LACHAPELLE [n° 10]. 352
Gare du « New Grand Central Terminal » de New-York [n° 6] 194
Locomotives compound, types « Consolidation » et « Décapod » de la Compagnie du chemin de fer du Nord, A. SABOURIN [n° 5] 161
Locomotives électriques dans les mines [n° 2] 74
Locomotive « Pacific », n° 6 001, de la Compagnie P.-L.-M., A. SABOURIN [n° 9]..... 310
Locomotive, système Sulzer-Diesel [n° 9].. 314
Lubrification des roues des locomotives [n° 2] 64
Métropolitain de Paris (Les mesures d'hygiène et de sécurité appliquées dans les travaux du) et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Pont tournant à commande électrique des chemins de fer de l'Etat autrichien [n° 1]. 31
Recettes comparées des chemins de fer dans les différents pays du monde [n° 2]. 80
Relevage de matériel déraillé (Appareil, système Podolsky et Strauss pour le) [n° 2] 67
Ressorts à lames employées sur le matériel des chemins de fer (Fabication et entretien des), P.-B. D'ARLATAN [n° 7] 226
— — [n° 8] 260
Signaux de chemins de fer [*Supplément* au n° 7] IV
Signaux sur les locomotives (Etat actuel de la question de la répétition des) [n° 12]. 433
Tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre, L. LACHAPELLE [n° 6]..... 198
Viaduc de Caronte (Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du) [n° 6] 202
Vibrations (Mesure des) des chemins de fer, tramways, etc. [n° 8] 284
Wagons de secours [n° 11] 401

CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE APPLIQUÉE ET INDUSTRIES DIVERSES

(Voir aussi *Filature, Gaz, Métallurgie, Teinture, Travaux Publics.*)

Acides saturés de l'huile de lin [n° 10]... 363
Ammoniac (Production catalytique de l'). *Brev.* Johnston [n° 3] 109
Ammoniaque (La synthèse de l') à partir de l'azoture d'aluminium, C. MATIGNON [n° 9] 297
Ammoniaque (La synthèse industrielle de l') à partir de ses éléments [n° 9]..... 315
Argiles colloïdales (L'importance des) pour la décoloration et l'épuration des eaux résiduelles [n° 6] 204
Arsénicaux (Les nouveaux produits pharmaceutiques) [n° 6] 195
Atmosphère (Un nouvel élément dans l') [n° 9] 329
Atoxyle (L') [n° 6] 195
Azote (La combinaison de l') avec l'hydrogène et l'oxygène [n° 3] 105
Azote (Le rôle des basses températures dans l'industrie de la fixation de l') [n° 2] 78
Azoture d'aluminium (A propos de la formation de l') à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote [n° 1] 32
Azoture d'aluminium (La synthèse de l'ammoniaque à partir de l'), C. MATIGNON [n° 9] 297
Bauxite (La) et le four électrique [n° 5].... 168
Blanchiment des fibres destinés à la fabrication du papier. *Brev.* A. Launoy [n° 9]. 330
Calchoïdes (Les) riches en cuivre [n° 12].... 446
Carburants légers extraits des pétroles (Les ressources mondiales en), leur développement, les moyens de les accroître [n° 7]. 245

* NOTA. — *Les titres en plus petits caractères désignent les articles de Chronique (Notes, Travaux des Sociétés, Brevets), de Documentation et d'Informations.*

Digitized by Google

Pages.
Combustible (Economie de) et carbonisation à basse température [n° 10] 367
Combustible (L'industrie du gaz et l'économie de) [n° 10] 364
Combustibles solides, liquides et gazeux (Les) [n° 9] 327
Cyanamide (Fabrication de la). *Brev.* Ashcroft [n° 3] 109
Cyanures alcalins (L'industrie des), E. GRANDMOUGIN [n° 5] 151
Cyanures (Electrolyse des solutions de) [n° 10] 363
Eaux (Contribution à l'étude de l'action de diverses) sur le plomb [n° 11] 405
Eau de cristallisation (Double décomposition de l') [n° 8] 284
Eau (Epuration de l') au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 1] 44
— — [n° 3] 109
Electrolyse dans des dissolutions non aqueuses [n° 9] 323
Elianite (L'), substance inattaquable par les acides, C. MATIGNON [n° 11] 392
Emaillage sur fonte (Intoxication saturnine dans l'industrie de l') [n° 1] 48
Explosif. *Brev.* Nodon [n° 5] 172
Explosion d'un mélange d'air et de poussière de papier [n° 10] 359
Four à huile lourde de goudron, système Fergusson [n° 12] 447
Gaz d'éclairage (Cémentation de l'acier par le) [n° 11] 404
Goudron de houille (Les progrès récents dans l'industrie du) [n° 4] 130
Goudron (La distillation du) dans la pratique métallurgique [n° 7] 246
Goudron (Le macadam au) [n° 12] 412
Goudrons (Séparation des) dans les cokeries [n° 3] 106
Graisses et huiles, E. GAY [n° 12] 425
Graisses liquides et solides [n° 11] 375
Graphite (Sur la séparation du) dans les alliages de fer et de silicium [n° 3] 107
Hélium (Le corps X3 et l'évolution de l') [n° 10] 367
Huile de goudron de charbon de terre; son emploi dans les fonderies [n° 4] 142
Huiles de graines (A propos de la recherche des) dans l'huile d'olive au moyen de la réaction de Bellier [n° 8] 275
Huiles et graisses pour lubrification des roues de locomotives [n° 2] 64
Huiles (L'hydrogénation des), E. GRANDMOUGIN [n° 11] 375
Huile lourde de goudron (Four à), système Fergusson [n° 12] 447
Hydrofuges (De l'emploi des) dans les mortiers, M. DE CHEVROZ [n° 3] 104
Hydrogénation (L') des huiles, E. GRANDMOUGIN [n° 11] 375
Hydrogène (Procédé de préparation de l'). *Brev.* Jaubert [n° 9] 330
Hydrogène (Procédé pour la production d'). *Brev.* Badische Anilin und Soda Fabrik [n° 7] 250
Hydrogène (Fabrication de l'). *Brev.* Société l'Air liquide, procédés G. Claude [n° 7]. 250
Lubrifiants (Les), E. GAY [n° 12] 425
Métalloïdes (Influence des) sur les propriétés de la fonte [n° 2] 77
Méthane (Cémentation de l'acier par le) [n° 11] 403
Nickelage en noir (Le) [n° 7] 232
Oxyde d'azote (Four électrique pour la production d'). *Brev.* Grohmann [n° 1] 44
Oxyde de carbone employé pour la cémentation de l'acier [n° 11] 402
Oxygène (Dosage de l') dans le cuivre et dans le laiton [n° 12] 447
Oxygène (Utilisation de l') dans la pratique des hauts fourneaux [n° 7] 246
Ozone (Emploi de l') pour la purification de l'air [n° 9] 325
Papier (Blanchiment des fibres destinés à la fabrication du). *Brev.* A. Launoy [n° 9]. 330
Persulfates (Méthode iodométrique de dosage des) [n° 1] 32
Plomb (Contribution à l'étude de l'action de diverses eaux sur le) [n° 11] 405
Potasse (Préparation de la) et du ferro-silicium à partir du feldspath [n° 1] 32
Quartz fondu transparent ou opaque (Propriétés et emplois industriels du) J. ESCARD [n° 6] 184
Quartz (Le verre de), A. GRANGER [n° 10] 341
Récipients en verre à double paroi (Fabrication des). *Brev.* Higbee [n° 1] 44
Silicium (Nouveaux appareils en) pour l'industrie chimique [n° 7] 231
Sulfure de carbone (Elimination du) des gaz [n° 11] 405
Syntanes (Les), nouvelles matières tannantes artificielles [n° 10] 363
Tannin (Nouvelle méthode de dosage du) [n° 10] 356
Tungstène (Nouvelles études sur le) [n° 11]. 406
Verre de quartz (Le) et les verres similaires, A. GRANGER [n° 10] 341

CONCOURS, CONGRES, EXPOSITIONS ASSOCIATIONS

Concours (Le) et le Congrès de motoculture de Soissons, H. PILLAUD [n° 8] 268
Concours de pare-boue pour omnibus automobiles, G. LUMET [n° 3] 98
Coupe Gordon-Bennet en 1913 (Résultats de la) [n° 9] 309
Course de canots automobiles dans la mer du Nord [n° 3] 99

DESSIN INDUSTRIEL

Machine à tirer les bleus à marche continue, MAURICE LEBLANC [n° 9] 317

CONSTRUCTION

(Voir *Travaux Publics.*)

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

(Voir aussi *Législation* et *Statistiques.*)

Actions de travail (Les), Maurice BELLOM [n° 6] 188
Chemins de fer anglais, allemands et français (Résultats financiers de l'exploitation des) [n° 6] 207
Conducteurs de tramways (La supériorité professionnelle chez les) dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique, J.-M. LAHY [n° 11] 388
Contrats (Les) dans la construction navale [n° 6] 204
Etablissements classés (L'inspection des) dans le département de la Seine en 1912 [n° 9] 336
Expositions (Les), contrats d'exposition, droits des industriels, M. PLAISANT [n° 11]. 416
Habitations à bon marché (Les) : exemple pratique de l'application de la législation française, M. BELLOM [n° 3]. 90
Houille blanche (La), la houille noire et la houille verte au Congrès des Sociétés savantes de Grenoble (mai 1913), M. BELLOM [n° 3] 99
Organisation scientifique du travail humain (L'), J. AMAR [n° 4] 113
Semaine anglaise (La), BELLOM [n° 11] 381
Système Taylor (A propos du), CH. FREMONT [n° 9] 301
— J. AMAR, Ch. FREMONT et A. IMBERT [n° 11] 386
Travail humain (Organisation scientifique du) et Système Taylor, J. AMAR, Ch. FREMONT et A. IMBERT [n° 4] 113
— — [n° 9] 301
— — [n° 11] 386

ELECTRICITÉ

(Voir aussi *Electrochimie, Télégraphie et Téléphonie.*)

Pages.
Alimentation à voltage variable d'un moteur électrique à courant alternatif. *Brev.* Compagnie Française Thomson-Houston [n° 7] 250
Alternateurs de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1] 8
Ampèremètre thermique pour courants de haute fréquence. *Brev.* Girardeau [n° 9]. 330
Appareil électrique à vapeurs de mercure. *Brev.* Bousson et Guesnier [n° 1] 44
Appareils électriques de sécurité dans les chemins de fer, A. MOUTIER [*Supplément* au n° 7]
Automotrices à accumulateurs (Les) [n° 1]. 31
Automotrice benzo-électrique [n° 10] 355
Béton armé (Influence de l'électricité sur le), G. MARLIER [n° 1] 10
Block-système pour la sécurité des chemins de fer [*Supplément* au n° 7] XV
Câbles à haute tension (Appareil pour l'essai, après leur pose, des) [n° 4] 132
Câbles à haute tension [n° 4] 139
Centrales (Progrès dans la construction de l'outillage des grandes [n° 4] 139
Chemins de fer fédéraux suisses (Le problème de l'électrification des) [n° 11]... 391
Circuit oscillant à onde unique. *Brev.* Girardeau [n° 9] 330
Commutation (Recherches expérimentales et théoriques sur la) [n° 1] 35
Compoundage et anticompoundage des machines dynamo-électriques à courant continu. *Brev.* Société Alsacienne de constr. mécan. [n° 9] 330
Compteurs électriques. *Brev.* British Thomson-Houston Co [n° 1] 44
Compteurs pour la mesure de glissement des moteurs asynchrones [n° 1] 39
Condensateurs électriques (Procédé de fabrication). *Brev.* Société de métallisation [n° 5] 172
Consommation d'énergie électrique (La supériorité professionnelle chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la), J.-M. LAHY [n° 11] 388
Contacts (Les) entre conducteurs électriques [n° 10] 364
Convertisseurs de fréquence (Mode d'entraînement pour). *Brev.* Société Alsacienne de constr. mécan. [n° 9] 331
Courant instantané de court-circuit dans les alternateurs (Dispositif pour atténuer le). *Brev.* Ateliers de construction du Nord et de l'Est [n° 3] 109
Courant de haute fréquence (Production de). *Brev.* Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft [n° 7] 251
Démarrages des groupes en cascade. *Brev.* Ateliers de constructions électriques de Charleroi [n° 7] 250
Démarreur à flots amovibles à nombre quelconque d'échelons et pour intensités quelconques. *Brev.* Bréguet [n° 7] 250
Dépôts dans les huiles de transformateur (Formation des) [n° 2] 76
Différence de potentiel (Influence du diamètre sur la) aux bornes des tubes luminescents au néon [n° 7] 245
Dynamo pour l'éclairage des automobiles. *Brev.* Montbarbon [n° 9] 330
Dynamo-électriques (Disposition nouvelle de machines) [n° 12] 443
Dynamo à tension pratiquement indépendante de la vitesse de rotation. *Brev.* Société Alsacienne de constr. mécan. [n° 11]. 410
Echauffement des machines électriques (Courts essais d') [n° 9] 323
Eclairage de voitures de tramways [n° 10]). 363
Electrification des chemins de fer par le courant continu à 2 400 volts [n° 12].... 444
Energie électrique à Londres (La production de l') [n° 4] 139
Enregistreurs de décharges [n° 9] 319
Enregistreurs de surtension pour conducteurs électriques. *Brev.* Compagnie Générale d'électricité de Creil [n° 9] 331

Digitized by Google

Pages.

Excitation des machines électriques servant à la commande d'appareils réversibles. *Brev.* Société Schneider et Cie [n° 5]. 172
Fils de connexion pour lampes à incandescence [n° 10] 363
Fusible pour installation électrique. *Brev.* O. Nordentoft [n° 3] 109
Générateurs spécialement applicables à l'alimentation d'arcs électriques en vue de la production de courants à haute fréquence. *Brev.* E. Gérardeau [n° 11] 410
Génératrice à courant continu dont le voltage est pratiquement indépendant de la vitesse. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 7] 251
Génératrice de courant électrique à contre-compoundage. *Brev.* Société des automobiles et cycles Peugeot [n° 11] 411
Glace (Effets de la) sur les lignes de transmission établies sur isolateurs de suspension [n° 9] 323
Groupe moteur-générateur produisant un courant continu d'intensité constante. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 1] 44
Houille blanche (La) comparée à la houille noire et à la houille verte, M. Bellom [n° 3] 100
Indicateur de courant de charge pour parafoudre électrolytique à aluminium [n° 8]. 279
Indicateur de synchronisme [n° 8] 278
Induit pour machines électriques. *Brev.* R. Goldschmidt [n° 11] 411
Industrie électrique française (La production de l') [n° 12] 448
Isolants en quartz [n° 6] 186
Isolateurs à 60 000 volts [n° 1] 5
Joints électriques (Procédé pour augmenter et assurer la conductibilité des). *Brev.* Société de métallisation [n° 3] 109
Lampes à arc (Influence de la pression sur la température des) [n° 9] 323
Lampe électrique à incandescence anodique. *Brev.* Caubet et Beck [n° 3] 109
Lampes électriques en quartz fondu [n° 6]. 185
Lampes à filament de tungstène à haut rendement [n° 12] 435
Lampes à incandescence. *Brev.* Compagnie Française des Procédés Thomson-Houston [n° 1] 44
Lampes à incandescence (Progrès dans la fabrication des) [n° 10] 363
Lampe au tungstène (La) [n° 10] 363
Lampe à vapeur de néon [n° 10] 363
Lampes à vapeur de mercure pour courant alternatif (Connexion des). *Brev.* Korting et Mathiesen [n° 11] 412
Limitateur de courant à rupture brusque et à réenclanchement automatique. *Brev.* J. Garnier [n° 9] 331
Limiteurs de tension à étincelles (Nouvelles expériences sur les) [n° 4] 139
Lumière (Production de la) [n° 10] 363
Machines dynamo-électriques à excitation interne [n° 1] 40
Machines électriques (La fonte et l'acier dans la constructin des) [n° 1] 42
Machines électriques à mouvement alternatif. *Brev.* P. Boucherot [n° 5] 172
Machines à mouler électriques [n° 8] 286
Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu [n° 4] 139
Moteurs asynchrones polyphasés [n° 11] ... 397
Moteurs à courant continu [n° 11] 397
Moteurs à courants triphasés complètement fermés, J.-A. Montpellier [n° 12] 434
Moteurs électriques (Les) et leurs applications industrielles, A.-R. Garnier [*Bibliothèque de « La Technique Moderne »*, fasc. VI].
Moteurs électriques (Nouveaux), J.-A. Montpellier [n° 11] 396
Moteur triphasé à excitation en série avec transformateur en série entre l'enroulement du rotor et l'enroulement du stator. *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 3] ... 110
Navires à propulsion électrique [n° 2]. 50
Onde (Les phénomènes de propagation d') et les accidents qu'ils produisent dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9] 289
— — [n° 10] 344

Pages.

Oscillations électriques (Influence des) sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus [n° 3] 106
Parafoudres [n° 1] 3
Perméamètre universel (Nouveau), système Iliovici [n° 3] 106
Plaques d'accumulateurs (Procédé de fabrication). *Brev.* Société de métallisation [n° 1] 45
Pont tournant à commande électrique des chemins de fer de l'Etat autrichien [n° 1] 31
Propagation d'ondes (Les phénomènes de) et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques, G. Capart [n° 9] 289
— — [n° 10] 344
Propulsion électrique des navires [n° 12] .. 433
Réglage des installations comportant des dynamos combinées avec des batteries d'accumulateurs. *Brev.* Société Alsacienne de constr. mécan. [n° 11] 411
Régulateur automatique d'induction [n° 1]. 7
Régularisation de l'énergie électrique empruntée à un réseau de distribution par des appareils d'utilisation à fonctionnement intermittent. *Brev.* Société Abel Pifre [n° 9] 332
Régulation automatique des machines à courant continu, A.-R. Garnier [n° 7] 233
Régulation électrique. *Brev.* Compagnie Générale Française Thomson-Houston [n° 7]. 251
Régulation de moteur électrique. *Brev.* Siemens-Schuckert [n° 9] 332
Résistivité de la terre [n° 12] 445
Résonance (Phénomènes de) [n° 9] 291
— — [n° 10] 350
Self induction (Rôle de la) [n° 9] 292
Surtensions dans les lignes électriques [n° 9] 296
Téléphotographie (Les progrès récents de la) [n° 11] 405
Tension des réseaux à courants alternatifs à haute tension (Un problème sur le réglage de la), V. Sylvestre [n° 7] 214
Thermo-élément. *Brev.* Fischer [n° 9] 332
Toiles isolantes (Essai de) [n° 9] 323
Traction électrique (La) dans les mines [n° 2] 73
Transformateur à bain d'huile. *Brev.* Société Alsacienne de constructions mécaniques [n° 3] 110
Transformateurs pour la propulsion des navires [n° 2] 52
Transformateurs de la ligne de transport d'énergie de 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1] 7
Transformateur rotatif pour courant monophasé. *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 7] 251
Transformateurs dans les réseaux de distribution (Sur l'emploi des), A.-R. Garnier [n° 9] 318
Transformateurs statiques à haute tension (Notes sur les conditions d'installation et d'entretien des) [n° 2] 67
Transmission électrique pour véhicules. *Brev.* Allmania Svenska Elektriska Aktie bolaget [n° 7] 250
Transport des bois (L'électricité dans le) [n° 9] 323
Transport d'énergie à 60 000 volts (Le) de Grenoble à Saint-Chamond (ligne du Dauphiné-Centre) [Pl. I.], V. Sylvestre [n° 1] 1
Tubes lumineux à vide (Procédé pour engendrer et maintenir une couleur constante dans les). *Brev.* Moore Lichet A.-G. [n° 1]. 45

ÉLECTROCHIMIE

Dépôt électrolytique de divers métaux [n° 2] 77
Electrodes de four électrique (Recherches sur la fabrication des) [n° 4] 139
Electrolyse dans des dissolutions non aqueuses [n° 9] 323

Pages.

Electrolyse du plomb et du fer dans le sol [n° 12] 445
Electrolyse des solutions de cyanures [n° 10] 363
— — [n° 11] 407
Four électrique pour préparer le quartz fondu transparent [n° 6] 186
Four électrique pour la production d'oxyde d'azote. *Brev.* Grohmann [n° 1] 44
Four électrique (La bauxite et le) [n° 5]. 168
Haut-fourneau électrique (Le), Paul Nicou [n° 4] 124
— — [n° 5] 157
Minerais de zinc (Le traitement électrothermique des) [n° 11] 407
Nickelage en noir (Le) [n° 7] 232
Or (Le raffinage électrochimique de l') [n° 6] 206

ESSAIS INDUSTRIELS
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

(Voir aussi *Chimie*, *Electricité* et *Mécanique*.)

Aciers (Essais de dureté des) [n° 11] 404
Alliages d'aluminium et de zinc (Essais des) [n° 7] 247
Béton armé (Essais de résistance du) et influence de l'électricité, G. Marlier [n° 1] 10
Câbles à haute tension (Appareil pour l'essai, après leur pose, des) [n° 4] 132
Déformations dans les métaux soumis à des efforts (Distribution des) : cas du plissement, Lt-colonel Hartmann [n° 3] 94
Métaux (Méthodes modernes d'essai des) [n° 10] 366
Navires propulsés par turbines à engrenages (Essais de trois) [n° 5] 168
Pièces chargées debout (La formule d'Euler pour le calcul des) et des transformations [n° 2] 71
Stabilité des cuirassés (Essais de) [n° 7]. 232
Télégraphie sans fil (Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en) [n° 6] 203
Toiles isolantes (Essais de) [n° 9] 323
Transformateurs pour propulsion des navires (Essais au frein de) [n° 2] .. 53

FILATURE ET TISSAGE

(Voir aussi *Teinture*.)

Filature du lin, du chanvre, du jute et autres fibres. *Brev.* Lawson et Shaw [n° 7] 254
— — [n° 9] 335
Graissage continu et automatique des broches genre Rabbeth, pour tous métiers à filer ou à retordre les divers textiles. *Brev.* Delesalle et Walker [n° 7] 255
Machines à filer (Les); caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du coton et de la laine, Ed. Fontigny [n° 1] 19
Renvideurs actuels (Les machines à filer; carcatéristiques des) pour la filature du coton et de la laine, Ed. Fontigny [n° 1] 19
Tissage en cintre de tous genres de rubans ou tissus. *Brev.* Samuel Roche [n° 7]. 255
Toiles isolantes (Essai des) [n° 9] 323
Velours à côtes (Fabrication de) pour pantalons et autres applications. *Brev.* Société Gérard frères [n° 11] 415

GAZ (INDUSTRIE DU)

Allumage (Nouvel appareil d') et d'extinction des becs à distance [n° 7] 245
Allumage du gaz à distance. *Brev.* Aktiebolaget Lux [n° 1] 45

Digitized by Google

Pages.

Allumeur de gaz à distance avec fermeture de soupape à billes. *Brev.* Andreas Hassengier [n° 3] 110
Approvisionnement des grandes collectivités en gaz d'éclairage : récupération des sous-produits [n° 3] 106
Chauffage au gaz (Récents progrès du) [n° 10] 364
Chauffage au gaz des fours de boulangerie [n° 6] 203
Compteur humide à gaz. *Brev.* H. Pipersberg [n° 5] 173
Four à huile lourde de goudron, système Fergusson [n° 12] 447
Gaz de houille (Nouvel emploi du) comme carburant dans les moteurs de véhicules [n° 6] 204
Gaz (L'industrie du) et l'économie de combustible [n° 10] 364
Gazogène (Nouveau type de) à grande capacité de gazéification [n° 6] 203
Goudron de houille (Les progrès récents dans l'industrie du) [n° 4] 130
Industrie du gaz (Nouveaux progrès dans l') [n° 9] 325
Réglage de l'écoulement de gaz dans les collecteurs. *Brev.* Apparate Vertriebs Gesells. [n° 3] 110
Réglage de l'écoulement de gaz avec pression variable. *Brev.* W. Hoeller [n° 3] ... 110
Sulfure de carbone (Elimination du) des gaz [n° 11] 405

HYDRAULIQUE

(Voir aussi *Navigation* et *Travaux publics et maritimes.*)

Appareils à élever ou à refouler les liquides. *Brev.* H.-A. Humphrey et W.-J. Rusdell [n° 1] 45
Canaux rectilignes (Sur le tracé des profils en travers des), Doucet [n° 12] .. 422
Changement hydraulique de vitesse ou de marche. *Brev.* Vulcan-Werke Hamburg und Stettin Actiengesells. [n° 7] 252
Chute de 1 650 mètres (Utilisation d'une) [n° 1] 39
Commande hydraulique à soupape. *Brev.* Krupp Act. Ges. Gervhmaniawerft [n° 7]. 253
Compteur enregistreur Lea Recorder [n° 11]. 399
Débit de l'eau et des liquides (Sur l'enregistrement et la mesure du), J. Izart [n° 7] 235
Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique [n° 4] 130
Grues hydrauliques du port de Marseille [n° 6] 181
Houille blanche (La) et la houille verte [n° 3] 100
Hydromètre [n° 7] 235
Pompe à boulets à piston tubulaire [n° 3]. 102
Pompe de cale centrifuge pour sous-marins. *Brev.* R. Weichardt [n° 1] 45
Pompes centrifuges (Etude sur les), L. Bergeron [n° 4] 118
Pompe mue par un mélange explosif avec une colonne liquide oscillante dans le conduit de refoulement. *Brev.* Siemens-Schuckert Werke [n° 7] 252
Pompes de moteurs agricoles [n° 8] 269
Pompes rotatives (Nouveaux systèmes de) [n° 5] 166
Pompe rotative réversible. *Brev.* Ch. Monin [n° 7] 252
Transmission hydraulique. *Brev.* Conradi [n° 9] 333
Transmissions hydrauliques pour navires [n° 2] 52
Turbine hydraulique par la méthode chimique (Mesure du débit d'une) [n° 4] 133

HYGIÈNE INDUSTRIELLE ET URBAINE

Accidents dans les ateliers de chemins de fer (Des mesures à prendre pour la prévention des), P. Redard [n° 9] 320
Accidents de chemins de fer (Des prompts secours dans les), P. Redard [n° 11] 400
Eaux résiduelles (L'importance des argiles colloïdales pour la décoloration et l'épuration des) [n° 6] 204
Epuration de l'eau au moyen de chlorure de chaux, d'hypochlorites, etc. *Brev.* Goldschmidt [n° 1] 44
Etablissements classés (L'inspection des) dans le département de la Seine en 1912 [n° 9] 336
Hygiène (Les mesures d') et de sécurité appliquées dans les travaux du Métropolitain et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Hygiène et sécurité des travailleurs (Décrets relatifs à l') [n° 11] 416
Intoxication saturnine dans l'industrie de l'émaillage sur fonte [n° 1] 48
Ozone (Emploi de l') pour la purification de l'air [n° 9] 325
Poussière (La pollution de l'atmosphère par la) [n° 10] 364
Travail humain (A propos du Système Taylor), Ch. Frémont [n° 9] 301
Travail humain (L'hygiène dans l'organisation du), J. Amar [n° 4] 113
Ventilation d'un atelier de triage de vieux papiers [n° 2] 80
Villes salubres (Les méthodes scientifiques pour la construction des) [n° 5] 171

LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION INDUSTRIELLES

Circulation rapide ou lente sur les routes (Réglementation de la) [n° 4] 143
Conventions de Washington (Les) pour la protection internationale de la propriété industrielle, E. Cohendy [n° 5] 155
Expositions (Les), contrats d'exposition, droits des industriels, responsabilité des organisateurs, les saisies, suspension des saisies, la protection des inventions, les certificats de garantie, M. Plaisant [n° 11] 416
Habitations à bon marché (Législation française sur les), M. Bellom [n° 3] 90
Hygiène et sécurité des travailleurs (Décrets relatifs à l') [n° 11] 416
Mines (Modification au règlement sur l'exploitation des) [n° 10] 368
Routes (Fonctions du pouvoir central et des autorités locales dans la construction et l'entretien des) [n° 5] 171
Semaine anglaise (La), M. Bellom [n° 11] 381

LEVAGE ET MANUTENTION (APPAREILS DE)

Chargement de fours (Procédé et appareil pour le). *Brev.* Société Française de fours à coke et de matériel de mines [n° 3] 110
Charger (Dispositif pour) et décharger les bennes sur les wagonnets pour monte-charge de hauts-fourneaux. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 1] 45
Chargeur pour haut-fourneau. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 7] 252
Grues et bigue du port de Marseille [n° 6]. 181

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE

Accouplement élastique de deux arbres. *Brev.* de Dion-Bouton [n° 1] 46
Berlines (Le désenchaînage spontané des) [n° 1] 42
Boulons. *Brev.* Mills [n° 3] 111
Cabestan. *Brev.* Conradi [n° 9] 332
Changement hydraulique de vitesse ou de marche. *Brev.* Vulcan-Werke Hamburg und Stettin Actiengesellsch. [n° 7] 252
Changement de vitesse pour tour.. *Brev.* H. Werner [n° 7] 252
Courroies de transmission (Produit pour empêcher le glissement des) [n° 3] 111
Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens, H. Pillaud [n° 11] 391
Embrayage. *Brev.* Berlin-Erfuter Maschinenfabrik H. Pels et C° [n° 1] 46
Embrayages pour turbines de croisière [n° 5] 168
Enclumes pour ajusteur de ressorts [n° 8]. 263
Etaux-limeurs (Rendement des) [n° 2] 70
Etrier pour mise en place des brides de ressorts [n° 8] 264
Force motrice absorbée (Relations entre la), la vitesse de coupe et la quantité de métal enlevé, E. Gay [n° 2] 69
Fraises (Construction des) et méthodes de fraisage, E. Gay [n° 10] 337
Fraiseuses (Rendement des) [n° 2] 70
Graisseur. *Brev.* Stern Sonneborn [n° 11] .. 412
Graisseurs (Le graissage et les), E. Gay [n° 12] 425
Jonction de tuyaux. *Brev.* Fr. Krupp A. G. Grusonwerk [n° 1] 46
Lime (Efforts musculaires et position la plus favorable à la manœuvre de la) [n° 4] 114
— — [n° 11] 386
Limeur (Diagrammes du travail d'un) [n° 9] 307
Lubrification (Dispositif de) des paliers d'axes au moyen d'une rondelle amenant l'huile. *Brev.* G. et J. Jager [n° 1] 46
Machines à cintrer [n° 8] 263
Machine à œillets ou machine à rouler les bouts des lames de ressorts [n° 8] 260
Machines-outils modernes pour le travail des métaux : construction des fraises et méthodes de fraisage, E. Gay [n° 10] 337
Machines à percer et à rectifier (Rendement des) [n° 2] 70
Mortaiseuses (Rendement des) [n° 2] 70
Palan. *Brev.* Anderson [n° 9] 332
Pelle à vapeur (Conditions économiques du travail à la), H. Villetard [n° 10] 360
Phonographes (La fabrication des pièces pour), E. Gay [n° 7] 236
Poinçonneuses à triple effet [n° 8] 262
Presse hydraulique [n° 8] 264
Presse à vis [n° 8] 264
Presses à brider les ressorts [n° 8] 264
Raboteuse (Rendement de la) [n° 2] 69
Raccords filetés pour jonctions de tuyaux [n° 4] 134
Scies circulaires à coupe extra-rapide à froid [n° 12] 436
Tour (Rendements du) [n° 2] 69
Transmission (Les appareils de) pour navires [n° 2] 49
Transmissions (Fortes) par courroies pour laminoirs [n° 2] 73
Transmission élastique entre un arbre et l'arbre commandé par lui. *Brev.* Société Hotchkiss [n° 1] 46
Transmission hydraulique. *Brev.* L. Brun [n° 9] 333
Tuyaux (Jonction de). *Brev.* Krupp et Grusonwerk [n° 1] 46

MACHINES THERMIQUES

Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. *Brev.* Krupp Skt. Ges. Germaniawerft [n° 11] 412
Aiguille d'injection pour moteurs à combustion interne. *Brev.* E. Schneider [n° 11] 412
Ailettes de turbines. *Brev.* G. Paynes et C. Durdle [n° 7] 253
Allumeur pour moteurs à explosion. *Brev.* Westinghouse Electric Co [n° 11] 412
Avance automatique de l'allumage dans les moteurs à explosion. *Brev.* Société des automobiles Unic [n° 3] 111
Bougie d'allumage. *Brev.* Fr. Keutel et O. Hahmann [n° 3] 111
Brûleurs pour gaz industriels, J. Izart [n° 3] 102
Cadre suspendu pour essayer les moteurs. *Brev.* Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt [n° 3] 111
Carburants légers extraits des pétroles (Les ressources mondiales en), leur développement, les moyens de les accroître [n° 7]. 245

Digitized by Google

Pages.
Carburateur. *Brev.* E. Gobbi [n° 11]..... 412
Carburateur. *Brev.* Jouffret, Renée, Gondard et Mennesson [n° 11]..... 412
Carburateur. *Brev.* Kelley [n° 5]..... 173
Carburateur double pour moteurs à combustion interne. *Brev.* L. Renault [n° 11]. 412
Carburateur double à deux gicleurs. *Brev.* L. Bollée [n° 11]..... 412
Carburateur à double gicleur pour moteurs à explosion. *Brev.* Cambessédès [n° 11]. 412
Carburateur pour l'emploi du pétrole et autres huiles lourdes dans les moteurs à explosions. *Brev.* Société du carburateur Zenith [n° 11]..... 413
Carburateur à injection pour combustibles liquides. *Brev.* Motorenbau Gesells. [n° 3]. 111
Cendres de chaudières (L'entraînement des) par l'eau et leur enlevage mécanique [n° 7] 245
Chaleurs perdues des moteurs à explosion (De l'utilisation des), G. Debesson [n° 7]..... 209
Chaudières (Expériences sur les) [n° 2] 60
Chaudière à combustion sans flamme [n° 7]. 244
Chaudières à gaz d'échappement [n° 7].... 237
Chaudières à tubes d'eau. *Brev.* Helm [n° 11] 413
Combustibles solides, liquides et gazeux (Les) [n° 9]..... 327
Combustion des gaz (Emploi de la) à la surface des corps incandescents dans les fonderies et les forges [n° 1]..... 41
Combustion superficielle sans flamme [n° 4]. 143
Commande hydraulique de soupape. *Brev.* Krupp Act. Ges. Gervhmaniawerft [n° 7]. 253
Condenseurs par surface et par injection. *Brev.* Société pour l'exploitation des brevets Westinghouse-Leblanc [n° 11]..... 413
Conduite des foyers par aspiration et soufflage simultanés. *Brev.* L. Prat [n° 5]. 173
Débits de vapeur (Nouveau procédé de mesure pour les) [n° 6]..... 205
Démarreur à air comprimé. *Brev.* Jorgensen [n° 11] 413
Distribution automatique d'un fluide additionnel à un moteur à combustion interne. *Brev.* Letombe [n° 1]..... 46
Ejectair Bréguet, appareil extracteur d'air dépourvu d'organes mobiles [n° 6]..... 205
Gazogène. *Brev.* Société des gazogènes Marconnet [n° 11]..... 413
Gazogène (Nouveau type de) à grande capacité de gazéification [n° 6]..... 203
Générateurs de vapeur. *Brev.* Stirling-Boiler Co [n° 11]..... 413
Graissage à circulation avec adduction d'huile fraîche. *Brev.* Daimler Motoren Gesellsch. [n° 5]..... 174
Graissage à circulation pour coussinets d'arbres. *Brev.* Ignaz Nowack [n° 5]..... 174
Graissage de cylindres pour moteurs à combustion à cylindres rotatifs. *Brev.* Horchund et C° [n° 5]..... 174
Graissage (Le) et les graisseurs, E. Gay [n° 12] 425
Injecteur. *Brev.* Rud. Kirsten [n° 5]..... 174
Injecteur pour moteurs à combustion interne. *Brev.* Société Française d'exploitation des appareils Koerting [n° 7]..... 253
Machines thermiques (Introduction à l'enquête sur le fonctionnement des), L. Letombe [n° 11]..... 369
Machines à vapeur saturée et à vapeur surchauffée [n° 11]..... 371
Moteurs d'automobiles (Mise en marche des). *Brev.* Rochet-Schneider [n° 9]..... 330
Moteur à combustion à deux temps. *Brev.* J. Francou [n° 11]..... 414
Moteur à combustion interne. *Brev.* R. Esnault-Pelterie [n° 3]..... 111
Moteur à combustion interne. *Brev.* Ménagé [n° 11] 413
Moteur à combustion interne. *Brev.* Rundlof [n° 1] 47
Moteur à combustion interne. *Brev.* Sabathé [n° 5] 174
Moteur à combustion interne (Distribution automatique d'un fluide additionnel à un). *Brev.* Letombe [n° 1]..... 46
Moteurs à combustion interne, système Schneider-Carels, à bord du cargo *France* [n° 11] 395
Moteurs (Comparaison des) mus par la houille noire, la houille blanche ou la houille verte [n° 3]..... 100
Moteurs à combustion genre Diesel [n° 11]. 374
Moteur Diesel (Les vingt ans du), A. Witz [n° 3]..... 81
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. Dumanois [n° 8] 257
Moteur Diesel (Performances du navire *Suecia*, à) [n° 5]..... 168
Moteur Diesel, type « semi-crosse ». *Brev.* Société des usines Carels [n° 7]..... 253
Moteurs système Diesel-Carels [n° 12]..... 438
Moteur à explosion. *Brev.* Salmson, Canton et Unné [n° 5]..... 175
Moteurs à gaz (Recherches graphiques sur la formation des mélanges dans les) [n° 8] 279
Moteur à gaz (Nouveau système de refroidissement pour) [n° 9]..... 325
Moteurs à gaz (Effet de la compression sur le rendement des) [n° 9]..... 326
Moteurs à gaz pauvre et grands moteurs à gaz [n° 11]..... 373
Moteur à pétrole (Le), système Williamson, à 2 temps, à cylindre oscillant [n° 11]. 402
Moteur rotatif à cylindres rayonnants. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 7]..... 253
Moteur sans vilebrequin. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 9]..... 333
Occlusion automatique des orifices d'admission à la fin de la course motrice dans les moteurs à quatre temps sans soupape d'admission. *Brev.* Société des moteurs Gnome [n° 11]..... 414
Piston pour machines à gaz. *Brev.* R. Troester [n° 1]..... 46
Propagation de la flamme en arrière dans les mélanges combustibles gazeux (Moyens d'empêcher la). *Brev.* Bonencourt Surface Combustion Ltd [n° 11]..... 414
Pulvérisateur pour chaudières à combustible liquide ou à combustible mixte. *Brev.* Société Delaunay-Belleville [n° 9]..... 333
Refroidissement des cylindres de moteurs. *Brev.* Windhoff [n° 9]..... 334
Refroidissement des pistons. *Brev.* R. Diesel et Delaunay-Belleville [n° 9]..... 334
Refroidissement du piston. *Brev.* Fr. Krupp A. G. Germaniawerft [n° 3]..... 111
Régulateur pour éjecteur de vapeur. *Brev.* Société pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc [n° 11]..... 414
Régulateur de niveau de chaudière à vapeur. *Brev.* Schumann [n° 1]..... 47
Robinet de jauge de niveau d'eau pour chaudières [n° 11]..... 402
Silencieux pour moteurs à explosion. *Brev.* J. Lelarge [n° 11]..... 414
Transmission de la chaleur (La) entre un fluide en mouvement et une surface métallique, F. Leprince-Ringuet [n° 2] 54
Turbines à engrenages (Essais de trois navires propulsés par) [n° 5]..... 168
Turbines à gaz. *Brev.* Akt. Ges. Brown-Boverie [n° 1]..... 47
Turbines à engrenages pour navires [n° 2] 49
Turbine à explosion. *Brev.* J. Heilmann [n° 11] 414
Turbines à vapeur [n° 11]..... 372
Vapeur (Nomogrammes de M. J. Eichhorn pour les propriétés de la), J. Ridet [n° 12]. 440

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(Voir *Travaux publics* et *Essais industriels.*)

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Contrôle du lavage du charbon [n° 10].... 356
Formule d'Euler (La) et ses transformations, A. Nachtergal [n° 2]..... 71
Longueur d'arrêt (Détermination de la) d'un paquebot à roues en cas de renversement de marche en vitesse [n° 2]..... 76
Moteurs à gaz (Recherches graphiques sur la formation des mélanges dans les) [n° 8]. 279
Nomogrammes de M. Eichhorn pour les propriétés de la vapeur, J. Ridet [n° 12]... 440
Tracé des profils en travers des canaux rectilignes, Doucet [n° 2]..... 422
Transmission de la chaleur (La) entre un fluide en mouvement et une surface métallique, F. Leprince-Ringuet [n° 2] 54
Travail absorbé dans les pompes centrifuges (Calcul du), L. Bergeron [n° 4] 118

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE

(Voir aussi : *Aérodynamique, Automobiles, Chemins de fer, Filature et tissage, Hydraulique, Levage et Manutention, Machines-Outils, Machines thermiques, Métallurgie, Physique industrielle.*)

Accéléromètre à maxima (L'origine, la construction et l'emploi d'un) [n° 6]..... 205
Accéléromètre à maxima du Laboratoire d'essai du Conservatoire national des Arts et Métiers [n° 8]..... 284
Balayeuse automobile (Nouveau système de) [n° 9] 309
Catalyseurs [n° 11]..... 379
Chronométrage du travail humain [n° 9].. 302
Compteur enregistreur Lea Recorder [n° 11]. 399
Dynamomètre pour mesurer le travail humain [n° 9]..... 305
Efforts transmis par un rivet à une tôle (Répartition des) [n° 1]..... 41
Formules d'Euler (La) pour le calcul des pièces chargées debout et ses transformations, A. Nachtergal [n° 2]..... 71
Frein à air [n° 11]..... 389
Frottement (Le) dans les machines et le graissage, E. Gay [n° 12]..... 425
Graisseurs pour roues de locomotives [n° 2] 64
Machine à tirer les bleus à marche continue (Nouvelle), Maurice Leblanc [n° 9]. 317
Motocharrue, système Stock [n° 3]..... 97
Pendule d'inertie [n° 6]..... 206
Ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer (Fabrication et entretien des), P.-B. d'Arlatan [n° 7] 226
— — [n° 8] 260
Roulements sur billes et rouleaux [n° 12].. 430
Segments de pistons équilibrés [n° 7]..... 241
Tensions dans les enveloppes cylindriques entretoisées [n° 1]..... 41
Tensions dans une plaque percée de trous présentant des angles vifs ou bien fissurés [n° 1]..... 41
Torsiomètre à échelle visible [n° 12]..... 446

MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX

Acier (Contribution à l'étude de la cémentation de l') à l'aide de gaz [n° 11]..... 402
Acier au manganèse (Courbes de réchauffement et de refroidissement de l') [n° 8]. 285
Acier moulé (Fabrication de l') [n° 3]..... 108
— — [n° 5] 170
Acier moulé (Les appareils de fusion pour l') [n° 4]..... 141
Acier (Production de l') en France de 1903 à 1913 [n° 3]..... 112
— (Production de l') en France en 1912 [n° 4] 144
Alliages d'aluminium et de zinc (Les) [n° 7] 246
Alliages (Etude sur les changements de volume des) [n° 11]..... 406
Alliages de fer et de silicium (Sur la séparation du graphite dans les) [n° 3]..... 107
Alliages métalliques (Les théories des) et leurs applications industrielles [n° 7]... 247
Aluminium (La corrosion de l') [n° 8].... 285
Aluminium (Nickelage direct de l'). *Brev.* M. Chirade et J. Canac [n° 1]..... 47
Aluminium (Production et consommation de l') dans le monde en 1911-12 [n° 5]. 176

Digitized by Google

Pages.

Briquettes de fer (Emploi des) pour la fabrication de la fonte de qualite [n° 8].. 285
Câbles en cuivre et câbles en aluminium [n° 6] 203
Cémentation de l'acier à l'aide de gaz (Contribution à l'étude de la) [n° 11]..... 492
Chargeur pour haut-fourneau. *Brev.* Deutsche Maschinenfabrik A. G. [n° 7]..... 252
Cohésion intercristalline des métaux [n° 11]. 406
Coke (Production du) en France en 1912 [n° 4] 144
Combustion des gaz (Emploi de la) à la surface des corps incandescents dans les fonderies et les forges [n° 1]..... 41
Coulée en lingotières métalliques (Le coefficient d'écoulement et son importance dans la) [n° 5]..... 169
Cristallisation par la fatigue (Sur le fait dénommé :) [n° 11]..... 407
Cuivre (Les calchoïdes riches en) [n° 12]... 446
Cuivre (Dosage de l'oxygène dans le) et dans le laiton [n° 12]..... 447
Cuivre (Récupération des poussières des fours dans la métallurgie du) [n° 11].... 407
Cyanures (Electrolyse des solutions de) [n° 11] 407
Déformations dans les métaux soumis à des efforts (Distribution des) : cas du plissement, Lt-colonel HARTMANN [n° 3] 94
Dépôt électrolytique de divers métaux [n° 2] 77
Essai des métaux (Méthodes modernes d') [n° 10] 366
Fer électrolytique (Procédé de fabrication du). *Brev.* Societé Le Fer [n° 1]..... 47
Fer (Production du) en France de 1903 à 1913 [n° 3]..... 112
— (Production du) en France en 1912 [n° 4] 144
Fer (Les transformations allotropiques du) [n° 9] 327
Ferrosilicium (Préparation de la potasse et du) à partir du feldspath [n° 1]..... 32
Fonderie de l'acier en Espagne (La), spécialement au point de vue militaire [n° 4].. 142
Fonderie de cuivre (Le rôle des oxydants dans la) et leur emploi [n° 5]..... 169
Fonderies (Emploi de la poussière de charbon dans les) [n° 8]..... 285
Fonte (La) et l'acier dans la construction des machines électriques [n° 1]..... 42
Fonte et fonte malléable [n° 3]..... 107
Fonte (Influence des métalloïdes sur les propriétés de la) [n° 2]..... 77
Fonte malléable [n° 5]..... 170
Fontes de moulage (Classification numérique de), son insuffisance, classification chimique [n° 4]..... 141
Fonte (Production de la) en France de 1903 à 1913 [n° 3]..... 112
— (Production de la) en France en 1912 [n° 4] 144
Fonderies (Le travail et l'installation des), ainsi que des usines en Amérique [n° 3].. 108
Fours à acier sur tôles et fours de réchauffage [n° 10]..... 365
Four d'atelier pour traitements thermiques, J. IZART [n° 9]..... 321
Four pour le chauffage des lames de ressorts en acier [n° 8]..... 265
Fours métallurgiques (L'application du chauffage à l'huile lourde aux) [n° 4]... 141
Fours oscillants modernes (Les grands) [n° 9] 328
Fusion et coulée rationnelle dans la fonderie [n° 8]..... 266
Gaz de hauts-fourneaux et de fours à coke (L'utilisation des) en métallurgie [n° 10]. 364
Goudrons (La distillation des) dans la pratique métallurgique [n° 7]..... 246
Haut-fourneau électrique (Le), Paul NICOU [n° 4]..... 124
— — [n° 5] 157
Hauts-fourneaux (Utilisation de l'oxygène dans la pratique des) [n° 7]..... 246
Hauts-fourneaux (Fondation de) sur piliers en béton [n° 9]..... 328
Huile de goudron de charbon de terre (L'emploi d') dans les fonderies [n° 4]..... 142
Laminoirs à bouts de lames de ressorts [n° 8] 260

Pages.

Machine à mouler électrique [n° 8]..... 286
Machine à tréfiler à passes multiples et à tambour unique. *Brev.* Tréfileries et laminoirs du Havre [n° 7]..... 254
Métallurgie française (Les matières premières de la) [n° 12]..... 448
Métallurgie en Lorraine (La), G. SEPULCHRE [n° 12]..... 417
Minerais de fer arsénieux (Procédé pour rendre utilisable pour la fusion les). *Brev.* Cöln-Müsener Bergwerks-Actien-Verein [n° 3]..... 111
Moules durables (L'emploi de) dans les fonderies de fer et de bronze [n° 8]..... 286
Nickelage direct de l'aluminium. *Brev.* M. Chirade et J. Canac [n° 1]..... 47
Noyautage (La pratique américaine du) [n° 4] 140
Or (Le raffinage électrochimique de l') [n° 6] 206
Or (L') dans le département de l'Aude [n° 7] 248
Or (Le revenu de l') [n° 12]..... 447
Oxydants (Le rôle des) dans la fonderie de cuivre et leur emploi [n° 5]..... 169
Plomb (Electrolyse du) et du fer dans le sol [n° 12] 445
Projectiles de rupture (La fabrication des) [n° 9] 329
Raccords filetés pour jonctions de tuyaux [n° 4] 134
Sables de fonderie et leur traitement (Etude résumée sur les) [n° 3]..... 107
— — [n° 4] 140
Sable de fonderie (Régénération du). *Brev.* Poulson's Foundry Specialities Ltd [n° 1]. 47
Seringue-pistolet pour la fusion et la projection à l'état fondu de matières fusibles. *Brev.* Société de métallisation [n° 9]..... 334
Soufflage du vent sec (Economie dans le) [n° 2] 77
Transmissions (Fortes) par courroies pour laminoirs [n° 2]..... 73
Travail des métaux (Les machines-outils pour le) : construction des fraises et méthodes de fraisage, E. GAY [n° 10] 337
Trempe (La) dans les liquides chauds, L. GRENET [n° 7]..... 242
Tungstène-carbone (Le système) [n° 11]... 406
Water-jacket pour la fusion des pyrites [n° 7] 249
Zinc (Le traitement électrothermique des minerais de) [n° 11]..... 407

MINES ET CARRIÈRES

Accidents de grisou en France de 1904 à 1911 (Les) [n° 8]..... 288
Bourrage extérieur (Le) des coups de mines effectué en vue de lutter contre les poussières [n° 7]..... 248
Bourrage extérieur en poussières incombustibles (Les expériences de Frameries sur le) [n° 12]..... 439
Câbles métalliques (Emploi des vieux) pour renforcer les chapeaux des cadres de boisage [n° 2]..... 75
Câbles de mines (Réglementation des) [n° 10] 368
Combustibles minéraux (Production des) en France en 1911-12 [n° 5]..... 176
Couches en dressant (Exploitation d'un faisceau de) [n° 7]..... 249
Désenchalnage spontané (Le) des berlines [n° 1] 42
Exploitation des mines (Modification au règlement sur l') [n° 10]..... 368
Fer (Production des mines de) en France de 1903 à 1913 [n° 3]..... 112
Flottage (Procédés de préparation mécanique des minerais de) [n° 11]..... 407
Fonçage (Dispositif de) avec équilibre des barres par poids, ressort ou cylindre. *Brev.* E. Meyer [n° 1]..... 47
Fonçage par trousse coupante (Résultats obtenus avec le procédé de) [n° 4]..... 135
Gisements aurifères du département de l'Aude [n° 7]..... 248
Grisou (Gisement de dégagement du) [n° 11] 409
Haveuse à mouvements alternatif et rotatif combinés [n° 11]..... 404

Pages.

Houille noire (La) comparée à la houille blanche et à la houille verte [n° 3]..... 99
Houille (Production de la) en France en 1912 [n° 5]..... 176
Indicateur de grisou. *Brev.* Bruno-Donath [n° 5] 175
Lavage du charbon (Le contrôle du) [n° 10] 356
Mines des colonies françaises en 1912 (La production des) [n° 7]..... 256
Mines de fer en Lorraine française (Les) G. SEPULCHRE [n° 12]..... 417
Mines (L'industrie des) en Indo-Chine en 1912 [n° 9]..... 336
Minerais (Préparation mécanique des) par flottage [n° 11]..... 407
Pétrole (La production du) en 1912 [n° 6]. 208
Quartz (Origine et application du), J. ESCARD [n° 6]..... 184
Traction électrique (La) dans les mines [n° 2] 73

NAVIGATION ET GÉNIE MARITIME

(Voir aussi *Travaux publics et maritimes.*)

Architecture navale (Esquisse d'un nouveau chapitre d') [n° 2]..... 76
Attraction qui s'exerce entre deux navires en marche (Expériences sur l') [n° 5]... 168
Canal de Marseille au Rhône (Le) [n° 6] 183
— — [n° 7] 225
Canots automobiles dans la mer du Nord (Course de) [n° 39]..... 99
Cargo-mixte *France* (Le), L. GOUSET [n° 11]. 393
Cavitation (L'apparition du phénomène de) sur les hélices [n° 6]..... 204
Commande d'hélices de navires. *Brev.* Daimler-Motoren Ges. [n° 1]..... 45
Contrats (Les) dans la construction navale [n° 6] 204
Coque de navire avec division en cellules. *Brev.* E. Schaumann [n° 1]..... 45
Cuirassé *Jean-Bart* (Lancement du) [n° 1]. 33
Cuirassé *Jean-Bart* (Essais du) [n° 1]..... 34
Cuirassés (Nos) peuvent-ils naviguer? [n° 7] 232
Direction des navires modernes et des appareils de navigation aérienne (Le problème de la) [n° 4]..... 140
Efforts transmis par un rivet à une tôle (Répartition des) [n° 1]..... 41
Embarcation de sauvetage fermée [n° 7].. 233
Embrayages pour turbines de croisière [n° 5] 168
Ferry-boats (Les) [n° 6]..... 196
Formes des navires de commerce (Expériences méthodiques sur les) [n° 1]..... 41
Longueur d'arrêt (Détermination de la) d'un paquebot à roues en cas de renversement de marche en vitesse [n° 2]..... 76
Mines sous-marines (Les) et les navires mouilleurs de mines [n° 8]..... 276
Moteurs Diesel (Application des) aux navires de guerre, P. DUMANOIS [n° 8] 257
Moteurs marins Diesel-Carels [n° 12]..... 438
Navires porte-trains [n° 6]..... 196
Navires propulsés par turbines à engrenages (Essais de trois) [n° 5]..... 168
Navire à moteur *Suecia* (Performances du) [n° 5] 168
Pompe à cale centrifuge pour sous-marins. *Brev.* R. Weichardt [n° 1]..... 45
Port de Marseille (Les agrandissements du), [Pl. II] A. SABOURIN et F. DUBAR [n° 6] 177
Port de Saint-Nazaire (Le) [n° 7].... 218
Propulsion aérienne des bateaux sur les canaux [n° 9]..... 325
Propulsion électrique des navires [n° 12].. 433
Propulsion dans la marine à rames (Le problème de la) [n° 4]..... 140
Sécurité (La) à la mer [n° 5]..... 168
Sous-marin *Gustave-Zédé* (Lancement du) [n° 1] 34
Stabilité longitudinale des hydroplanes et hydro-aéroplanes [n° 1]..... 40
Superstructures (A propos des grandes) [n° 1] 40

Digitized by Google

Pages.
Systèmes d'énergie (Les) qui accompagnent le mouvement d'un corps dans l'air et dans l'eau [n° 1] 40
Tensions dans les enveloppes cylindriques entretoisées [n° 1] 41
Tensions dans une plaque percée de trous présentant des angles vifs ou bien fissurés [n° 1] 41
Torpilleur blindé semi-submersible [n° 9]. 316
Transmission (Les appareils de) pour la propulsion des navires et pour diverses applications à bord [n° 2] 49

PHYSIQUE APPLIQUÉE ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE

(Voir aussi *Aérodynamique, Electricité, Hydraulique et Mécanique.*)

Brûleurs pour gaz industriels, J. Izart [n° 3] 102
Calorimètre [n° 8] 282
Calorimètre. *Brev.* C. Féry [n° 11] 414
Chaleur (La transmission de la) entre un fluide en mouvement et une surface métallique, F. Leprince-Ringuet [n° 2] 54
Chaleurs perdues des moteurs à explosion (De l'utilisation des), G. Debesson [n° 7] 209
Chauffage au gaz (Récents progrès du) [n° 10] 361
Chauffage au gaz des fours de boulangerie [n° 6]. 203
Chauffage à l'huile lourde appliqué aux fours métallurgiques [n° 4] 141
Combustible (Economie de) et carbonisation à basse température [n° 10] 367
Combustion complète des gaz (Procédé et appareil pour l'observation de la). *Brev.* Société industrielle d'instruments de précision [n° 9] 335
Combustion des mélanges gazeux (Sur la) et les températures d'inflammation [n° 8]. 287
Combustion des mélanges gazeux (Sur la) et les retards à l'inflammation [n° 3] 108
Combustion sans flamme (La) [n° 7] 243
Combustion superficielle sans flamme [n° 4] 143
Corps X3 (Le) et l'évolution de l'hélium [n° 10] 367
Dessiccation frigorifique de l'air destiné à être liquéfié [n° 8] 287
Eclairage (La Commission internationale d'), P. Janet [n° 9] 321
Eclairage des voies publiques et des véhicules (Mode d') [n° 5] 171
Explosion d'un mélange d'air et de poussière de papier [n° 10] 359
Instruments d'optique en quartz [n° 6] 185
Lavage des fumées et des gaz (Appareil pour le). *Brev.* de Broadway [n° 9] 334
Lumière (Production de la) [n° 10] 363
Phonographes (La fabrication des pièces pour), E. Gay [n° 7] 236
Pouvoir calorifique (Le) des charbons, J. Izart [n° 8] 282
Pression de radiation (Méthode de mesure de la) au moyen d'une mince feuille de métal [n° 8] 287
Propagation de la flamme en arrière dans les mélanges combustibles gazeux (Moyen d'empêcher la). *Brev.* Boncourt Surface Combustion Ltd [n° 11] 414
Pyromètre optique [n° 3] 103
Radio-actifs (Les éléments) comme indicateurs [n° 10] 367
Résistance de l'air sur des sphères en chute [n° 10] 363
Téléphotographie (Les progrès récents de la) [n° 11] 495
Températures élevées (Sur la mesure des) [n° 3] 103
Températures (Le rôle des basses) dans l'industrie de la fixation de l'azote [n° 2] 78
Thermomètres en quartz [n° 6] 185
Tube de Pitot (Le) appliqué au gaz [n° 9]. 329
Vapeur (Nomogrammes de M. J. Eichhorn pour les propriétés de la) [n° 12] 440
Vibrations (Mesure des) au moyen d'un accéléromètre à maxima [n° 8] 284

RÉSISTANCE DES MATERIAUX

(Voir *Essais industriels.*)

STATISTIQUES

Accidents de chemins de fer (Statistique des) [*Supplément* au n° 7] II
Accidents de grisou en France de 1904 à 1911 (Les) [n° 8] 288
Acier (Production d') en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
Acier (Production d') en France en 1912 [n° 4] 144
Aluminium (Production et consommation de l') dans le monde en 1911-12 [n° 5]. 176
Chemins de fer dans les différents pays du monde (Recettes comparées de) [n° 2] 80
Chemins de fer anglais, allemands et français de 1906 à 1910 (Résultats financiers de l'exploitation des) [n° 6] 207
Coke (Production du) en France en 1912 [n° 4] 144
Combustibles minéraux (Production des) en France en 1912 [n° 5] 176
Fer (Production de) en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
— (Production de) en France en 1912 [n° 4]. 144
Fonte (Production de) en France de 1903 à 1913 [n° 3] 112
— (Production de) en France en 1912 [n° 4]. 144
Houille (Production de la) en France en 1912 [n° 5] 176
Industrie électrique française (La production de l') [n° 12] 448
Inspection des établissements classés dans le département de la Seine en 1912 [n° 9]. 336
Métallurgie française (Les matières premières de la) [n° 12] 448
Mines des colonies françaises en 1912 (La production des) [n° 7] 256
Mines de fer en Lorraine française (Production des) [n° 12] 417, 420
Mines (L'industrie des) en Indo-Chine en 1912 [n° 9] 336
Pétrole (La production du) en 1912 [n° 6]. 208
Ports de Marseille et de Gênes (Mouvements comparés des) [n° 6] 177
Port de Saint-Nazaire (Mouvement du) [n° 7] 219

TEINTURE ET IMPRESSION

Colorants tirés du goudron de houille [n° 4] 131

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE

Câbles en cuivre et câbles en aluminium [n° 6] 203
Câbles à haute tension (Appareil pour l'essai, après leur pose, des) [n° 4] 132
Câble téléphonique sous-marin du golfe de Géorgie [n° 9] 325
Circuit oscillant à onde unique [n° 5] 163
Circuit oscillant sans étincelle [n° 5] 165
Machine électrique à haute fréquence pour la télégraphie sans fil, G. Marlier [n° 1]. 37
Microgalvanomètre rapide à enregistrement photographique continu pour télégraphie sans fil [n° 4] 139
Montage d'émission pour poste radiotélégraphique avec variation rapide de la longueur d'onde. *Brev.* E. Girardeau [n° 5]. 173
Télégraphie sans fil (Les progrès récents de la) [n° 5] 163
Télégraphie sans fil (Sur une méthode permettant d'effectuer des essais réduits en) [n° 6] 203
Télégraphie sans fil. *Brev.* Dubilier [n° 9]. 332

TRAVAUX PUBLICS ET MARITIMES
CONSTRUCTION
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(Voir aussi *Hydraulique* et *Essais industriels.*)

Béton (Damage pneumatique du), H. Villetard [n° 12] 441
Béton armé (Influence de l'électricité sur le), G. Marlier [n° 1] 10
Béton (Fondation de hauts-fourneaux sur piliers en) [n° 9] 328
Canal de Marseille au Rhône (Le) [n° 6] 183
— — [n° 7] 225
Canaux rectilignes (Sur le tracé des profils en travers des), Doucet [n° 12] 422
Charpente pour sheds (Sur une nouvelle forme de) [n° 1] 42
Chaussées (Observations faites depuis 1908 sur les différentes causes d'usure et de détérioration des) [n° 7] 249
Gare de l'Est (Les nouveaux agrandissements de la), à Paris, L. Lachapelle [n° 10] 352
Gare du « New Grand Central Terminal » de New-York [n° 6] 194
Hydrofuges (De l'emploi des) dans les mortiers, M. de Chevroz [n° 3] 104
Macadam (Le) au goudron [n° 12] 442
Métropolitain de Paris (Les mesures d'hygiène et de sécurité appliquées dans les travaux du) et les conditions hygiéniques des lignes métropolitaines en exploitation [n° 12] 445
Pavage en bois [n° 6] 171
Pelle à vapeur (Conditions économiques du travail à la), H. Villetard [n° 10] 360
Pont en maçonnerie (Un nouveau type de) [n° 10] 362
Pont suspendu fixe, système Gisclard, établi sur la Luzège (Corrèze) [n° 4] 137
Ponts et ouvrages d'art (Types de revêtements pour) [n° 5] 171
Port de Marseille (Les agrandissements du). [Pl. II] A. Sabourin et F. Dubar [n° 6] 177
Port de Saint-Nazaire (Le) [n° 7] 218
Pylônes de la ligne de transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond [n° 1] 4
Revêtements (Types de) à adopter sur les ponts et ouvrages d'art [n° 5] 171
Routes (De la construction et de l'entretien des) : fonctions du pouvoir central et des autorités locales [n° 5] 171
Routes empierrées (Construction de) avec liants de matières goudronneuses, bitumineuses ou asphaltiques [n° 4] 143
Routes nouvelles (Projets de) [n° 4] 143
Routes (Réglementation de la circulation rapide ou lente sur les) [n° 4] 143
Routes (Budget de la construction et de l'entretien des); création de ressources [n° 7]. 249
Route empierrée en macadam au goudron [n° 12] 442
Rues (Projets de) nouvelles [n° 4] 143
Toitures (A propos de la pression du vent sur les) [n° 1] 43
Tunnel du Lœtschberg (Le chemin de fer des Alpes bernoises et le), J. Moret [n° 3] 87
Tunnel sous-marin (Le) entre la France et l'Angleterre, L. Lachapelle [n° 6] 198
Villes salubres (Les méthodes scientifiques pour la construction des) [n° 5] 171
Voies publiques et véhicules (Modes d'éclairage des) [n° 5] 171

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

Pages.

AMAR (Jules), Docteur ès-sciences : *L'organisation scientifique du travail humain et le Système Taylor* [n° 4].... 113
— — [n° 11] 386
ARLATAN (P.-B. d'), Ingénieur des arts et métiers : *Fabrication et entretien des ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer* [n° 7]..... 226
— — [n° 8] 260

BELLOM (Maurice), Ingénieur en chef au Corps des mines, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des mines : *Les habitations à bon marché : exemple pratique de l'application de la législation française* [n° 3]..... 90
— *La houille blanche, la houille noire, la houille verte au Congrès des Sociétés Savantes de Grenoble (mai 1913)* [n° 3] 99
— *Les actions de travail* [n° 6]..... 188
— *La semaine anglaise* [n° 11]..... 381
BERGERON (L.), Ingénieur : *Etude sur les pompes centrifuges* [n° 4]..... 118
BOURNAT (L.V.) : *Analyse systématique des brevets d'invention* [n° 1]..... 44
— — [n° 3] 109
— — [n° 5] 172
— — [n° 7] 250
— — [n° 9] 330
— — [n° 11] 410
BRUNSWICK (J.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Analyse systématique des brevets d'invention* [n° 9]..... 330
— — [n° 11] 410

CAPART (G.), Ingénieur électricien : *Les phénomènes de propagation d'onde et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques* [n° 9] 289
— — [n° 10] 344
CHEVROZ (M. de) : *De l'emploi des hydrofuges dans les mortiers* [n° 3]..... 104
COHENDY (E.), Professeur à la Faculté de droit de l'Université de Lyon : *Les Conventions de Washington pour la protection internationale de la propriété industrielle* [n° 5]..... 155

DEBESSON (G.) : *De l'utilisation des chaleurs perdues des moteurs à explosion* [n° 7]..... 209
DOUCET, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique : *Sur le tracé des profils en travers des canaux rectilignes* [n° 12] 422
DUBAR (F.) et SABOURIN (A.) : *Les agrandissements du port de Marseille* [n° 6] 177
DUMANOIS (Paul), Ingénieur de la marine : *Application des moteurs Diesel aux navires de guerre* [n° 8]..... 257

ESCARD (Jean) : *Propriétés et emplois industriels du quartz fondu transparent ou opaque* [n° 6]..... 184

FONTIGNY (Edouard) : *La machine à filer, caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du coton et de la laine* [n° 1]..... 19

Pages.

FREMONT (Ch.) : *A propos du système Taylor* [n° 9]..... 301
— — [n° 11] 386

GARNIER (A.-R.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Régulation automatique des machines à courant continu* [n° 7] 233
— *Sur l'emploi des transformateurs dans les réseaux de distribution* [n° 9] 318
GARNIER (A.-R.) et SYLVESTRE (V.) : *Les machines électriques et leurs applications industrielles* [Bibliothèque de *La Technique Moderne*, fascicule VI].
GAY (E) : *Relations entre la force motrice absorbée, la vitesse de coupe et la quantité de métal enlevé* [n° 2]... 69
— *La fabrication des pièces pour phonographes* [n° 7]..... 236
— *Les machines-outils modernes pour le travail des métaux : construction des fraises et méthodes de fraisage* [n° 10] 337
— *Le graissage et les graisseurs* [n° 12] 425
GOUSET (Louis) : *Le cargo mixte : France* [n° 11] 393
GRANDMOUGIN (E.), Professeur à l'Ecole supérieure de chimie de Mulhouse : *L'hydrogénation des huiles* [n° 11]... 375
— *L'industrie des cyanures alcalins* [n° 5] 151
GRANGER (Albert), Professeur à l'Ecole de céramique, chef des Laboratoires d'essais de la manufacture de Sèvres : *Le verre de quartz et les verres similaires* [n° 10]..... 341
GRENET L.), Ingénieur aux aciéries de Firminy : *La trempe dans les liquides chauds* [n° 7] 242

HARTMANN (Lt-colonel L.) : *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts; cas du plissement* [n° 3]..... 94

IMBERT (A.), Professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Montpellier : *A propos du système Taylor* [n° 11] 387
IZART (Julien), Ingénieur civil des mines : *Brûleurs pour gaz industriels* [n° 3] 102
— *Sur l'enregistrement et les mesures du débit de l'eau et des liquides* [n° 7] 235
— *Le pouvoir calorifique des charbons* [n° 8] 282
— *Four d'atelier pour traitements thermiques* [n° 9]..... 321

JANET (P.), Directeur de l'Ecole Supérieure d'électricité : *La Commission internationale d'éclairage* [n° 9]..... 321

LACHAPELLE (L.) : *Le tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre* [n° 6] 198
— *Les nouveaux agrandissements de la gare de l'Est à Paris* [n° 10]..... 352

Pages.

LAHY (J.-M.) : *La supériorité professionnelle chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique* [n° 11].. 388
LAINEL (Georges) : *Résultats financiers de l'exploitation des chemins de fer anglais, allemands et français de 1906 à 1910* [n° 6]..... 207
LEBLANC (Maurice) : *Nouvelle machine à tirer les bleus à marche continue* [n° 9] 317
LEPRINCE-RINGUET (P.), Ingénieur en chef au corps des mines : *La transmission de la chaleur entre un fluide en mouvement et une surface métallique* [n° 2] 54
LETOMBE (L.), Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures : *Introduction à l'enquête sur le fonctionnement des machines thermiques* [n° 11] 369
LÉVY (L.-Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Analyse systématique des brevets d'invention* [n° 1]..... 44
— — [n° 3] 109
— — [n° 5] 172
— — [n° 7] 250
— — [n° 9] 330
— — [n° 11] 410
— *Le canal de Marseille au Rhône* [n° 7] 225
LUMET (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Concours de pare-boue pour omnibus automobiles* [n° 3]..... 98

MARCHIS (L.), Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris : *Les dirigeables français les plus récents* [n° 5]..... 145
MARLIER (G.) : *Influence de l'électricité sur le béton armé* [n° 1]..... 10
— *Machine électrique à haute fréquence pour la télégraphie sans fil* [n° 1].... 37
MATIGNON (C.), Professeur au Collège de France : *La synthèse de l'ammoniaque à partir de l'azoture d'aluminium* [n° 3] 297
— *L'élianite, substance inattaquable par les acides* [n° 11]..... 392
MONTPELLIER (J.-A.) : *Nouveaux moteurs électriques* [n° 11]..... 396
— *Moteurs à courants triphasés complètement fermés* [n° 12]..... 434
MORET (J.), Ingénieur des constructions civiles : *Les chemins de fer des Alpes bernoises et le tunnel du Lœtschberg* [n° 3] 87
MOUTIER (Albert), Ingénieur-chef des Services techniques de l'exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord : *Les appareils de sécurité dans les chemins de fer.* [*Supplément* au n° 7].

NACHTERGAL (A.) : *La formule d'Euler et ses transformateurs* [n° 2]..... 71
NETTER (J.), ancien élève de l'Ecole Polytechnique : *Aiguillage système D. Beaudenon* [n° 7]..... 231

Digitized by Google

Pages.

NICOU (Paul), Ingénieur au Corps des mines : *Le haut-fourneau électrique* [n° 4] 123
— — [n° 5] 157

PILLAUD (H.), Ingénieur agronome : *La motocharrue système Stock* [n° 3]... 97
— *Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique* [n° 4]..... 130
— *Semoirs pour la culture en billons* [n° 7] 230
— *Le Concours et le congrès de motoculture de Soissons* [n° 8]..... 268
— *Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens* [n° 11]..... 391

REDARD (P.), Médecin en chef des chemins de fer de l'Etat : *Mesures à prendre pour la prévention des accidents dans les ateliers de chemins de fer* [n° 9] 320

Pages.

REDARD (P.) : *Des prompts secours dans les accidents de chemins de fer* [n° 11] 400
RIDET (J.), Elève-ingénieur des Ponts et Chaussées : *Nomogrammes de M. J. Eichlorn pour les propriétés de la vapeur* [n° 12]..... 440

SABOURIN (A.) : *Locomotives compound types « Consolidation » et « Décapod » de la Compagnie du Nord* [n° 5] 161
SABOURIN (A.) et F. DUBAR : *Les agrandissements du port de Marseille* [n° 6] 177
— *Locomotive Pacific n° 6001 de la Compagnie P.-L.-M.* [n° 9]..... 310
SÉPULCHRE (G.), Ingénieur civil des Mines : *Les mines de fer en Lorraine française* [n° 12]..... 417
SYLVESTRE (V.), Ingénieur des Arts et Métiers et de l'Institut Electrotechnique de Grenoble : *Le transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond* [n° 1]..... 1
SYLVESTRE (V.) : *Un problème intéressant sur le réglage de la tension de réseaux à courants alternatifs à haute tension* [n° 7]..... 214

VILLETARD (H.), Ingénieur des Arts et Manufactures : *Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du viaduc de Caronte* [n° 6] 202
— *Conditions économiques du travail à la pelle à vapeur* [n° 10]..... 360
— *Damage pneumatique du béton* [n° 12] 441

WITZ (Aimé), membre correspondant de l'Institut, doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille : *Les vingt ans du moteur Diesel* [n° 3]..... 86

TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE

Pages.

PLANCHE I. — Le transport d'énergie électrique à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond, ligne du Dauphiné-Centre [n° 1]..... 10

PLANCHE II. — Plan d'ensemble des ports de Marseille [n° 6]. 183

Digitized by Google

TABLE DES SOMMAIRES DU DEUXIÈME SEMESTRE DE 1913

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er JUILLET 1913

ELECTRICITE INDUSTRIELLE. — *Le Transport d'énergie à 60 000 volts de Grenoble à Saint-Chamond (Planche I)*, par V. SYLVESTRE (p. 1).

ESSAIS ET RESISTANCE DES MATERIAUX. — *Influence de l'électricité sur le béton armé*, par G. MARLIER (p. 10).

INDUSTRIE TEXTILE. — *Les Machines à filer, caractéristiques des renvideurs actuels pour la filature du coton et de la laine*, par EDOUARD FONTIGNY (p. 19).

CHRONIQUE. — Pont tournant à commande électrique des chemins de fer de l'Etat autrichien (p. 31). — Les automotrices à accumulateurs (p. 31). — A propos de la formation de l'azoture d'aluminium à partir de l'alumine, du charbon et de l'azote (p. 32). — Préparation de la potasse et du ferrosilicium à partir du feldspath (p. 32). — — Méthode iodométrique de dosage des persulfates (p. 32). — Lancement du cuirassé *Jean-Bart* (p. 33). — Essais du cuirassé *Jean-Bart* (p. 34). — Lancement du sous-marin *Gustave-Zédé* (p. 34). — Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation (p. 35). — Machine électrique à haute fréquence pour la télégraphie sans fil (p. 37). — Compteur pour la mesure du glissement des moteurs asynchrones (p. 39). — Utilisation d'une chute de 1 650 mètres (p. 39).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 40).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 44).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 48).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 JUILLET 1913

CONSTRUCTIONS NAVALES ET GENIE MARITIME. — *Les Appareils de transmission pour la propulsion des navires et pour diverses applications à bord*, par C. N. (p. 49).

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *La transmission de la chaleur entre un fluide en mouvement et une surface métallique*, par F. LEPRINCE-RINGUET, Ingénieur en chef au corps des Mines (p. 54).

CHEMINS DE FER. — *Arrosage des bandages et graissage des boudins des roues des locomotives*, par P. B. D'A. (p. 62).

CHRONIQUE. — Appareil système Podolsky et Strauss pour le relevage du matériel déraillé (p. 67). — Notes sur les conditions d'installation et d'entretien des transformateurs statiques à haute tension (p. 67). — Relations entre la force motrice absorbée, la vitesse de coupe et la quantité de métal enlevé (p. 69). — La formule d'Euler et ses transformations (p. 71). — Fortes transmissions par courroies pour laminoirs (p. 73). — La traction électrique dans les mines (p. 73). — Emploi des vieux câbles métalliques pour renforcer les chapeaux des cadres de boisage (p. 75).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 76).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Hygiène industrielle (p. 80). — Statistiques (p. 80).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er AOUT 1913

MACHINES THERMIQUES. — *Les vingt ans du Moteur Diesel*, par Aimé WITZ, Membre correspondant de l'Institut, Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille (p. 81).

CHEMINS DE FER. — *Le chemin de fer des Alpes Bernoises et le Tunnel du Lœtschberg*, par J. MORET, Ingénieur des Constructions civiles (p. 87).

ECONOMIE INDUSTRIELLE. — *Les Habitations à bon marché. Exemple pratique de l'application de la législation française*, par Maurice BELLOM, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines (p. 90).

ESSAIS ET RESISTANCE DES MATERIAUX. — *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts. Cas du plissement*, par le Lieutenant-Colonel L. HARTMANN (p. 94).

CHRONIQUE. — La motocharrue système Stock (p. 97). — Concours de pare-boue pour omnibus automobiles (p. 98). — Course de canots automobiles dans la mer du Nord (p. 99). — La houille blanche, la houille noire, la houille verte au Congrès des Sociétés savantes de Grenoble (p. 99). — Pompes à boulets à piston tubulaire (p. 102). — Brûleurs pour gaz industriels (p. 102). — Sur la mesure des températures élevées (p. 103). — De l'emploi des hydrofuges dans les mortiers (p. 104).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 105).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L. M. et E. G. (p. 109).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 112).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 AOUT 1913

ECONOMIE INDUSTRIELLE. — *L'organisation scientifique du travail humain*, par Jules AMAR, docteur ès-sciences (p. 113).

HYDRAULIQUE. — *Etude sur les pompes centrifuges*, par L. BERGERON (p. 118).

METALLURGIE. — *Le Haut-Fourneau électrique*, par Paul NICOU, Ingénieur au Corps des Mines (p. 124).

CHRONIQUE. — Elévateur d'eau à clapet et butoir pneumatique (p. 130). — Les progrès récents dans l'industrie du goudron de houille (p. 130). — Appareil pour l'essai, après leur pose, des câbles à haute tension (p. 132). — Mesure du débit d'une turbine hydraulique par la méthode chimique (p. 133). — Raccords filetés pour jonctions de tuyaux (p. 134). — Résultats obtenus avec le procédé de fonçage par trousse coupante (p. 135). — Pont suspendu fixe, système Gisclard, sur la Luzège (Corrèze) (p. 137).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 139).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 144).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er SEPTEMBRE 1913

AERONAUTIQUE. — *Les Dirigeables français les plus récents*, par L. MARCHIS, Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (p. 145).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'industrie des Cyanures alcalins*, par E. GRANDMOUGIN, Professeur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse (p. 151).

LEGISLATION INDUSTRIELLE. — *Les Conventions de Washington pour la Protection internationale de la Propriété industrielle*, par E. COHENDY, Professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Lyon (p. 155).

ELECTROMETALLURGIE. — *Le Haut-Fourneau électrique (suite et fin)*, par Paul NICOU, Ingénieur au Corps des Mines (p. 157).

CHRONIQUE. — Locomotives compound types « Consolidation » et « Décapod » de la Compagnie du Chemin de fer du Nord (p. 161). — Les progrès récents de la télégraphie sans fil (p. 163). — Nouveaux systèmes de pompes rotatives (p. 166).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 168).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 172).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 176).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 SEPTEMBRE 1913

TRAVAUX PUBLICS. — *Les agrandissements du Port de Marseille*, par A. SABOURIN et F. DUBAR (p. 177).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Propriétés et emplois industriels du Quartz fondu transparent ou opaque*, par Jean ESCARD (p. 184).

ECONOMIE INDUSTRIELLE. — *Les actions de travail*, par Maurice BELLOM, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur d'Economie industrielle à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines (p. 188).

CHRONIQUE. — Le « New Grand Central Terminal », de New-York (p. 194). — Les nouveaux produits pharmaceutiques arsenicaux (p. 195). — Navires porte-trains (p. 196). — Le tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre (p. 198). — Construction de la ligne du chemin de fer de Miramas à l'Estaque et du viaduc de Caronte (p. 202).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 203).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Questions économiques (p. 207). — Statistiques (p. 208).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er OCTOBRE 1913

MACHINES THERMIQUES. — *De l'utilisation des chaleurs perdues des Moteurs à explosion*, par G. DEBESSON (p. 209).

ELECTRICITE INDUSTRIELLE. — *Un problème intéressant sur le réglage de la tension de réseaux à courants alternatifs à haute-tension*, par V. SYLVESTRE (p. 214).

TRAVAUX PUBLICS. — *Le port de Saint-Nazaire*, par N., Ingénieur des Ponts et Chaussées (p. 218).

— *Le canal de Marseille au Rhône*, par Lucien-Georges LÉVY, Ingénieur des Arts et Manufactures (p. 225).

CHEMINS DE FER. — *Fabrication et entretien des ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer*, par P.-B. D'ARLATAN, Ingénieur des Arts et Métiers (p. 226). (*à suivre.*)

Digitized by Google

CHRONIQUE. — Semoirs pour la culture en billons (p. 230). — L'épreuve d'endurance militaire des automobiles de poids lourds en 1913 (p. 230). — Aiguillage système D. Beaudenon (p. 231). — Nouveaux appareils en silicium pour l'industrie chimique (p. 231). — Le nickelage en noir (p. 232). — Nos cuirassés peuvent-ils naviguer? (p. 232). — Embarcation de sauvetage fermée (p. 233). — Régulation automatique des machines à courant continu (p. 233). — Sur l'enregistrement et la mesure du débit de l'eau et des liquides (p. 235). — La fabrication des pièces pour phonographes (p. 236). — Chaudières à gaz d'échappement (p. 237). — Segments de pistons équilibrés (p. 241). — La trempe dans les liquides chauds (p. 242). — La combustion sans flamme (p. 243).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 245).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, L.-G. LÉVY, L.-M. et E.-G. (p. 250).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 256).

CONFERENCE DE « LA TECHNIQUE MODERNE » (*Supplément encarté dans le présent numéro*). — *Les appareils de sécurité dans les chemins de fer*, par M. Albert MOUTIER, Ingénieur, Chef des services techniques de l'Exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord, Professeur du Cours de Chemins de fer à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 OCTOBRE 1913

NAVIGATION ET GENIE MARITIME. — *Application des moteurs Diesel aux navires de guerre*, par Paul DUMANOIS, Ingénieur de la Marine (p. 257).

CHEMINS DE FER. — *Fabrication et entretien des ressorts à lames employés sur le matériel des chemins de fer (suite et fin)*, par P.-B. D'ARLATAN, Ingénieur des Arts et Métiers (p. 260).

AGRONOMIE. — *Le Concours et le Congrès de Motoculture de Soissons*, par H. PILLAUD, Ingénieur-Agronome (p. 268).

CHRONIQUE. — Dispositif d'accrochage pour aéroplanes (p. 275). — A propos de la recherche des huiles de graines dans l'huile d'olive au moyen de la réaction de Bellier (p. 275). — Les mines sous-marines et les navires mouilleurs de mines (p. 276). — Indicateur de synchronisme (p. 278). — Indicateur de courant de charge pour parafoudre électrolytique à aluminium (p. 279). — Recherches graphiques sur la formation des mélanges dans les moteurs à gaz (p. 279). — Le pouvoir calorique des charbons (p. 282).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 284).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 288).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er NOVEMBRE 1913

ELECTRICITE INDUSTRIELLE. — *Les phénomènes de propagation d'onde et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques*, par G. CAPART (p. 289). (*A suivre.*)

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La synthèse de l'ammoniaque à partir de l'azoture d'aluminium*, par C. MATIGNON, Professeur de chimie minérale au Collège de France (p. 297).

ECONOMIE INDUSTRIELLE. — *A propos du système Taylor*, par Ch. FREMONT (p. 301).

CHRONIQUE. — Nouveau système de balayeuse automobile (p. 309). — Résultats de la coupe Gordon-Bennet de 1913 (p. 309). — Locomotive « Pacific » n° 6001, de la Compagnie P.-L.-M. (p. 310). — Locomotive système Sulzer-Diesel (p. 314). — La synthèse industrielle de l'ammoniaque à partir de ses éléments (p. 315). — Torpilleur blindé semi-submersible (p. 316). — Nouvelle machine à tirer les bleus à marche continue (p. 317). — Sur l'emploi des transformateurs dans les réseaux de distribution (p. 318). — Enregistreurs de décharges (p. 319). — Des mesures à prendre pour la prévention des accidents dans les ateliers de chemins de fer (p. 320). — Fours d'atelier pour traitements thermiques (p. 321). — La Commission internationale d'éclairage (p. 321).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 323).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, J. BRUNSWICK, L.-M. et E.-G. (p. 330).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 336).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 NOVEMBRE 1913

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Les Machines-outils modernes pour le travail des métaux : Construction des fraises et méthodes de fraisage*, par E. GAY (p. 337).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Le verre de quartz et les verres similaires*, par Albert GRANGER, Professeur à l'École de céramique, Chef des laboratoires d'essais de la Manufacture de Sèvres (p. 341).

ELECTRICITE INDUSTRIELLE. — *Les phénomènes de propagation d'onde et les accidents caractéristiques qu'ils produisent dans les lignes électriques (suite et fin)*, par G. CAPART (p. 344).

CHRONIQUE. — Les nouveaux agrandissements de la Gare de l'Est, à Paris (p. 352). — Automotrice benzo-électrique (p. 355). — Une nouvelle méthode de dosage du tannin (p. 356). — Le contrôle du lavage du charbon (p. 356). — Explosion d'un mélange d'air et de poussière de papier (p. 359). — Conditions économiques du travail à la pelle à vapeur (p. 360). — Un nouveau type de pont en maçonnerie (p. 362).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 363).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation industrielles (p. 368).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1er DÉCEMBRE 1913

MACHINES THERMIQUES. — *Enquête sur le fonctionnement des machines thermiques*, par L. LETOMBE, Professeur du cours de machines thermiques à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures (p. 369).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *L'Hydrogénation des huiles*, par E. GRANDMOUGIN, Professeur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse (p. 375).

LEGISLATION INDUSTRIELLE. — *La semaine anglaise*, par Maurice BELLOM, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur d'Economie industrielle à l'Ecole nationale supérieure des Mines (p. 381).

ECONOMIE INDUSTRIELLE. — *A propos du système Taylor* (p. 386). — *La supériorité professionnelle chez les conducteurs de tramways dans ses rapports avec la consommation d'énergie électrique*, par J.-M. LAHY (p. 388).

CHRONIQUE. — Distributeur d'engrais sur cultivateurs canadiens (p. 391). — Le problème de l'électrification des chemins de fer fédéraux suisses (p. 391). — L'Elianite, substance inattaquable par les acides (p. 392). — Le cargo mixte *France* (p. 393). — Nouveaux moteurs électriques (p. 396). — Le compteur enregistreur « Lea Recorder » (p. 399). — Des prompts secours dans les accidents de chemins de fer (p. 400). — Robinet de jauge de niveau d'eau pour chaudières (p. 402). — Le moteur à pétrole système Williamson, à 2 temps, à cylindre oscillant (p. 402). — Contribution à l'étude de la cémentation de l'acier à l'aide de gaz (p. 402). — Haveuse à mouvements alternatif et rotatif combinés (p. 404).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 405).

Analyse systématique des brevets d'invention, par L.-V. BOURNAT, J. BRUNSWICK, L.-M. et E.-G. (p. 410).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Législation et réglementation industrielles (p. 416).

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 15 DÉCEMBRE 1913

MINES. — *Les mines de fer en Lorraine française*, par G. SEPULCHRE, ingénieur des Mines (p. 417).

TRAVAUX PUBLICS. — *Sur le tracé des profils en travers des canaux rectilignes*, par E. DOUCET, ancien élève de l'Ecole polytechnique (p. 422).

MACHINES-OUTILS ET OUTILLAGE. — *Le graissage et les graisseurs*, par E. GAY (p. 425).

CHRONIQUE. — Etat actuel de la question de la répétition des signaux sur les locomotives (p. 433). — La propulsion électrique des navires (p. 433). — Nouveaux moteurs électriques (p. 434). — Lampes à filament de tungstène à haut rendement (p. 435). — Scies circulaires à coupe extra-rapide à froid (p. 436). — Les moteurs système Diesel Carels (p. 438). — Les expériences de Frameries sur le bourrage extérieur en poussières incombustibles (p. 439). — Nomogrammes de M. J. Eichhorn, pour les propriétés de la vapeur (p. 440). — Damage pneumatique du béton (p. 441). — Le macadam au goudron (p. 442).

Notes et travaux des Sociétés scientifiques et industrielles (p. 443).

DOCUMENTS ET INFORMATIONS. — Statistiques (p. 448).

AUXERRE. — IMP. « LA BOURGOGNE ».

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VI, N° 4, 15 Février 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

LES ALLIAGES DU CUIVRE ET LEURS RÉCENTS PROGRÈS

CONFÉRENCE FAITE LE JEUDI 12 DÉCEMBRE 1912

Par M. Léon GUILLET

Professeur de Métallurgie au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Sous la présidence de M. HENRY LE CHATELIER, *Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, Professeur à la Sorbonne et à l'École nationale supérieure des Mines.*

Avant-propos.

Le cuivre joue dans la civilisation un rôle primordial et si, par le tonnage et par le nombre et l'importance de ses usines, sa métallurgie ne peut être comparée à la sidérurgie, sa valeur le met particulièrement en relief. Enfin, parmi les métaux courants, il est celui dont les fluctuations de cours sont les plus étendues, et c'est pour lui l'un de ses plus beaux titres de gloire que d'appartenir plus peut-être au monde de la spéculation qu'à celui de l'industrie.

Pour fixer les idées, rappelons à ce sujet quelques chiffres importants (Tableau I) :

Il n'est pas inutile de rappeler les propriétés qui ont rendu le cuivre un métal de première nécessité : sa haute conductibilité électrique en a fait, jusqu'à ces dernières années, le métal par excellence pour le transport des courants ; mais il est, comme on sait, assez fortement concurrencé dans cette voie par l'aluminium.

D'autre part, le cuivre se travaille très aisément à chaud et à froid, il se lamine, s'étire, s'emboutit, se tréfile avec la plus grande facilité et, ainsi travaillé, il présente des caractéristiques mécaniques assez intéressantes.

A l'état recuit : $R = 22$ kg, $A\,\% = 35$ à 55.

A l'état écroui au maximum : $R = 55$ kg, $A\,\% = 1$ à 0.

Tableau I. — Production, consommation et variations de cours du Cuivre.

	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
Production mondiale (cuivre brut) en t de 1 000 kg.	499.000	535.000	553.300	591.000	648.000	694.000	743.000	703.000	745.000	844.100	866.000
Consommation mondiale en t de 1 000 kg	512.700	494.200	582.500	586.700	622.400	727.400	727.600	653.300	698.300	782.800	895.000
Cours moyen à Londres, la t de 1 016 kg en £	72.12.6	66.19.8	52.11.5	58.3.2	59.0.6	69.12.0	87.8.6	87.1.8	60.0.6	58.17.3	57.3.0

De 1900 à 1910, cours le plus élevé : 282 (1907) les 100 kg ; cours le plus bas, 113 (1902). Différence : 169 fr.

En 1907, cours le plus élevé : 282 fr ; cours le plus bas : 136 fr. Différence : 146 fr.

Détails de la production et de la consommation en 1910.

	Production en t de 1 000 kg	Consommation en t de 1 000 kg
Etats-Unis	527.000	339.000
Amérique centrale / Amérique du Sud	80.000	3.000
Angleterre	71.000	146.000
Japon	50.000	»
Australie	37.000	»
Allemagne	34.900	200.000
Russie	22.600	28.000
Canada	13.500	»
France	12.900	85.900
Italie	2.500	23.000
Autriche-Hongrie	2.300	33.000
Belgique	»	33.000

D'autre part, il résiste bien aux températures élevées. D'après les recherches de M. André Le Chatelier, sa résistance obéit jusqu'à 200° à la loi suivante : $R = 21 - 0{,}025\,t$,

t étant la température.

Enfin, sa coloration rosée, jointe à sa grande malléabilité, le fait employer dans la fausse bijouterie et dans la fabrication des articles de Paris.

Toutefois, le cuivre présente des inconvénients :

Tout d'abord, il ne se moule qu'avec des difficultés extraordinaires, presque insurmontables. Cependant, on vient d'indiquer (1) un procédé qui, conduisant à une désoxydation complète, permettrait l'obtention de pièces parfaitement saines : il consiste à faire agir le sous-oxyde de bore. Toutefois, cette méthode diminue très sensiblement la conductibilité du cuivre.

D'autre part, son prix élevé en prohibe l'emploi pour de nombreux usages. Enfin, ses propriétés mécaniques sont évidemment intéressantes, mais sa résistance est faible. Voici comment

1) *Engineering News*, 18 juillet 1912.

Digitized by Google

on peut la situer parmi les résistances et allongements de métaux purs :

Résistances et allongements (essai de traction) des métaux purs.

	R	A °/₀		R	A °/₀
Nickel	50	40	Argent	12	?
Fer (électrolytique)	30	40	Or	11	30
Platine	25	10	Etain	8	?
Cuivre	22	50	Zinc	6	?
Aluminium	12	30	Plomb	3	?

Pour certains métaux, les allongements sont fonction, dans des proportions extraordinaires, de la vitesse de traction, notamment pour le zinc.

Le cuivre n'a donc, en lui-même, qu'un champ de débouchés relativement restreint. Mais, si l'on considère ses alliages, le champ s'élargit considérablement et l'on peut même dire, qu'à l'heure actuelle, il prend une importance toute particulière. Telle est, d'ailleurs, la question que je me propose d'étudier, tant au point de vue pratique que théorique.

Après avoir rappelé les alliages de cuivre qui ont un intérêt industriel réel, j'examinerai les formes sous lesquelles on les emploie et les progrès récents des appareils qui permettent de les obtenir.

Puis, me basant sur l'étude théorique des alliages, je montrerai toute l'analogie qui existe dans la constitution et dans les traitements des alliages de cuivre.

Enfin, je chercherai à tirer de cette étude théorique des conclusions pratiques en prouvant que, sous l'influence de ces recherches, le champ d'investigation se referme de plus en plus et que la science, là encore, en apportant de la méthode, a rendu service à l'industrie.

Alliages de cuivre industriels.

Les alliages de cuivre qui trouvent d'importants débouchés dans l'industrie sont, suivant l'importance de leur production :

1° Les laitons, alliages de cuivre et de zinc, que l'on emploie soit à l'état de pièces moulées, soit en produits laminés (barres et planches), étirés (barres), tréfilés (fils), emboutis (cartouches) ;

2° Les bronzes, alliages de cuivre et d'étain que l'on utilise surtout à l'état de moulages, mais qui, cependant, comme nous le verrons plus loin, peuvent, dans certaines conditions, se laminer, se tréfiler, etc. ;

3° Les alliages de cuivre et de nickel et ceux de cuivre, de nickel et de zinc, dont la couleur et la malléabilité font le principal succès ;

4° Les bronzes d'aluminium, alliages de cuivre et d'aluminium, qui se forgent aisément et se coulent, non toutefois sans de grandes difficultés.

Ces catégories d'alliages comportent des produits plus complexes, dits spéciaux, qui sont obtenus en ajoutant des corps qui peuvent modifier leurs propriétés et étendre leurs emplois, dans des proportions extraordinaires, ainsi que nous l'indiquerons en détails plus loin. Ils sont moins développés pour les alliages cuivre-nickel ; nous citerons toutefois ultérieurement un exemple très frappant.

Enfin, il ne faut point oublier quelques produits dont les débouchés ne sont pas négligeables :

5° Les alliages cuivre-silicium, employés surtout à l'état de fils ;

6° Les alliages cuivre-manganèse utilisés surtout sous forme de barres pour entretoises de foyers de chaudières ;

7° Les alliages cuivre-arsenic, qui tendent à se substituer au cuivre pur, là surtout où il doit y avoir résistance à température élevée. Nous ne parlons pas ici des alliages qui servent de matières d'apport, tels que le cupro-silicium, le cupro-manganèse, le phosphure de cuivre, etc. D'autres enfin sont sur le point d'entrer dans l'industrie : citons spécialement le cupro-vanadium, dont la préparation industrielle présente de grandes difficultés.

D'aucuns n'ont pu encore être obtenus : les alliages de cuivre et de chrome, de cuivre et de tungstène.

Les alliages de cuivre se trouvent en somme dans le commerce sous deux formes courantes : les produits moulés, les produits laminés qui, souvent, plus souvent même qu'en sidérurgie, sont étirés, tréfilés, dressés.

Je ne veux point décrire ici tous les progrès qu'ont fait ces diverses opérations au cours de ces dernières années. Je voudrais cependant attirer l'attention sur deux points de la plus haute importance :

1° Les tendances techniques des industriels qui s'occupent de la fusion des alliages de cuivre ;

2° Les progrès réalisés dans le travail à chaud de ces mêmes produits.

Progrès dans la construction des fours de fusion.

La fusion d'un alliage de cuivre présente quelques caractéristiques intéressantes :

La température de fusion n'est pas très élevée : elle varie le plus généralement entre 950 et 1 150° (exceptions pour certains alliages de nickel). Si l'on admet que l'alliage, pendant l'opération, ne doit pas dépasser une température supérieure de 100 à 150° à son point de fusion, on voit qu'il n'y a pas lieu de recourir à un four très compliqué.

L'oxydabilité du cuivre et de ses alliages est un point des plus importants, non seulement au point de vue des pertes, qui augmentent le prix de revient, mais surtout pour les scories, qui peuvent rester dans le métal et en diminuer singulièrement la valeur. Il faut rappeler en effet que l'oxyde de cuivre, soluble dans le cuivre fondu, y reste isolé, ce qui crée une discontinuité des cristaux.

Voici d'ailleurs les résultats très récents (Congrès des méthodes d'essais de New-York) obtenus par M. Baucke sur éprouvettes entaillées (éprouvettes Frémont).

	Valeurs de la résilience	
	en long	en travers
Cuivre exempt d'oxygène. . . .	28 à 30 kgm	26 à 28 kgm
Cuivre contenant Cu^2O. . . .	8 à 14 kgm	3 à 10 kgm

D'autre part, dans les bronzes, d'après Heyn et Bauer, l'oxydation produit de l'oxyde d'étain SnO^2, qui reste également isolé dans la masse métallique.

On est moins fixé sur l'influence de l'oxydation sur les laitons, parce que le zinc doit jouer là, du moins en grande partie, le rôle de réducteur ; d'ailleurs, nous n'avons jamais trouvé d'oxyde interposé dans les alliages de cuivre et de zinc, et il est bien probable qu'il n'en existe pas dans les laitons à cartouches qui donnent, dans le travail d'emboutissage, qu'ils subissent, des résultats remarquables. Cela doit résulter, non seulement du rôle réducteur du zinc, mais aussi de la séparation aisée du ZnO, formé qui est, de plus, volatil. Il faut d'ailleurs bien noter que, dans les laitons spéciaux, on introduit toujours des réducteurs énergiques, aluminium, silicium, sans parler du manganèse, dont le rôle de réducteur dans la métallurgie du cuivre est douteux.

Ce grave inconvénient de l'oxydation dans le cuivre et dans les bronzes se retrouve avec plus d'acuité dans les bronzes d'aluminium, qui sont de ce fait très difficiles à obtenir sains, car l'alumine qui constitue, en l'occurrence, la scorie, l'alumine s'élimine difficilement.

On combat en général l'influence de cette oxydation par une addition faite au moment de la coulée : nous avons déjà indiqué que, pour le cuivre, on utilisait depuis peu le sous-oxyde de bore. Il est inutile d'insister sur le rôle des phosphures de

Digitized by Google

cuivre et d'étain qui est bien connu, sur le silicium et sur le magnésium qui est encore peu usité.

Enfin la question des pertes joue évidemment un rôle très important dans le prix de revient de fonderie.

On conçoit aisément que les coefficients de première importance (température, oxydation, pertes), soient fonction, non seulement de la composition de l'alliage, de la valeur et de la forme des matières premières, mais aussi du four utilisé.

Trois points ont attiré l'attention de ceux qui, au cours de ces dernières années, ont étudié les fours utilisés dans les fonderies de cuivre : l'économie de combustible ; la facilité de manipulation ; les pertes à la fusion.

Notons de suite que, malgré le nombre extraordinaire des nouveaux fours proposés, le type dit four à creuset à tirage naturel est toujours très utilisé. Il est chauffé au coke de fonderie, et, si sa dépense en combustible est élevée, du moins les pertes qu'il occasionne, l'oxydation qu'il entraîne sont-elles minima.

Mais on peut s'étonner que des essais plus fréquents, plus suivis, n'aient pas été faits dans la voie du chauffage au gaz. Pour ma part, je ne connais, en Europe qu'un nombre très restreint d'usines utilisant des fours à gazogène. A noter cependant le four de la Monnaie de Berlin. On doit remarquer de plus, qu'en matière de fonderie de cuivre, la récupération de la chaleur, négligée le plus souvent de façon complète, est en tout cas extraordinairement simplifiée ; on n'utilise nulle part de véritables récupérateurs sans inversion, comme on le fait pour des opérations où la température n'est pas plus élevée, par exemple la cémentation. On a pu être arrêté dans cette voie par les poussières qui sont abondantes et jouent un rôle important, surtout dans le cas des laitons ; mais on pourrait utiliser des chambres assez spacieuses, comme celles que l'on emploie maintenant dans les fours d'affinage du cuivre chauffés au gaz (1).

Nous avons eu l'occasion d'étudier de près le fonctionnement de quelques-uns des nouveaux fours et voici les résultats obtenus (Tableau II).

Nous attirons l'attention sur la durée des creusets qui est un point capital pour le prix de revient. On sait que les creusets dits en plombagine sont les plus utilisés en fonderie de cuivre ; quelquefois, cependant, on emploie le creuset de terre réfractaire. Le creuset de plombagine peut contenir 20 °/₀ à 70 °/₀ de graphite ; d'ailleurs sa durée n'est pas seulement fonction de sa composition chimique, mais bien aussi des soins apportés dans sa fabrication (mélange, dessiccation surtout, etc.). Quoi qu'il en soit, on peut craindre de doubler aisément ce facteur important du prix de revient, en le choisissant mal.

En moyenne, on peut admettre qu'un bon creuset fait 50 coulées avec le laiton, et 30 coulées seulement avec le bronze.

Il est bien évident que le mode de construction du four utilisé a une influence considérable sur la qualité du métal ; c'est ainsi qu'il nous a été impossible de préparer, dans certains fours, des coussinets en bronze à haute teneur en plomb (30 °/₀) normalement sains.

En résumé, ces dernières années ont vu naître d'importants perfectionnements dans les fours de fonderie ; mais il semble que le progrès le plus important, à savoir le chauffage par le gaz avec récupération, soit encore à réaliser.

Progrès dans le travail a chaud.

On sait que les alliages de cuivre se laminent les uns à froid, les autres à chaud ; nous verrons plus loin la relation qui existe entre leur constitution et leurs propriétés mécaniques. Nous n'avons pas l'intention de nous arrêter sur la question des progrès réalisés dans le laminage ; ce sont des questions d'ordre général et en cela les alliages de cuivre n'ont fait que profiter, sur une faible échelle d'ailleurs, des progrès faits en sidérurgie ; qu'il suffise de rappeler la commande électrique des trains, les passages automatiques de cannelures, l'emploi des bobineurs automatiques, etc.

D'ailleurs, le laminage du cuivre et de ses alliages diffère essentiellement du laminage des produits sidérurgiques, et il paraîtra peut-être intéressant de faire ressortir ces caractéristiques :

Température de laminage pour le laiton : 800° à 650° au lieu de 1 200° à 750° ;

Dégrossissage en ronds et non en ogives ;

Diamètre minimum à la sortie du train : 8 mm au lieu de 5 mm ;

Réchauffage entre le dégrossisseur et le finisseur ;

Emploi de vitesses moindres que pour l'acier ;

Emploi de lingots beaucoup moins importants que pour l'acier.

Il paraît bon de rappeler que, dans le travail à chaud, il existe deux méthodes très intéressantes qui prennent toutes deux chaque jour plus d'importance ; l'une, déjà ancienne, mais qui s'est bien modifiée, l'autre beaucoup plus récente : nous voulons parler des deux procédés Dick et Franck.

Le procédé Dick consiste dans la compression, à travers une filière, d'un métal susceptible de se travailler à chaud. A l'origine, le métal était déversé à l'état liquide dans un cylindre où, après refroidissement, il était comprimé par un piston hydraulique, pendant qu'il présentait la bonne température de travail, l'autre face du cylindre étant terminée par la filière à travers laquelle le produit sortait. Actuellement, on ne coule plus l'alliage dans le cylindre de la presse ; on prépare des lingots analogues à ceux que l'on utilise pour le laminage, on les réchauffe, on les place dans le cylindre et on comprime.

Le procédé Franck, que nous avons vu fonctionner, il y a déjà quelques années à Francfort, et cela bien avant son utilisation en France, était essentiellement basé sur les travaux de Tresca sur l'écoulement des métaux à froid. On peut dire qu'il était caracté-

Tableau II. — Résultats obtenus pour un alliage fondu : 88 × 10 × 2 (Bronze marine).

Genre de fours	Poids de la charge en kg	Durée normale d'une fusion	Creuset ou garnissage : Poids (en kg) de métal pouvant être fondu avant usure	Creuset ou garnissage : Prix de l'unité	Combustible : Genre	Combustible : Consommation	Combustible : Prix de la tonne	Combustible : Aux 100 kg	Pertes de fusion lingots	Prix de la main-d'œuvre pour manœuvres à la coulée : Usines de Paris	Prix de la main-d'œuvre pour manœuvres à la coulée : Aux 100 kg
				frs		kg	fr				
Fours Potager non soufflés . .	50	1 h	1 500	15	Coke.	45	41	1,84	2 °/₀	1 ouvrier à 1 fr 05	1,10
Rousseau à gazogène mobile .	200	1h 10m	5 500 / 8 100 suivant qualité	45	40 1 2 gras. / 60 coke.	20	39	0,76	2 °/₀	1 ouvrier à 0 fr 95 / 1 ouvrier à 1 fr 05	0,60
Charlier.	300	1h 40m	21 500 (briques réfractaires	50	Huile lourde.	15	100	1,50	4 °/₀	1 ouvrier à 0 fr 95 de l'heure . . .	0,69

(1) Ici le conférencier donne notamment les descriptions de fours récents : Rousseau, Charlier, Morgan.

Digitized by Google

risé par la forme des filières qui avait pour but de faciliter cet écoulement de la matière et par un frettage extrêmement prononcé de la filière. Mais, du moins, à l'usine française, qui a utilisé ce procédé, on paraît avoir renoncé à faire passer le métal à froid (évidemment sa température s'échauffe toujours dans le travail); on le chauffe avant de le placer dans le cylindre. Il n'y a donc plus de différence entre les procédés Dick et Franck que dans l'outillage.

Une question toute nouvelle, et qui prend actuellement une importance chaque jour croissante, est celle du matriçage des alliages de cuivre : *a priori*, ces produits se forgeant doivent se matricer. Cependant, lorsque l'échelle des températures qui correspond à la possibilité du forgeage est relativement étroite; comme dans les laitons, la difficulté pratique augmente considérablement; de plus, si la plasticité n'est pas très grande, l'usure des matrices peut devenir importante.

Le bronze d'aluminium à 90 % de cuivre, qui présente une zone de forgeabilité beaucoup plus grande (650° à 1000° environ), n'a pas les mêmes inconvénients que le laiton et il se prête admirablement au matriçage; mais son prix, toujours élevé, de par sa composition et ses difficultés réelles de fabrication, ne le rend applicable que dans certains cas.

Quant au travail à froid, il n'a guère fait de progrès au point de vue du laminage et de l'étirage. La tréfilerie a cherché, par de nombreux moyens, à améliorer ses prix de revient; les machines à tréfiler multiples et la fabrication du fil par escargotage sont les perfectionnements les plus importants sur lesquels nous ne pouvons insister ici.

Étude théorique des alliages de cuivre.

Nous voudrions montrer maintenant l'importance industrielle des études qui ont été faites sur les alliages du cuivre.

Pour cela, il nous semble indispensable de rappeler quelques notions. Alors que les métaux purs fondent à température constante, il en est rarement ainsi pour les alliages. Ceux-ci commencent généralement à fondre à une certaine température et finissent de fondre à une température parfois très différente de la première.

En joignant ensemble les différents points de fin de fusion pour les divers alliages de deux métaux, on obtient le *liquidus*; en faisant de même pour les points de commencement de fusion, on a le *solidus*. Donc, au-dessus du liquidus, tout alliage est entièrement à l'état liquide; au-dessous du solidus, il est entièrement à l'état solide; mais entre le solidus et le liquidus, il est partie solide, partie liquide. Les courbes *liquidus* et *solidus* ont un très gros intérêt industriel; en effet, il existe une relation étroite entre les formes de ces courbes et la constitution des alliages d'une part, entre la constitution et les propriétés mécaniques et le mode de travail, d'autre part.

Lorsque l'on considère un alliage formé de deux métaux miscibles à l'état liquide et qu'on le laisse refroidir, il peut donner en se solidifiant différentes constitutions :

Les métaux peuvent rester juxtaposés, en conservant leur personnalité. — Les métaux peuvent rester dissous l'un dans l'autre et former une solution solide. — Les métaux peuvent se combiner.

Si, au lieu de considérer un alliage déterminé, on fait varier la composition, on peut avoir des variations nombreuses de constitution, qui pourront être indiquées par les formes du liquidus et du solidus; trois cas sont particulièrement à retenir :

1° Si le liquidus et le solidus sont formés l'un et l'autre d'une seule courbe, les métaux forment une solution solide unique et les propriétés varient progressivement de l'un à l'autre;

2° Lorsque le liquidus est formé de deux courbes se rejoignant en un point bas, les deux branches étant placées du même côté de l'horizontale, et lorsque le solidus comporte une partie horizontale passant par ce point bas, il y a ce que l'on nomme un eutectique. Tout eutectique est formé de lamelles alternantes des deux constituants, qui se séparent suivant les deux branches du liquidus, et la proportion d'eutectique dans un alliage quelconque est d'autant plus grande que l'on est plus près du point bas, du moins pour les alliages dont le solidus est sur l'horizontale les autres forment une solution solide);

3° Enfin, lorsque le liquidus présente un maximum, il y a combinaison si le solidus (qui passe toujours par le maximum) est vertical.

Jusqu'ici, nous avons raisonné sur des alliages qui, après solidification, ont une constitution constante, quelle que soit la température au-dessous du solidus.

Il est loin d'en être toujours ainsi, et il arrive souvent que, pendant le refroidissement, tout en gardant l'état solide, l'alliage subisse de véritables réactions qui transforment sa constitution et qui sont décelées par l'arrêt du thermomètre, voire même par un dégagement de chaleur.

Ces points de transformation, qui ont la plus grande importance, servent en effet de base à la théorie de la trempe; cette opération consiste, ainsi que tout le monde le sait, à chauffer le métal à une température déterminée et à le refroidir brusquement, en l'immergeant dans un liquide ou dans un gaz; cette chute brusque de température a pour effet de maintenir, du moins partiellement, à la température ordinaire, l'état stable à température élevée. Il est évident que pour qu'il y ait trempe, c'est-à-dire changement dans les propriétés, — je ne dis pas seulement dans la dureté, — il faut qu'il y ait changement de constitution et par conséquent que l'état à température élevée ne soit pas le même qu'à température ordinaire. Il faut donc qu'il y ait point de transformation, et la première condition pour qu'il y ait trempe est que la température de chauffage soit supérieure au point de transformation.

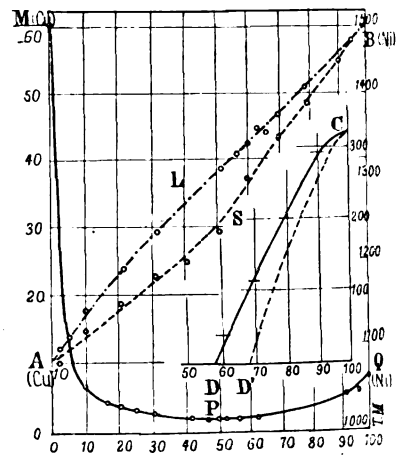


Fig. 1. — Diagramme des alliages Cuivre-Nickel. Solution solide unique.

A L B, Liquidus; A S B, Solidus; M P Q. Conductibilité électrique; C D, Points de transformation magnétique à l'échauffement; C D', Points de transformation magnétique au refroidissement.

Donc, un alliage après solidification peut présenter des points de transformation et les lignes, formées par ces points, peuvent affecter toutes les formes du liquidus et du solidus et permettre les mêmes raisonnements.

Retenons particulièrement la forme de l'eutectique. Pour distinguer ce qui se passe pendant ou après solidification, on a donné le nom eutectoïde au cas de cette transformation dans le métal solide, les lignes présentant la même forme que pour l'eutectique.

Ceci dit, voyons, d'après les travaux les plus récents, la constitution des principaux alliages de cuivre industriels en allant du simple au complexe.

Les alliages de cuivre et de nickel sont formés d'une seule solution solide (fig. 1). L et S donnent les liquides et solides.

Les alliages riches en nickel sont magnétiques à la température ordinaire; les courbes CD et C'D' donnent la variation des points de transformation avec la composition de l'alliage.

Les alliages cuivre-manganèse sont encore discutés. Il semble bien cependant qu'il n'existe qu'une solution solide.

Digitized by Google

Examinons maintenant les alliages de cuivre et de zinc, d'après les recherches les plus récentes, celles de Carpenter et Edwards. On voit que les laitons jusqu'à 64 °/₀ de cuivre sont formés d'une seule solution solide, que de 64 °/₀ à 53, ils sont formés d'un eutectoïde entourant les cristaux de α; à température élevée, on voit un constituant β.

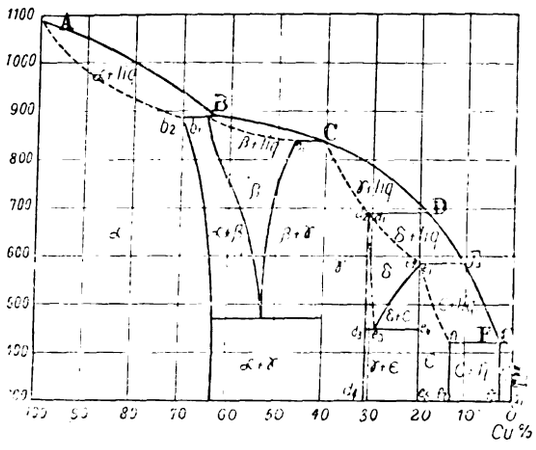


Fig. 2. — Diagramme des alliages Cuivre-Zinc.

α. Solution solide renfermant de 100 à 63 °/₀ Cu ;
β. — stable à température élevée ;
γ. — renfermant de 32 à 40 °/₀ Cu ;
δ. — existant à température élevée ;
ε. — renfermant de 13 à 19 °/₀ ;
η. — très riche en zinc.

Mais cette température n'est que de 475°. De telle sorte que, industriellement parlant, le refroidissement est toujours trop brusque pour que la transformation se fasse complètement et l'on trouve du constituant β (fig. 2).

On peut donc dire que, tout comme certains aciers spéciaux, quelques laitons sont des produits quasi trempés.

Notons de suite que ces laitons sont forgeables à chaud.

Examinons maintenant les bronzes ; nous trouvons tout d'abord une solution solide α jusqu'à 12 °/₀ d'étain, puis un constituant δ qui entre dans un eutectique (fig. 3).

Il y a donc une analogie complète avec les laitons. Mais ici la trempe à l'air se fait moins bien ; le constituant qui existe à température élevée n'existe pas dans les bronzes industriels.

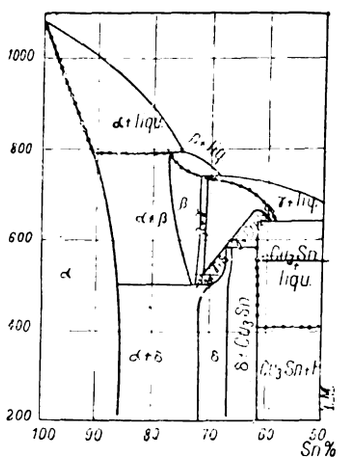


Fig. 3. — Diagramme des alliages Cuivre-Etain industriels.

α, Solution solide renfermant de 100 à 86 °/₀ Cu ; β, Solution solide existant à température élevée ; γ, Solution solide existant à température élevée ; δ, Solution solide renfermant de 72 à 61 °/₀ Cu, Combinaison Cu^3Sn ; H, Solution solide très voisine de CuSn.

Enfin, les alliages de cuivre et d'aluminium riches en cuivre présentent une constitution tout à fait analogue à celle des laitons (fig. 4), à tel point que l'on peut confondre certaines catégories de ces alliages au microscope.

On a une solution solide, puis un constituant formant un eutectoïde avec le premier.

Là encore, comme le point de transformation est assez élevé (550°), il n'y a pas de quasi-trempe, ce qui fait mieux apparaître l'eutectoïde.

En résumé, si l'on compare la constitution des principaux alliages de cuivre industriels, laitons, bronzes et bronzes d'aluminium, on trouve qu'ils sont formés comme suit :

Les alliages les plus riches comportent une solution solide qui, le plus souvent, se travaille à froid, excepté lorsque sa teneur en cuivre est élevée.

Les autres alliages sont formés de cette solution solide entourée d'un eutectoïde qui, dans les laitons, n'existe que partiellement, par suite de la position du point de transformation. Ces produits sont forgeables à chaud, quelquefois avec de grandes difficultés (bronzes).

On peut alors se demander s'il existe une relation entre la position du point de transformation et le laminage ou du

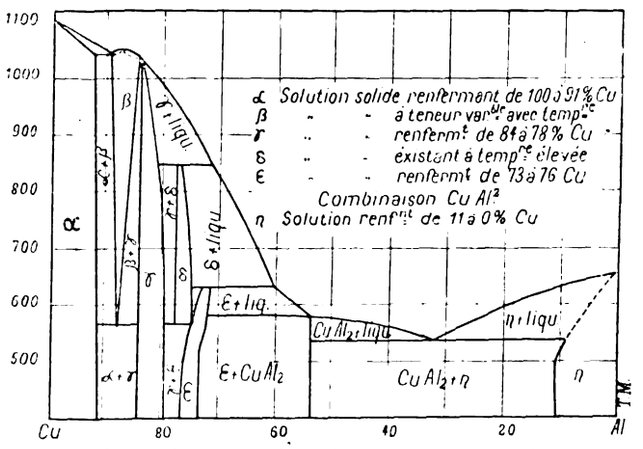


Fig. 4. — Diagramme des alliages Cuivre-Aluminium.

moins avec la variation des propriétés en fonction de la température.

Des recherches très récentes ont été faites à ce sujet par Brough. Elles sont résumées dans les courbes données par la figure 5.

Nous avons pensé à compléter l'étude de la question par des recherches sur la variation de la fragilité avec la température. Ces essais faits, avec le concours de M. Bernard, sont loin d'être terminés. Cependant, les résultats obtenus jusqu'ici nous ont ménagé quelques surprises. En effet, la résilience qui, pour le laiton de décolletage, est de 10 kgm à la température ordinaire, tombe à 1 kgm à 300°. Elle se relève à une température de 650° (qui

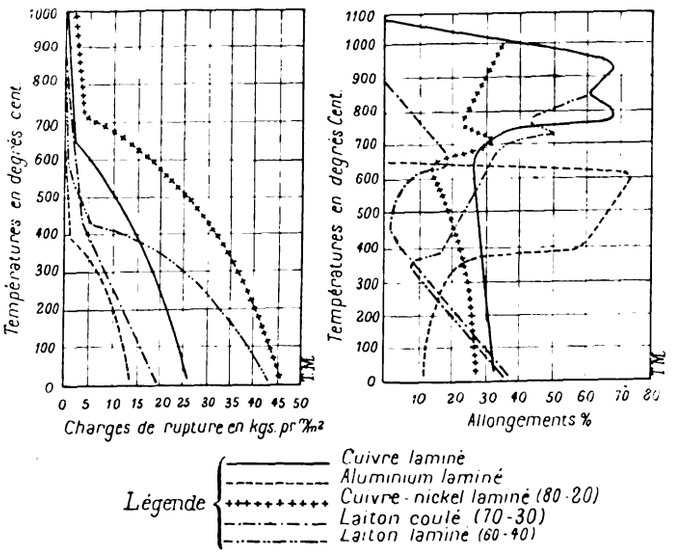


Fig. 5. — Variation de la charge de rupture et des allongements avec la température.

est celle du laminage), mais très faiblement, puisqu'elle n'atteint que 3 à 4 kgm à 800-850°. Le laiton 70 × 30 présente une variation analogue de la résilience jusqu'à 650° ; mais à cette température, elle se maintient à 1 ou 2 kgm et ne montre aucun relèvement du moins jusqu'à 900°, température maximum que nous ayons atteinte dans nos essais.

Il y a là un point curieux que nous espérons élucider, en multipliant ces essais.

Digitized by Google

Alliages spéciaux du cuivre.

Nous donnerons le nom d'alliages spéciaux aux **bronzes, aux** laitons et aux bronzes d'aluminium, dans lesquels on incorpore volontairement une impureté. Ces alliages sont régis par une loi de substitution assez simple que nous avons établie, il y a quelques années. Nous la rappellerons très brièvement, en prenant comme exemple, les laitons qui ont servi de point de départ à nos recherches.

Laitons spéciaux. — Un métal ou métalloïde ajouté à un laiton peut ou s'isoler (Pb), ou former un constituant spécial (P), se dissoudre dans les constituants ordinaires des laitons.

Nous avons noté, dès le début, que dans le cas de la dissolution, certains métaux se substituent au zinc dans une certaine proportion. Nous avons cherché à préciser ce phénomène.

Considérons un laiton de titre réel en cuivre A °/₀, de titre réel en zinc B °/₀ et renfermant q °/₀ d'un autre corps, tel que aluminium, manganèse, étain, etc.

Si nous examinons ce laiton au microscope, nous lui trouvons même microstructure qu'un alliage renfermant A' °/₀ de cuivre et B' °/₀ de zinc.

Nous appellerons A' et B' les titres fictifs de l'alliage considéré.

En résumé, tout se passe comme si, à la place de 1 °/₀ du corps étranger, nous avions introduit dans l'alliage un certain poids de zinc ; cet alliage, les proportions étant ramenées à 100, sera l'alliage fictif.

Nous appellerons coefficient d'équivalence du métal introduit, la quantité de zinc auquel se substitue 1 °/₀ de ce métal, les proportions étant toujours ramenées à 100.

Un exemple fera mieux saisir :

Soit un alliage formé de 70 °/₀ de cuivre, 28 °/₀ de zinc et 2 °/₀ d'un métal dont le coefficient d'équivalence est 4. Cherchons son titre fictif. L'alliage correspond micrographiquement à :

Cu	70
Zn = 28 + (2 × 4) =	36,

et si l'on ramène les proportions à 100 :

$$Cu = \frac{70 \times 100}{106} = 66{,}03$$

$$Zn = \frac{36 \times 100}{106} = 33{,}97.$$

Nous dirons que l'alliage considéré a pour titre fictif :

Cu	66,03
Zn	33,97

Cherchons à établir la relation qui existe entre le titre fictif et le titre réel.

On a :

$$A + B + q = 100$$
$$A' + B' = 100,$$

Or, B' est égal à B + tq ramené à 100, c'est-à-dire :

$$B' = \frac{B + tq}{A + B + tq} \cdot 100.$$

Donc :

$$A' + \frac{100(B + tq)}{A + B + tq} = 100$$

$$A'(A + B + tq) + 100(B + tq) = 100(A + B + tq).$$

Mais :

$$A + B = 100 - q,$$

$$A'(100 - q + tq) + 100(B + tq) = 100(A + B + tq),$$

$$100A' + A'qt - 1 = 100A$$

$$A'q(t - 1) = 100(A - A').$$

D'où l'on tire :

1° $$q = \frac{100(A - A')}{A'(t - 1)},$$

équation qui permet de définir la quantité q de métal à coefficient d'équivalence t nécessaire pour passer du titre réel A au titre fictif A' :

2° $$A' = \frac{100A}{100 + q(t - 1)},$$

équation qui permet de connaître le titre fictif d'un alliage de titre réel A, dans lequel on a remplacé q de zinc par q d'un autre métal de coefficient d'équivalence t ;

3° $$t = 1 + \frac{100(A - A')}{qA'},$$

équation qui détermine le coefficient d'équivalence d'un corps, sachant que la substitution de q de ce corps à q de zinc, dans un alliage dont le titre réel est A, l'amène au titre fictif A'.

La question qui se pose de suite réside dans l'intérêt que peut présenter le titre fictif d'un laiton complexe. Cet intérêt est de la plus haute importance ; nous citerons de suite un cas important.

Considérons l'alliage :

Cu	70
Zn	30

Dans cet alliage, remplaçons 4 °/₀ de Zn par 4 °/₀ d'aluminium. nous avons la composition :

Cu	70
Al	4
Zn	26

Un tel alliage a pour titre fictif :

Cu	57
Zn	43

Il jouira de certaines propriétés spéciales : il pourra notamment se laminer à chaud, bien que contenant 70 °/₀ de cuivre.

On peut alors se demander quel avantage présente cet alliage à titre fictif :

Cu	57
Zn	43

sur celui qui serait réellement constitué par les mêmes proportions de cuivre et de zinc.

L'intérêt est incontestable : le corps incorporé apporte avec lui des propriétés mécaniques très nettes, et l'on peut dire, en résumé, que l'alliage de titre réel :

Cu	70
Al	4
Zn	26

qui a pour titre fictif :

Cu	57
Zn	42

a les propriétés de ce dernier alliage moins améliorées.

Dans le cas qui nous occupe, l'alliage renfermant réellement cette proportion aura sur barre coulée les propriétés suivantes :

R	32,6
E	6,6
A °/₀	24

tandis que le premier qui renferme l'aluminium donne :

R	44,8
E	23,8
A °/₀	24,5

On voit l'amélioration très importante apportée par la présence de l'aluminium ; c'est surtout dans une augmentation de la limite élastique qu'il faut le plus souvent chercher l'influence du corps étranger.

Digitized by Google

On conçoit alors l'intérêt considérable que présente la détermination, malheureusement très longue, des coefficients d'équivalence.

Donnons cependant quelques-uns des résultats obtenus.

Si nous nous reportons aux équations ci-dessus indiquées, on voit que, si l'on a : $t < 1$, il s'ensuit :

$$q(t-1) < 0,$$

et comme

$$A' = \frac{100\,A}{100 + q(t-1)},$$

on a :

$$A' > A.$$

Donc, lorsque le coefficient d'équivalence est plus petit que l'unité, le titre fictif est supérieur au titre réel.

Les recherches que nous avons faites ont montré que les valeurs des coefficients d'équivalence pour les différents corps sont :

MÉTAUX	VALEUR DU COEFFICIENT d'équivalence
Aluminium	6
Manganèse	0,5
Silicium	12

Mais jusqu'ici ces recherches nous avaient conduits à des coefficients d'équivalence bien supérieurs à l'unité, et les éléments ayant ces coefficients donnent donc des titres fictifs très inférieurs au titre réel. Cependant, le manganèse et le fer qui ont présenté des coefficients légèrement inférieurs à l'unité, donnent donc un titre fictif un peu supérieur à l'unité.

Ainsi le manganèse ayant un coefficient d'équivalence de 0,5, un laiton à 55 % de cuivre et 5 % de manganèse a pour titre fictif :

$$A' = \frac{100 \times 55}{100 + 5(0,5-1)} = 56,5 \text{ environ.}$$

Mais on pouvait penser trouver d'autres éléments qui aient une action plus marquée, dont le coefficient d'équivalence fut négatif. De nouvelles recherches nous ont conduits à des résultats extrêmement intéressants en ce qui concerne le nickel dont le coefficient d'équivalence est de : $t = -1,3$.

Il s'ensuit qu'un laiton ayant la composition réelle :

$$Cu = 50 \qquad Zn = 45 \qquad Ni = 5$$

a pour titre fictif :

$$Cu = 56,5 \qquad Zn = 43,5$$
$$t = 1.$$

Que deviennent alors les propriétés? Elles sont celles du titre fictif, améliorées.

En voici un exemple très typique :

Composition de l'alliage :

$$Cu = 56,7 - Zn = 39,7 - Ni = 3,4 = 0,12 - Mn = 0,05 - Pb = 0,00.$$

Titre fictif calculé :

$$A' = \frac{100\,A}{100 + q(t-1)} = \frac{5\,670}{92,2} = 61,4.$$

Titre fictif au microscope :

$$Cu = 61.$$

Propriétés à l'état laminé et recuit :

$$R = 47,2 \quad E = 15,3 \quad A\,\% = 42,0 \quad \Sigma = 51,7 \quad \rho = 18.$$

Propriétés du laiton : $Cu = 61$ $Zn = 39$ (titre réel : titre fictif du précédent), à l'état laminé et recuit :

$$R = 39 \quad E = 10 \quad A\,\% = 32 \quad \Sigma = 48 \quad \rho = 12.$$

Propriétés du laiton :

$$Cu = 56,7 \qquad Zn = 43,3$$
$$R = 45 \quad E = 14 \quad A\,\% = 20 \quad \Sigma = 35 \quad \rho = 8.$$

On voit donc l'intérêt que présente le nickel comme addition dans les laitons.

Examinons maintenant le cas des bronzes qui a été beaucoup moins étudié.

Les bronzes au zinc sont, comme on le sait, des produits très courants, même en constructions mécaniques, car le zinc abaisse très nettement le prix de revient et facilite la fusion.

Si l'on compare les deux bronzes ayant pour composition :

$$Cu = 90 \qquad Sn = 10$$
$$Cu = 85 \qquad Zn = 5 \qquad Sn = 10$$

on leur trouve absolument le même aspect micrographique et des propriétés peu différentes.

Ceci explique d'ailleurs ce principe bien connu que le zinc nuit au frottement. En effet, il relève le titre et diminue par conséquent la quantité du constituant δ qui existe dans l'alliage et qui est le constituant s'opposant à l'usure. Au point de vue prix de revient, l'intérêt de la question est considérable.

Nous pourrions citer de nombreux exemples relatifs au bronze d'aluminium; notamment l'addition de fer relève très nettement le titre. Alors qu'un alliage contenant 85 % de cuivre et 15 % d'aluminium n'est susceptible d'aucune application, tant sa fragilité est grande, l'alliage 85 % de cuivre, 3 % de fer et 12 % d'aluminium donne des résultats des plus remarquables, comme nous le verrons plus loin. Il est d'ailleurs formé d'une seule solution solide.

Cette règle du titre fictif présente donc un réel intérêt théorique et industriel. Il est à noter tout particulièrement qu'elle ne paraît reliée, du moins jusqu'ici, à aucune autre propriété des corps constituant l'addition.

Propriétés mécaniques des alliages de cuivre.

Les résultats des essais de traction sur les principaux alliages de cuivre industriels sont résumés dans les courbes présentées par les figures 6, 7 et 8.

Voyons maintenant ce que l'on peut espérer obtenir par l'emploi des produits spéciaux.

Au point de vue alliage cuivre-étain, il n'y a pas jusqu'ici d'études bien approfondies sur l'influence des additions, en dehors de celles du phosphore.

D'ailleurs, l'obligation de faire — pour la plupart d'entre eux — les essais sur métal coulé, enlève de la certitude aux résultats.

L'étude des laitons spéciaux a été beaucoup plus approfondie, et pour me borner à des résultats absolument industriels, je citerai d'abord une progression qui a été établie à la Société métallurgique de La Bonneville :

	R	E	A %	Σ
Bronze excelsior A.	30-50	10-40	35-50	25-50
Bronze excelsior B.	40-55	12-45	20-45	25-45
Bronze excelsior C.	50-65	15-50	15-35	20-35

Il ne faut pas que le nom de bronze induise en erreur, car il est évidemment très mal choisi; mais il est dû à la Marine Nationale qui appelle depuis fort longtemps bronzes forgeables, bronzes à haute résistance, les laitons forgeables à chaud et les laitons spéciaux.

Nous avons déjà cité les résultats obtenus avec les laitons au nickel.

En Allemagne, où la question a été très travaillée, certaines usines, notamment les belles usines de la Durener Metallwerke, garantissent les chiffres suivants :

	R	E	A %	Σ
Tôles	43-63	20-60	36-11	64-38
Barres	42-67	15-60	38-45	57-35
Pièces de forge	48-50	25-30	22-20	32-50
Pièces coulées	41-47	18-20,5	22-34	32-38

Digitized by Google

Enfin, les bronzes d'aluminium donnent des résultats bien supérieurs encore; voici toute une gamme qui a été étudiée à la Société métallurgique de La Bonneville, dont les derniers éléments sont relatifs à des produits spéciaux :

	R	E	A °/₀	Σ	ρ
Bronze d'aluminium à 2 °/₀ Al.	25-35	5-30	25-65	50-75	12-15
— 4 °/₀ Al.	30-40	7-40	25-60	50-75	10-15
— 8 °/₀ Al.	35-55	8-50	20-55	30-50	8-12
— BAM 2 .	47-65	20-55	25-45	30-50	7-12
— BAT 1 .	55-70	25-50	25-50	40-60	8-15
— BAT 2 .	55-70	30-60	20-50	40-60	15-25

Il faut bien tenir compte, d'autre part, de deux faits dont l'un au moins est bien connu :

Le laiton à haute résistance et les bronzes d'aluminium

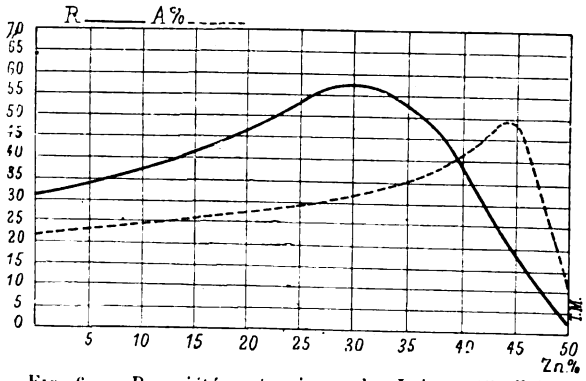


Fig. 6. — Propriétés mécaniques des Laitons (Cu-Zn).

(90% × 10 et spéciaux) donnent aux températures un peu élevées des résultats encore fort intéressants.

Enfin les bronzes d'aluminium offrent à la vapeur d'eau une

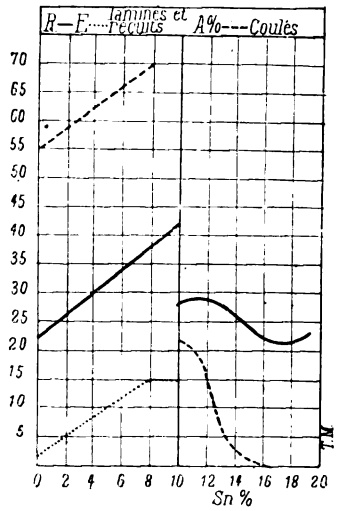


Fig. 7. — Propriétés mécaniques des Bronzes (Cu-Sn).

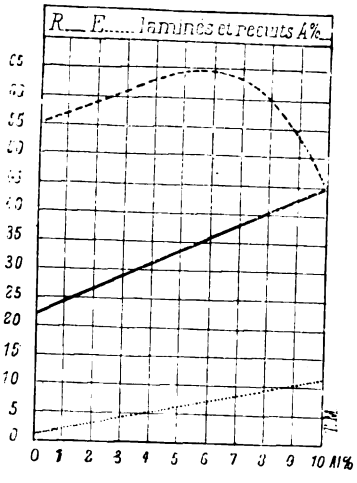


Fig. 8. — Propriétés mécaniques des Bronzes (Cu-Al).

résistance tout à fait remarquable. C'est là un point que je ne puis développer ici.

Influence des traitements sur les propriétés des alliages de cuivre.

Les traitements thermiques jouent, dans les alliages de cuivre, un rôle très important que l'industrie n'utilise peut-être pas autant qu'elle le devrait.

Parlons tout d'abord de la trempe : nous avons déjà signalé que les laitons α et β étaient des produits quasi trempés.

Si nous prenons les bronzes ou les bronzes d'aluminium à point de transformation, nous obtenons généralement par trempe un produit aciculaire (1) qui rappelle absolument la martensite des aciers et l'on peut dire que ce constituant instable est la forme sous laquelle se présentent tous les produits trempés à température *ad hoc*. Mais cela ne veut pas dire que les modifications des propriétés se fassent toujours dans le même sens.

La trempe adoucit les bronzes : elle durcit les bronzes d'aluminium. Il en est cité des exemples typiques.

Quant à l'influence du recuit sur produits écrouis, elle a donné lieu à des études remarquables, notamment à celle de M. Grard.

Conclusions.

Si la science régit de façon très nette la constitution des produits spéciaux, est-ce à dire pour cela que le champ des recherches soit fermé? Nullement; j'ai déjà montré que la question des produits spéciaux à base de cuivre n'était encore qu'ébauchée. Mais, qui peut d'ailleurs affirmer que ce domaine de la solution solide qui, chaque jour, se dessine comme le plus intéressant pour l'industrie, ne nous réservera pas quelque surprise, au point de vue propriétés mécaniques? Je n'en veux citer pour terminer que l'exemple suivant qui est particulièrement frappant :

L'alliage :

$$Cu = 83 \qquad Ni = 17,$$

donne à l'état laminé et recuit :

$$\Delta \text{ (chiffre de Brinell)} = 60.$$

L'alliage :

$$Cu = 83 \qquad Ni = 15 \qquad Al = 2,$$

n'est aussi formé que d'une solution solide.

Il donne cependant à l'état recuit :

$$\Delta = 227,$$

et à l'état coulé :

$$\Delta = 191.$$

Vous voyez donc, Messieurs, que les recherches scientifiques, tout en guidant de façon sûre l'industriel, nous ouvrent à chaque instant des horizons nouveaux et cela nous démontre une fois de plus le rôle utilitaire de la Science, que Taine a si bien défini, comme le rappelait récemment M. Le Chatelier :

« Les sciences physiques ont donné aux hommes les moyens de prévoir et de modifier, jusqu'à un certain point, les événements de la nature. Lorsque nous sommes parvenus à connaître la condition nécessaire et suffisante d'un fait, la condition de cette condition et ainsi de suite, nous avons sous les yeux une chaîne de données dans laquelle il suffit de déplacer un anneau pour déplacer ceux qui suivent; en sorte que les derniers, même situés en dehors de notre action, s'y soumettent par contre-coup dès que l'un des précédents tombe sous nos prises. Tout le secret de nos progrès pratiques depuis trois cents ans est enfermé là. Nous avons dégagé et défini des couples de faits tellement liés que le premier apparaissant, le second ne manque jamais de suivre, d'où il arrive qu'en opérant directement sur le premier nous pouvons agir directement sur le second. C'est de cette façon que la connaissance accrue accroît la puissance : et la conséquence manifeste est que la recherche fructueuse est celle qui, démêlant les couples, c'est-à-dire les conditions et dépendances des choses, permet parfois à la main de l'homme de s'interposer dans le grand mécanisme pour déranger ou redresser quelque petit rouage, un rouage assez léger pour être remué par main d'homme, mais tellement important que son déplacement ou raccord puisse amener un changement énorme dans le jeu de la machine et l'employer tout entière au profit de l'insecte intelligent par lequel l'économie de sa structure aura été précisée. »

(1) Il est plus difficile à obtenir dans les alliages Cu-Sn que dans les alliages Cu-Al.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Marbeau, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VI, N° 6, 15 Mars 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

MÉTHODES D'ESSAIS COMPARÉES DES MACHINES A VAPEUR ET DES MOTEURS A GAZ OU A COMBUSTION

CONFÉRENCE FAITE LE JEUDI 8 JANVIER 1913

Par M. Léon LETOMBE

Professeur du Cours de Machines thermiques à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Sous la Présidence de M. ÉMILE CORNUAULT, *Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, Ancien Président de la Société technique de l'industrie du gaz en France, Administrateur de la Société du gaz de Paris, etc.*

Les méthodes d'essais des machines thermiques diffèrent entre elles, non seulement avec les genres de moteurs à étudier, mais encore avec les constatations qu'on se propose de faire.

C'est ainsi qu'on opérera de façons différentes suivant qu'on voudra vérifier les garanties données par un constructeur ou qu'on se proposera de contrôler les résultats d'une marche industrielle.

On peut aussi, dans un essai, n'avoir pour but que de s'assurer du bon fonctionnement de la distribution d'une machine : ou encore, sans s'occuper des réglages, on peut ne s'attacher qu'à la détermination d'une consommation par unité de puissance ou même de la mesure de la puissance développée.

Enfin, un moteur à gaz ne s'essaye pas comme une machine à vapeur.

Rendements. — Pour faire apprécier d'un mot un essai, sans entrer dans le détail des opérations, il est commode de spécifier les résultats obtenus par un chiffre dit de *rendement*. Le mot est très employé, mais souvent, malheureusement, sans précision suffisante et le sens qu'on lui attribue varie en passant d'une industrie à une autre. Ainsi, pour le propriétaire d'un moteur à vapeur, une machine qui a un bon rendement, c'est une machine dont les résistances passives sont réduites; pour un constructeur de moteurs à gaz, c'est un moteur dont la consommation par cheval effectif est faible; et pour un automobiliste, c'est un moteur qui permet de donner à une voiture une vitesse plus grande que celle qui correspondrait à un autre moteur de même alésage. Il va sans dire que cette dernière définition est absolument vicieuse, mais on conçoit, dans tous les cas, quelles confusions ces différentes façons de s'exprimer peuvent amener dans les discussions.

Pour parler clairement, il suffit pourtant de se souvenir qu'un rendement n'est jamais que l'expression du rapport de deux quantités de même espèce, c'est-à-dire qu'un nombre abstrait, qui ne signifie rien par lui-même, et qu'il faut accompagner d'un qualificatif spécifiant précisément la qualité ou le défaut de la machine qu'on veut faire ressortir.

Dans les exemples que nous donnions plus haut, le constructeur de machine à vapeur comprend qu'on parle du rendement mécanique et le constructeur de moteur à gaz du rendement thermique. Quant à l'automobiliste, il confond puissance et rendement. Quand, en effet, on demande à un chauffeur pourquoi il trouve que son moteur a un bon rendement, il répond que c'est parce qu'il « rend » bien, et il entend par là que son moteur ne paraît jamais essoufflé quoi qu'on lui demande. Or, un moteur peut paraître puissant tout en ayant de mauvais rendements mécaniques et thermiques.

On ne peut que souhaiter la disparition de cette espèce d'argot scientifique, dû à la diffusion de l'automobile. Cet argot trop facilement adopté par la presse spéciale relative à cette industrie rend bien des démonstrations obscures, sinon fausses.

Les principales expressions de rendement à employer sont les suivantes :

Le *rendement mécanique*, qui exprime le rapport du travail disponible sur l'arbre d'un moteur du travail indiqué produit par le fluide évoluant sur le piston. C'est un rapport de travaux.

Le *rendement thermique* (indiqué ou effectif), qui exprime le rapport de la quantité de chaleur transformée en travail, soit sur l'arbre, soit dans le cylindre, à la quantité totale de chaleur dépensée. Nous avons dans ce dernier cas le rapport de deux quantités *de chaleur* et l'expression de rendement thermique est ainsi parfaitement justifiée. Aussi se demande-t-on pourquoi certains expérimentateurs désignent ce rendement sous le nom de rendement « thermodynamique ». Il n'y a pas lieu d'adopter cette définition : c'est encore une expression vicieuse à rejeter.

Cet appel à la logique étant fait, voyons d'abord comment se font d'habitude les essais de machine. Nous critiquerons ensuite les méthodes employées, s'il y a lieu.

Nous commencerons par la machine à vapeur.

Essais de machines à vapeur.

Plusieurs cas sont à considérer :

Essais de réception. — Ce qui intéresse le plus l'industriel qui veut faire une nouvelle installation, c'est de connaître la

Digitized by Google

puissance effective des machines qu'il a achetées et leur consommation en charbon. C'est évident.

Pourtant, les garanties données par les constructeurs s'éloignent, en général, notablement de ces conditions.

On ne trouve, le plus souvent, dans les marchés, que des garanties de consommation en kilogrammes de « vapeur » par cheval-heure « indiqué », et encore avec certaines restrictions concernant l'état de la vapeur, le recueillement des « purges », etc.

L'énoncé simple d'un nombre de kilogrammes de « vapeur » dépensés par unité de puissance, comme on le fait souvent, est dans tous les cas un renseignement, qui, *a priori*, ne permet guère de faire de comparaisons utiles entre divers types de machines, surtout si on néglige de spécifier en même temps la pression de la vapeur, son titre ou son degré de surchauffe, les endroits où les pressions et les températures ont été ou doivent être relevées, etc.

Si les constructeurs pouvaient s'entendre entre eux pour employer tous les mêmes formules de garanties, on éviterait déjà des confusions en spécifiant des consommations, non en kilogrammes de vapeur, mais en calories-vapeur. On éviterait, du reste, toute erreur en ne parlant que des rendements thermiques en calories-vapeur, mais l'industriel n'aurait encore ainsi qu'un renseignement de valeur relative, *car il n'achète pas de la vapeur, mais du charbon.*

Il faut remarquer, d'autre part, que les constructeurs de machines à vapeur ne sauraient, sans difficultés, aller plus loin et donner, par exemple, des garanties de consommation en charbon.

Il n'y a pas, en effet, une proportionnalité bien définie entre les consommations de vapeur et les consommations de charbon. Ces dernières dépendent du rendement thermique propre du générateur de vapeur, et les constructeurs de machines ne sont souvent pas des constructeurs de chaudières. Ils peuvent, du reste, avoir à fournir des machines devant être alimentées par des batteries de chaudières existantes.

La difficulté peut n'être qu'apparente, car le constructeur de chaudières donne, de son côté, des garanties de vaporisation. Il semble donc que, par un simple calcul, on doive arriver à déterminer facilement la consommation des machines en charbon par cheval. Mais un tel calcul ne conduit encore qu'à des résultats approximatifs, car les garanties données par les constructeurs de chaudières ne concernent que le relevé du poids d'eau vaporisé par kilogramme de charbon, ce poids d'eau étant celui que fournissent les appareils d'alimentation.

Or, le « primage » fait souvent ressortir un rendement thermique du générateur trop élevé, et, de plus, la disposition des conduites de vapeur donne lieu, d'autre part, à des pertes par condensation dont les constructeurs de machines ou de chaudières ne se soucient pas de prendre la responsabilité.

La situation se complique encore quand l'installation comporte un surchauffeur. Enfin, la conduite du feu et l'entretien de la chaudière jouent un rôle tellement prépondérant que, rien qu'en remplaçant un chauffeur par un autre, on peut constater des écarts de consommation de charbon de 30 à 50 °/₀ pour une même production de vapeur. Même dans les concours de chauffeurs, si en honneur dans le nord de la France, concours organisés pourtant après une première sélection, il n'est pas rare de trouver des différences de 30 °/₀ entre les résultats trouvés par le premier des concurrents et le douzième.

Or, jamais un chauffeur ne serait capable d'accomplir d'une façon continue le travail écrasant qu'il fournit pendant les deux jours que durent le concours.

Comme, bien entendu, dans les essais le constructeur a toujours recours à un personnel très expérimenté, il s'ensuit que l'industriel ne peut déduire d'un essai de réception, fait dans les conditions indiquées ci-dessus, que des probabilités assez imprécises sur les résultats d'exploitation courante de ses installations de force motrice.

Mais nous n'avons encore parlé jusqu'ici que de ce qui est relatif au travail « indiqué » des machines. En vue du calcul de la puissance effective, on se contente le plus souvent, pour déterminer les résistances passives d'un moteur en essai, d'un relevé de diagrammes pendant la marche à vide. Le résultat qu'on obtient ainsi est certainement à l'avantage du constructeur, car, les pressions dans les cylindres étant alors basses, les réactions sur les paliers sont faibles et le travail de frottement est, de ce chef, évidemment moindre qu'en pleine charge. D'autre part, le graissage des cylindres, abondant pour la puissance produite à ce moment, donne un meilleur coefficient de frottement pour le piston. A ce dernier point de vue, la différence en faveur du constructeur peut s'accentuer notablement quand la machine marche à vapeur surchauffée, car les grandes détentes dans la marche à vide abaissent considérablement la température des parois des cylindres, ce qui donne un meilleur coefficient de frottement.

On obtient un résultat plus exact quand la machine à vapeur commande une dynamo ou un alternateur, car, de l'observation des appareils de mesure électrique, on peut déduire directement la puissance effective du moteur, mais encore, faut-il, dans ce cas, connaître avec précision les rendements des génératrices, et ce n'est pas souvent le cas. Aussi, quand il y a contestation entre mécanicien et électricien, s'il devient nécessaire de déterminer exactement la puissance effective d'un moteur, il n'y aura rien de mieux à faire que de recourir à un essai au frein. Un relevé de diagramme, fait en même temps, permet alors de calculer exactement le rendement mécanique du moteur en observation, dans ses conditions normales de marche.

Essais industriels. — Mais, en dehors de toute considération de vérification de garanties, il suffit, pour contrôler les résultats d'une marche industrielle, de relever, d'une part la puissance développée par la machine pendant le plus grand nombre d'heures possible et de compter, d'autre part, le charbon brûlé pendant le même temps sur la grille du générateur. Or, en opérant ainsi, qu'il s'agisse de chevaux effectifs ou de chevaux indiqués, on constate toujours des écarts considérables entre les chiffres trouvés par le calcul, en prenant pour base les résultats des essais séparés de machines et de chaudières, et ceux donnés par des constatations directes pendant la marche industrielle. Ces écarts atteignent quelquefois 100 °/₀, surtout si les chaudières ne fonctionnent pas dans les conditions de production pour lesquelles elles ont été établies.

Dans des limites assez étendues, les consommations par cheval-heure effectif des machines à vapeur ne varient souvent pas beaucoup, parce que les rendements thermique et mécanique se modifient en sens inverse avec la charge, mais il n'en n'est pas de même des générateurs. Une chaudière de dimensions exagérées pour la production qui lui est demandée ou une chaudière trop poussée donnent l'une et l'autre de mauvais résultats économiques.

Digitized by Google

Si donc les installations à vapeur, avec machines à piston, présentent l'avantage particulier d'une capacité de surcharge considérable, ce qui pour beaucoup d'applications est d'importance capitale, il n'en reste pas moins certain que ces installations accusent des consommations de combustibles rapidement croissantes eu égard à la puissance produite, quand on s'écarte de la puissance spécifiée comme normale par les constructeurs.

C'est surtout dans les cas de surcharge et de charge réduite qu'il devient illusoire de ne compter les consommations qu'en kilogrammes de vapeur par cheval-heure indiqué, car on néglige alors les principales causes d'augmentation de consommation de charbon.

Ce que nous venons de dire des machines à piston est également vrai pour les turbines à vapeur, avec cette considération toutefois qu'on garde pour ces dernières machines, sous toutes les charges, l'avantage d'un rendement mécanique très élevé; mais, par contre, leur capacité de surcharge est de beaucoup plus limitée, à moins de recourir à des dispositions spéciales assez compliquées et qui ne sont guère applicables qu'à des turbines de plusieurs milliers de chevaux.

Quoi qu'il en soit des imperfections des producteurs de vapeur, l'industriel a évidemment le plus grand intérêt à contrôler la marche propre de ses machines, de façon à pouvoir remédier sans tarder à un déréglage de distribution par exemple.

C'est surtout après les travaux d'entretien qu'il y a lieu de faire ces observations, car les déréglages proviennent souvent d'un remontage défectueux. A ce point de vue, les relevés de diagrammes donnent des indications très précises. Avec un peu d'habitude, l'examen de quelques courbes prises à différentes charges, montrent quelles corrections il y a lieu de faire subir au mécanisme, pour revenir à une distribution normale. Le nombre de machines à vapeur qui donnent satisfaction en tant que régularité de marche, mais dont les consommations sont trop élevées par suite de déréglages, est beaucoup plus considérable qu'on ne pourrait le croire.

Remarque. — Il va sans dire que pour faire des constatations utiles, il faut employer des indicateurs en bon état, commandés par des fils inextensibles et une transmission de mouvement sans vibration et sans frottements anormaux. Ces derniers points laissent bien souvent à désirer.

Beaucoup d'industriels préfèrent avec raison, pour éviter des erreurs d'interprétation, s'en rapporter au contrôle éclairé des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Les observations faites par les ingénieurs de ces Associations mettent les industriels à même de maintenir toujours leurs installations de force motrice dans les meilleures conditions de marche, eu égard, bien entendu, aux qualités propres du matériel dont ils disposent et à la façon dont ce matériel a pu être installé.

Passons maintenant en revue les méthodes d'essai des moteurs à gaz.

Essais des moteurs à gaz.

Envisageons tout de suite le cas le plus compliqué et supposons qu'il s'agisse du contrôle d'une installation à gaz pauvre.

Essais de réception. — Pendant quelque temps, les constructeurs de moteurs à gaz ont essayé, par imitation de ce qui se faisait pour les machines à vapeur, de donner à leurs acheteurs des garanties de puissance en chevaux indiqués et des garanties de consommation en mètres cubes de gaz consommé, mesurés à une pression et à une température déterminées; mais on s'est vite aperçu que ces simples constatations ne donnaient que des renseignements ne satisfaisant personne. D'abord, la mesure du gaz ne peut se faire avec quelque exactitude qu'autant que l'installation comporte un gazomètre. Or, la mode en est passée. La mesure de volume n'a été conservée que pour les moteurs à gaz de hauts fourneaux, pour la bonne raison que dans ce cas il n'y a pas d'autre moyen de se rendre compte des consommations. Mais, comme il s'agit toujours alors de mesurer des volumes énormes se déplaçant dans de très grosses conduites, on peut, sans craindre de commettre trop d'erreurs, avoir recours aux indications d'un anémomètre.

D'autre part, le relevé des diagrammes sur un moteur à gaz présente des difficultés toutes particulières. D'abord, il faut recourir à des indicateurs spéciaux à cause des hautes pressions à enregistrer et employer des réducteurs de course à leviers, car les réducteurs à poulies et à ressorts donnent lieu, en raison de l'inertie de certaines de leurs pièces, à des décalages d'inscription toujours sensibles aux grandes vitesses auxquelles on fait marcher les moteurs à gaz.

D'autre part, comme pour garnir les indicateurs on ne peut faire usage que de ressorts dynamométriques très durs, dont les flexions amplifiées ne donnent comme échelle de pression que 2 ou 1 mm, et quelquefois moins, par kg, on ne relève sur ces moteurs à gaz que des courbes de faible surface, ce qui est une cause d'erreur dans la mesure du travail indiqué.

De plus, les diagrammes de moteurs à gaz ont une tendance fâcheuse à se déformer, même sous charge constante. Si donc on relève des diagrammes sur un moteur comme on le ferait pour une machine à vapeur, on est exposé à trouver, même à des intervalles très rapprochés, des courbes de surfaces très différentes, dont les variations ne se compensent pas nécessairement. Il en résulte une grande indécision dans la détermination de la puissance indiquée d'un moteur à gaz si l'on opère sans certaines précautions préalables.

Enfin souvent, pour déterminer la puissance effective d'un moteur à gaz, on évalue les résistances passives en planimétrant des diagrammes relevés pendant la marche à vide et on les retranche de la puissance indiquée; on n'obtient le plus souvent ainsi que des indications absolument fausses.

Il semble pourtant *a priori* qu'on devrait obtenir, par ce moyen, des résultats de même ordre d'approximation que ceux donnés, par les essais des machines à vapeur, mais il n'en est rien.

La différence provient de ce que, si les systèmes de réglage actuellement appliqués aux moteurs à gaz sont suffisants pour donner toute satisfaction au point de vue de la régularité, ils ont le grave défaut de déformer quelquefois considérablement les diagrammes, aux faibles charges, en donnant alors lieu à des combustions lentes qui ne s'achèvent que sur la course du piston, en brûlant en partie les huiles de graissage tapissant les parois des cylindres.

Lorsque la charge d'un moteur à gaz est normale, on a assez facilement des diagrammes corrects, c'est-à-dire des diagrammes qui accusent des explosions sensiblement à volume constant. La combustion des gaz, dans ce cas, est achevée alors que le piston est encore très prêt de sa fin de course. La détente rapide qui suit abaisse suffisamment la température des gaz pour que le graissage des parois du cylindre reste normal. Mais on comprend

Digitized by Google

qu'un cylindre qui devient tout d'un coup mal graissé offre aux mouvements du piston une résistance passive considérable, qui se traduit par une augmentation anormale du travail indiqué. Et c'est bien ce qu'on constate dans la plupart des essais de moteurs à gaz : on trouve généralement que les moteurs à gaz ont besoin, pour vaincre leurs résistances passives, d'un nombre de chevaux indiqués bien plus considérable à faible charge ou à vide qu'en pleine charge.

Nous rappellerons à ce propos les essais remarquables faits en 1906 par les professeurs Hubert et Witz sur un grand moteur Cockerill à gaz de hauts fourneaux (1).

Nous résumons dans le tableau ci-après le relevé des chevaux indiqués et effectifs depuis la pleine charge jusqu'à un quart de charge, en faisant ressortir, par différence, la quantité de chevaux indiqués absorbés par la machine, rien que pour entretenir son propre mouvement :

Essais d'un moteur Cockerill.

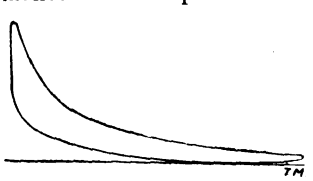
		a	*b*	*c*	*d*
Puissance en ch	Indiquée	1 607,74	1 463,68	1 250,48	657,45
	Effective	1 494,80	1 332,70	986	349,17
	Différence . .	112,94	130,98	264,48	308,28

On voit par ces chiffres que ce moteur, qui, à sa puissance normale effective de 1 500 ch, n'absorbait pour vaincre ses résistances passives que 113 ch, en gaspillait plus de 300 quand la charge diminuait de 75 °/₀ environ. Logiquement pourtant ce serait l'inverse qui aurait dû se produire, car les diagrammes relevés montrent que le régime des pressions dans les cylindres diminuait considérablement aux faibles charges.

Ces anomalies ne semblent pas avoir retenu l'attention des savants expérimentateurs. Il est vrai que, dans les grandes stations centrales à gaz de hauts fourneaux, on s'arrange toujours de façon à ne faire fonctionner les machines que dans le voisinage de leur pleine charge. La constatation fréquente de ces augmentations de résistances passives à faible charge a quelquefois fait dire à des ingénieurs, pour qui ces anomalies restaient inexplicables, qu'on ne pouvait rien conclure de l'examen des diagrammes d'un moteur à gaz.

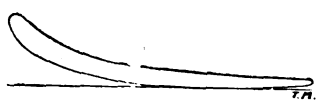
Nous estimons, au contraire, que ces diagrammes sont très clairs, quand on a appris à les lire.

Par exemple, le diagramme (fig. 1), qui correspond à l'essai (*a*), à charge normale, accuse une explosion rigoureusement à volume constant, avec une combustion achevée avant que le piston commence à accomplir sa course motrice. Pas de flamme dans l'alésage et, par conséquent, détentes rapides abaissant considérablement la température des gaz : l'huile de graissage n'est pas brûlée, et le rendement mécanique est très élevé.



Compression : 15 *kg.*
Explosion : 40 *kg.*

Fig. 1. — Diagramme de l'essai *a*.



Compression : 15 *kg.*
Explosion : 17 *kg.*

Fig. 2. — Diagramme de l'essai *d*.

Les diagrammes (fig. 2), qui correspondent à l'essai (*d*) à quart de charge, accusent une pression bien moindre que dans le premier cas, mais ils sont déformés. Ils font ressortir des combustions à pressions variables, qui se prolongent pendant presque toute la durée de la détente qui n'est plus représentée par une adiabatique : les parois des cylindres sont donc balayées par une flamme qui brûle l'huile de graissage.

Conséquence : augmentation considérable des résistances passives, qui se traduit par la perte de 200 ch indiqués.

Dans les moteurs à gaz, du reste, les phénomènes sont toujours très complexes et dépendent les uns des autres; il en résulte que si on s'astreint à n'observer que les variations d'un seul d'entre eux en faisant abstraction des autres, on est exposé à commettre les plus graves erreurs d'interprétation.

C'est ainsi qu'on attribue constamment, à propos de réglages de mélange tonnant, de régimes de combustion, de procédés d'allumage, d'échauffement, etc., etc., une défectuosité ou une amélioration dans la marche d'un moteur à une modification qu'on vient de faire, alors que le changement est dû, en réalité, le plus souvent, à une modification secondaire non remarquée, et qui pourra très bien une autre fois ne pas se reproduire identiquement dans des cas analogues. Aussi n'est-il pas rare de voir des expérimentateurs, pour l'observation d'un même phénomène, arriver à des conclusions absolument inverses l'une de l'autre.

Le fait s'est, du reste, quelquefois produit pour des machines à vapeur, mais plus rarement.

Il résulte de tout ce qui précède que, pour la détermination de la puissance et de la consommation d'un moteur à gaz, il sera bien préférable de ne pas se baser simplement sur un relevé de diagramme.

Les constructeurs se sont trouvés rapidement forcés de donner leurs garanties de consommation en charbon et leurs garanties de puissance en chevaux effectifs mesurés sur l'arbre.

C'est une grosse difficulté pour les constructeurs de moteurs à gaz, mais c'est un avantage marqué pour l'industriel, qui a ainsi des bases plus certaines pour l'établissement de ses prix de revient.

Ceci ne veut pas dire que le moteur, à partir du jour de l'essai, ne va consommer rigoureusement par cheval-heure effectif que le chiffre qui a été trouvé, car les réglages peuvent varier et l'entretien de l'installation peut laisser plus ou moins à désirer, mais les augmentations seront toujours inférieures à celles que l'on constate, dans les mêmes conditions, pour les installations de machines à vapeur.

Ceci provient surtout de ce que les gazogènes à gaz pauvre, à l'inverse de ce qu'on constate pour les chaudières, ont un rendement thermique propre qui varie peu, que la charge soit forte ou faible, et quelle que soit l'habileté du conducteur. Quant au moteur, il ne peut guère donner lieu à une consommation exagérée (à moins qu'il ne marche constamment à faible charge), car ce serait alors l'indice d'un déréglage très sensible, et, dans ce cas, son maximum de puissance s'abaisserait considérablement.

Une simple vérification, faite par un spécialiste, suffit, du reste, souvent pour remettre tout en état, et pour permettre à l'industriel de retrouver une puissance et une consommation normales. Quand, tout de suite après un montage, on trouve qu'un moteur ne fait pas sa puissance ou que sa consommation est exagérée, c'est presque toujours le résultat d'un défaut d'installation.

Durée des essais. — Pour faire un essai probant de moteur à gaz pauvre, il faut poursuivre les observations pendant au moins sept à huit heures, car, bien souvent, les troubles, quand il doit

(1) *Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie*, t. XVI, n° 3.

Digitized by Google

s'en produire, ne surviennent qu'après la sixième heure de marche en pleine charge.

Dans tous les cas, il ne faut jamais désespérer d'une installation à gaz pauvre qui ne donne pas satisfaction :

Pour notre part, dans tous les cas qui nous ont été soumis, nous avons toujours trouvé le moyen, par des modifications souvent très simples, de remettre en état de bonne marche des installations qui laissaient à désirer, au double point de vue de la régularité et de l'économie du fonctionnement.

Un précieux moyen d'investigation est le relevé de diagrammes : malheureusement, beaucoup de constructeurs se préoccupent si peu de ces relevés qu'ils ne prévoient même pas le moyen d'y procéder ou que, du moins, ils ne prévoient que des moyens précaires qui conduisent à des courbes déformées.

Remarque. — Dans la mesure des consommations de charbon d'un gazogène, il faut une grande habitude des essais pour ne pas faire des erreurs : c'est ce qui explique pourquoi des relevés faits par certains expérimentateurs ont conduit à l'énoncé de consommations évidemment trop basses.

Les essais de frein. — En ce qui concerne la détermination du travail effectif, qu'il s'agisse de machines à vapeur ou de moteurs à gaz, rien ne vaut le *frein*.

Mais les freins ont la réputation d'être essentiellement instables. On peut remarquer, en effet, que, dans les essais au frein de Prony, il est bien difficile de maintenir en équilibre à peu près stable le bras de levier supportant les poids.

L'emploi de dynamomètres compensateurs, ainsi que l'a préconisé autrefois M. Compère, facilite beaucoup les observations. Mais, même dans ce cas, il faut encore un expérimentateur attentif pour enregistrer continuellement les variations du dynamomètre : pour des essais de longue durée, c'est une difficulté.

Ce qu'il faut, c'est un frein automatiquement stable.

Nous donnerons à titre d'exemple les dispositions d'un frein, que nous avons été amenés à réaliser après bien des tâtonnements.

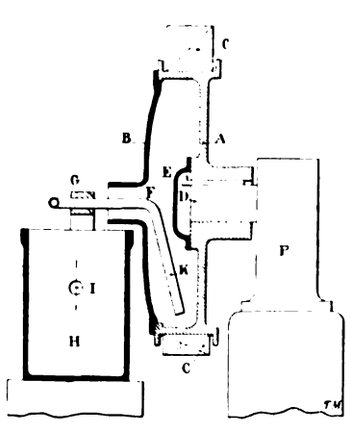


Fig. 3. — Frein système Letombe. — A, poulie de frein; D, moyeu; E, couverture de moyeu; P, palier de moteur; C, frein; B, couvercle de poulie; F, arrivée d'eau; G, support; H, réservoir d'évacuation; I, trop-plein.

L'appareil se compose d'une poulie, d'un frein à collier à serrage à main et d'un bras de levier à l'extrémité duquel on applique une force dont le moment doit équilibrer le moment des forces tangentielles de frottement.

La poulie est creuse et à circulation d'eau, ainsi qu'il est nécessaire pour un fonctionnement de longue durée. Un dispositif connu consiste à lancer l'eau de réfrigération dans une gorge pratiquée dans la jante, où elle reste appliquée par la force centrifuge. L'arrivée de l'eau se fait alors sans difficulté, mais il n'en est pas de même de l'évacuation; on se sert ordinairement dans ce but d'une cuillère qui capte l'eau au passage. Il est bien difficile par ce moyen de mettre les opérateurs à l'abri des projections d'eau Quand on arrête, c'est impossible : dès que la force centrifuge cesse d'agir, l'eau est projetée en grande abondance dans la salle.

Pour éviter cet inconvénient, nous construisons la poulie avec un voile complet du côté du palier supportant l'arbre sur lequel on doit opérer.

Le moyeu claveté porte un couvercle qui empêche le cheminement de l'eau vers le palier (fig. 3).

La poulie présente à sa circonférence une large gorge plate, garnie de joues pour retenir le frein, et toute la partie antérieure est fermée par un couvercle portant en son centre une tubulure de 200 mm de diamètre seulement.

Sous cette tubulure, on place un réservoir d'évacuation qui supporte en même temps le tuyau d'arrivée d'eau à la poulie. Ce tuyau, sans toucher aux parties mobiles, débouche à l'intérieur de la poulie près de la jante.

En régime normal, l'eau remplit donc complètement la poulie, et la circulation n'a d'autre effet que d'établir un déversoir par la tubulure centrale qui, en raison de ses petites dimensions, ne détermine aucune projection d'eau, même au moment de l'arrêt.

Nous donnons, d'autre part, au frein, ainsi que l'a fait depuis longtemps M. A. Witz, une disposition renversée par rapport au frein simple de Prony : c'est-à-dire que, par l'intermédiaire d'une aiguille, le bras de levier agit sur le plateau d'une bascule à curseur, par exemple.

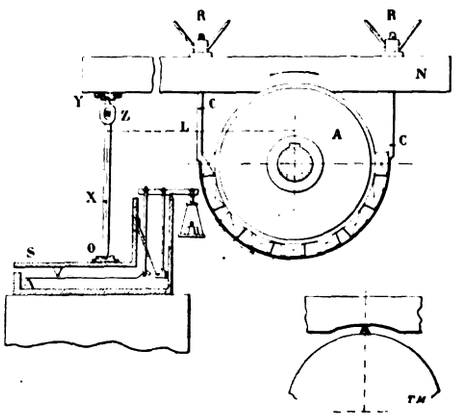


Fig. 4. — Frein système Letombe. — A, poulie de frein; C, collier; N, poutre; R, vis de serrage; X, aiguille; Y, support; Z, axe de l'aiguille; O, crapaudine; S, bascule.

L'aiguille portée par un axe, pour ne pas tomber pendant sa mise en place, appuie sur un couteau quand le frein est en action. On peut, pour maintenir l'aiguille sur la bascule, l'appuyer sur une crapaudine fixée au plateau (fig. 4).

Pour bras levier du frein, il faut prendre la distance entre le centre de l'arbre et la verticale du point d'appui de l'aiguille sur le plateau.

Si le frein n'est pas équilibré, son tarage est facile : il suffit d'appuyer le frein en son milieu sur une cornière formant couteau, au repos, et de prendre note de l'effort fait dans ces conditions sur la bascule. Le poids trouvé doit naturellement être retranché du poids qui sera trouvé en marche.

Avec un frein de ce genre, il est évident que les observations pourront se faire facilement et sans danger.

Il reste à s'occuper d'un dernier point fort important : quand le coefficient de frottement varie à la circonférence de la poulie, l'aide chargé du frein doit serrer ou desserrer celui-ci; l'indicateur de la bascule est tantôt trop haut, tantôt trop bas, d'où des causes d'erreur sensible.

Si, au contraire, le coefficient de frottement restait constant, le frein resterait indéfiniment en équilibre sans qu'on ait à y toucher.

On fait souvent des lubrifications abondantes à l'eau de savon

Digitized by Google

ou à l'huile, qui ajoutent aux variations au lieu de les diminuer et qui donnent des projections malpropres.

Nous avons résolu le problème par l'artifice suivant :

Le premier sabot de bois de frein, se rencontrant sur un diamètre horizontal de la poulie dans le sens du mouvement, est creusé en forme d'entonnoir se terminant par un orifice rectangulaire de 5 mm de hauteur environ (fig. 5).

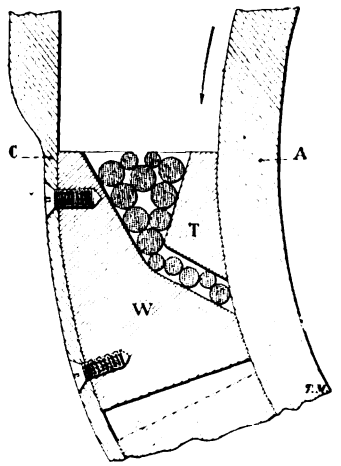


Fig. 5. — Frein système Letombe. — W, premier sabot du frein; T, canal de lubrification; C, frein; A, joint de la poulie du frein.

Dans ce petit réservoir on dispose des boules de graisse consistante de 10 mm de diamètre environ, et on les remplace avant qu'elles aient disparu entièrement. C'est le seul travail dont soit chargé l'aide qui surveille le frein.

Sous l'influence de la faible élévation de température qui gagne le bois, cette graisse consistante fond peu à peu et donne un graissage dont l'abondance suit les variations de température. Il y a là, en quelque sorte, une manière de réglage automatique.

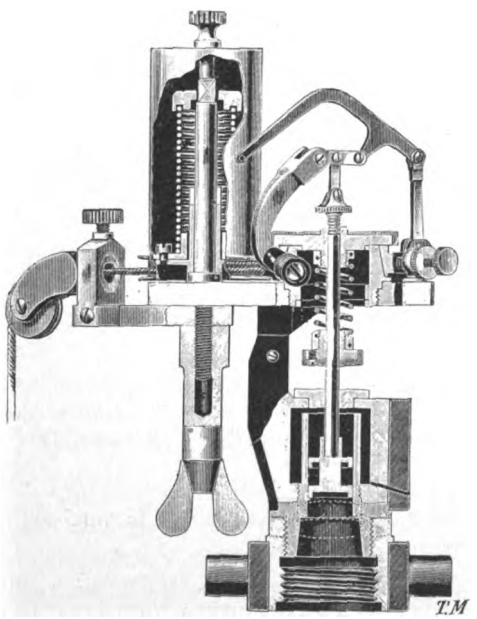


Fig. 6. — Indicateur à ressort extérieur, système Dobbie.

Dans tous les cas, les résultats sont typiques. Nous avons pu tenir en équilibre stable par ce moyen, des freins capables d'absorber des puissances jusqu'à 300 ch pendant douze heures de suite.

On obtient ainsi des résultats rigoureusement exacts quand il s'agit de la détermination de la puissance effective des machines.

Remarque sur les appareils a diagrammes. — En ce qui concerne les relevés de diagrammes sur les machines à vapeur surchauffée ou sur les moteurs à gaz, on a aujourd'hui des appareils bien meilleurs qu'autrefois, mais qui ne sont pas encore parfaits.

Un premier progrès a consisté à placer les ressorts tarés à l'extérieur au lieu de les laisser à l'intérieur des petits cylindres : lorsqu'en effet ces ressorts deviennent trop chauds, ils se détrempent et donnent des résultats faux (fig. 6).

Pour des observations à faire à propos de réglages, il est commode de se servir d'indicateurs optiques; la déformation de leurs ressorts sous l'action d'un petit piston est amplifiée par le jeu d'un miroir animé d'un double mouvement d'oscillation dans deux sens différents. En projetant sur un écran un rayon lui-même réfléchi par le miroir, on suit constamment les effets d'une modification qu'on apporte, par exemple, à une distribution de machine (fig. 7).

Il manque encore à ces appareils, surtout en ce qui concerne les moteurs à gaz, d'être convenablement refroidis. Il est actuellement impossible de faire des essais prolongés à l'indicateur, d'un moteur à combustion interne, sans risquer de mettre hors d'usage les appareils.

En attendant mieux, nous prenons la précaution, dans nos essais, de maintenir constamment des chiffons mouillés autour des robinets d'indicateurs.

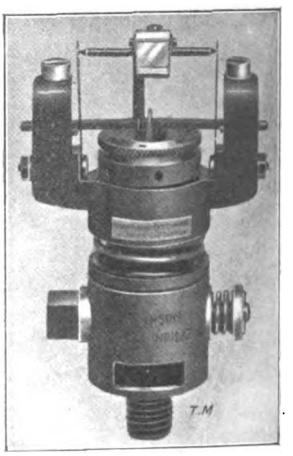


Fig. 7. — Indicateur optique, système Hopkinson.

Conclusions.

Qu'il s'agisse de machines à vapeur ou de moteurs à gaz, l'industriel ne doit pas, pour calculer ses prix de revient, se baser sur des essais faits une unique fois à titre d'essais de réception.

Pour conserver une bonne marche économique, il est nécessaire de procéder souvent à des vérifications.

L'idéal serait de pouvoir compter sur un contrôle périodique des installations par un personnel compétent.

On conçoit parfaitement qu'une usine, à moins d'être très importante, ne peut faire les frais de l'établissement, pour son seul usage, d'un pareil contrôle, mais on ne voit pas pourquoi les industriels ne se grouperaient pas pour faire appel à un service organisé spécialement à cet effet, service qui leur rendrait à peu de frais des services inappréciables.

D'une organisation de ce genre, il ne pourrait résulter que des avantages pour les industriels. Les constructeurs auraient d'autre part ainsi la satisfaction de voir leur matériel apprécier à leur juste valeur.

L. Letombe.

Digitized by Google

CONFÉRENCE DU 8 JANVIER 1913

ALLOCUTION DE M. ÉMILE CORNUAULT

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE,
ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN FRANCE,
ADMINISTRATEUR DE LA SOCIÉTÉ DU GAZ DE PARIS, ETC.

Le moteur à gaz est né en 1860; il est dû à l'inventeur Lenoir, qui, du premier coup, réussit à le rendre pratique; son brevet date de janvier 1860; quatre mois après, dix moteurs étaient en marche, vingt-cinq en commande C'est là un fait unique dans les annales de la mécanique.

Une tardive justice a été rendue à l'inventeur dont les idées devinrent ultérieurement si fécondes : ce n'est, en effet, que le mois dernier qu'a été inauguré solennellement au Conservatoire des Arts et Métiers un modeste médaillon glorifiant l'inventeur, l'initiateur; s'il est mort sans fortune, comme bien des inventeurs, du moins a-t-il trouvé auprès de la première Compagnie de gaz de France, le Gaz de Paris, l'appui constant qui lui a permis de finir honorablement ses jours.

Aujourd'hui, Messieurs, le gaz employé dans les moteurs n'est plus seulement, comme au temps de Lenoir, le gaz d'éclairage des Compagnies de gaz, le *gaz de ville*, comme on l'appelle ordinairement, gaz dont la caractéristique est un nombre de calories, variant de 5 000 à 5 500 calories au m³.

Actuellement, le moteur à gaz a à sa disposition :

Le gaz pauvre ou gaz de gazogène, à 1 200 à 1 250 calories;

Le gaz de fours à coke, à 3 500, à 4 500 calories;

Le gaz de hauts fourneaux, à 800 à 1 000 calories.

Enfin, les nombreux combustibles liquides, benzols, pétroles, huiles lourdes, etc., ces dernières spécialement employées dans les moteurs Diesel à combustion interne.

On a donc toute la gamme et toutes les forces possibles, et cela avec des rendements thermiques bien supérieurs à ceux des moteurs à vapeur.

Le temps n'est donc plus où, comme je l'ai constaté moi-même, il y a, il est vrai, quelque trente-cinq ans, à la Société des Ingénieurs civils, des sourires d'incrédulité accueillaient le renseignement d'un membre qui affirmait avoir vu fonctionner convenablement un *gros* moteur à gaz de 12 chevaux !

Aujourd'hui, Messieurs, les moteurs de 2 000 à 3 000 ch fonctionnant au gaz de hauts fourneaux sont courants dans nos usines métallurgiques; on en construit même de 6 000 ch, et encore, avec le moteur Diesel, dont l'avenir est si grand pour la navigation maritime, on atteint 12 000 ch avec six cylindres, sans qu'il soit possible d'affirmer qu'on n'ira pas plus loin.

Vous voyez, Messieurs, tout le présent et tout l'avenir du moteur à explosion ou à combustion interne, et, dans ces conditions je ne résisterai pas à la tentation de répéter devant vous la phrase prononcée, il y a quelque temps, par l'éminent membre de l'Institut, M. Lecornu :

« Si le XIX^e^ siècle a été le siècle de la vapeur, le XX^e^ siècle sera « celui du moteur à explosion. »

Je devrais m'arrêter là, n'ayant pas l'intention de marcher sur les brisées de notre distingué conférencier, mais je veux cependant dire encore ici tout le rôle personnel de M. Letombe dans les progrès du moteur à gaz :

C'est à lui qu'est dû le premier moteur à double effet et tandem à quatre temps, à admission variable.

C'est lui, qui, le premier en France, a réalisé aux Hauts Fourneaux de Marseille et à ceux de Longwy, en 1898, la marche d'un moteur fonctionnant au gaz de hauts fourneaux; c'est lui qui a fait, en 1895, aux mines de Lens, les premiers essais de marche au gaz de fours à coke.

C'est à lui encore, qu'est dû l'établissement des théorèmes et des formules mathématiques qui, complétant les travaux du professeur Witz, permettent les calculs les plus précis pour la construction des moteurs à gaz.

C'est lui, enfin, qui a inauguré à l'Ecole Centrale, il y a près de trois années, un cours spécial de machines thermiques, indispensable pour mettre nos jeunes ingénieurs à même de lutter contre nos puissants rivaux, les ingénieurs étrangers.

Vous voyez, Messieurs, combien M. Letombe était qualifié pour parler ici.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VI, N° 10, 15 Mai 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

LES TURBINES A VAPEUR MODERNES

CONFÉRENCE FAITE LE MERCREDI 12 FÉVRIER 1913

Par M. C. MONTEIL

Professeur de Mécanique appliquée à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Sous la Présidence de M. A. RATEAU, *Ancien Professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines.*

On trouve, dans la construction moderne des turbines à vapeur, le reflet déjà lointain et à demi effacé de quatre types originaux. Ce sont les types de l'ingénieur suédois de Laval, de l'ingénieur anglais Parsons, de l'ingénieur français Rateau et de l'ingénieur américain Curtis.

Ces inventions ont eu, au début, une marque propre d'originalité, et ont subi ensuite, dans des mesures différentes, une évolution qui les a rapprochées les unes des autres, faisant profiter à toutes des principaux avantages de chacune. Il nous semble intéressant de décrire sommairement chacun de ces quatre types initiaux, non pas que nous ayons le souci de dresser un historique de la turbine à vapeur, historique que l'on pourra trouver dans l'ouvrage très documenté de M. Sosnowski (1), mais la description des types originaux sera pour nous l'occasion de mettre en lumière certaines idées générales qui dominent encore la technique toute spéciale des turbines à vapeur.

Turbine du type de Laval.

Nous allons passer en revue rapidement les trois organes caractéristiques de cette turbine :

Les tuyères;

La roue mobile;

L'arbre flexible.

La *tuyère* doit produire la détente de la vapeur depuis la pression des chaudières jusqu'à celle du condenseur, en transformant cette pression en énergie de vitesse. Une telle transformation, pour un fluide incompressible comme l'eau, se ferait très simplement dans une tuyère à section graduellement décroissante. En effet, pour un fluide incompressible, il y a conservation du volume débité dans chaque section. La relation

$$\text{débit} = \text{section} \times \text{vitesse},$$

où le débit est constant, montre que la vitesse croît graduellement dans une tuyère convergente.

Le théorème de Bernouilli

$$\frac{p}{\varpi} + \frac{V^2}{2g} = \text{const.}$$

où l'on néglige le terme d'altitude montre que cette création de force vive se fera au détriment de la pression de l'eau.

Pour un fluide compressible comme la vapeur, le phénomène est compliqué d'une variable supplémentaire, le poids spécifique, et la forme à donner à la tuyère cesse d'être intuitive.

Le débit volume va sans cesse en croissant, et c'est le débit poids qui demeure constant. La relation

$$\text{débit poids} = \text{section} \times \text{vitesse} \times \text{poids spécifique}$$

montre que la section est soumise à deux influences contradictoires :

1° A l'accroissement continuel de la vitesse;

2° A la diminution continuelle du poids spécifique.

Le calcul montre que des deux influences, la première est d'abord prépondérante, puis la seconde, si bien que la section doit d'abord décroître, puis croître.

Sans entrer dans le détail des calculs, nous énumérons les propositions principales auxquelles il aboutit et qui constituent la base de la technique spéciale des turbines à vapeur.

1° La détente adiabatique d'un fluide à l'intérieur d'une tuyère peut se représenter d'une façon très satisfaisante par la loi $pv^k = \text{constante}$, où k tient compte de la nature du fluide.

K = 1,41 pour les gaz parfaits (loi de Laplace);

K = 1,135 pour la vapeur saturée sèche;

K = 1,3 pour la vapeur surchauffée.

2° La détente entre les pressions p_1 et p_2 fait naître une vitesse calculée par la formule :

$$\frac{V^2}{2g} = -\int_{p'}^{p''} v\,dp,$$

où l'on tient compte, pour résoudre l'intégrale, de la loi adiabatique de la première proposition. Plus simplement, on peut remarquer que le second membre représente l'expression en kilogrammes des calories q mises en liberté dans la détente. Le nombre q se lit très aisément sur le diagramme entropique ou mieux encore sur le diagramme de Mollier. La formule précédente devient alors :

$$\frac{V^2}{2g} = 427.q \quad \text{ou} \quad V = 91{,}5\sqrt{q}.$$

(1) Sosnowski : *Roues et turbines à vapeur.*

Digitized by Google

3° Dans la détente d'un fluide pris initialement à une pression p_1, il existe une pression remarquable donnée par la relation :

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}}.$$

La valeur du second membre dépend seulement de K, c'est-à-dire de la nature du fluide. Ce rapport est 0,52 pour l'air, 0,58 pour la vapeur saturée et 0,54 pour la vapeur surchauffée.

4° Si la détente a lieu d'une pression p_1 à une pression p_2 supérieure à p_0, il suffira pour l'accomplir d'une tuyère convergente, dont la section d'entrée sera évasée autant que possible, et dont la section de sortie sera calculée par la formule évidente

$$P = S \times V \times \varpi,$$

où P est le débit-poids par seconde de vapeur ;

V, la vitesse en m/s calculée par la formule $V = 91{,}5\sqrt{q}$,

ϖ, le poids spécifique correspondant à l'état de la vapeur après détente.

5° Si la pression p_2 est inférieure à p_0, la tuyère présentera une section minimum au col; on aura donc à calculer deux sections, celle du col et celle de sortie. Les deux se calculeront par la formule

$$P = SV\varpi,$$

où V et ϖ prendront les valeurs correspondantes à chacune des deux sections.

6° La vitesse au col d'une tuyère est précisément celle du son dans un milieu identique à celui de la vapeur, dans l'état où elle se trouve au col.

Les propositions précédentes, que nous avons énoncées au sujet de la tuyère de Laval, sont absolument générales et s'appliquent sans changement aux tuyères et distributeurs de toutes les turbines. Les pressions p_1 et p_2, au lieu de signifier respectivement les pressions de chaudière et condenseur, seront les pressions d'entrée et de sortie de chaque distributeur.

La *roue* de la turbine de Laval est traversée à pression constante par la vapeur qui sort entièrement détendue des tuyères.

L'entrée de la vapeur dans la roue se fait sans choc. On réalise cette condition en disposant l'entrée de l'aubage moteur tangentiellement à la vitesse relative W de la vapeur. Pour un nombre de tours donné, c'est l'angle d'entrée de l'aubage moteur qui réalise l'entrée correcte ; pour un aubage donné, on le réalise en faisant tourner la turbine à une vitesse déterminée qu'on nomme la *vitesse de régime*.

L'épuisement de la force vive se fait par la courbure graduelle de l'aubage moteur. On a, dans le parallélogramme des vitesses tracé à chaque point de cet aubage, la relation :

$$V^2 = U^2 + W^2 + 2UW\cos\beta.$$

La vitesse de rotation U est constante pour chaque molécule de vapeur, parce que la turbine est hélicoïde. D'autre part, la section étant constante pour débiter un fluide à pression constante, la vitesse de circulation W dans la roue est aussi constante. Dans la formule ci-dessus, cos β seul varie en ne cessant de décroître depuis $\cos 30° = +\frac{\sqrt{3}}{2}$ jusqu'à $\cos 150 = -\frac{\sqrt{3}}{2}$, ce qui fait apparaître de façon saisissante l'artifice d'épuisement graduel de force vive de la vapeur par la courbure de l'aubage.

L'arbre flexible de la turbine de Laval est la solution ingénieuse de l'une des plus grandes difficultés que l'ingénieur suédois ait eues à surmonter dans la réalisation de son invention.

Disons tout de suite qu'une turbine à roue unique doit nécessairement tourner à une très grande vitesse. En effet, le rendement dépend essentiellement du rapport $\frac{u}{v}$ entre la vitesse périphérique u de métal et la vitesse v d'injection de vapeur. Ce rapport, dont M. Rateau a, le premier, saisi toute l'importance et auquel il a assigné la notation ξ, doit se rapprocher de la valeur optimum :

$$\xi = \frac{\cos\alpha}{2n},$$

où α est l'angle des deux vitesses (u, v) à l'entrée et n le nombre de couronnes mobiles épuisant en série la même détente.

En réalité, l'expérience abaisse un peu la valeur optimum de ξ et l'on croit communément que cette valeur est voisine des nombres suivants :

0,40	par les roues	simples.
0,20	—	doubles.
0,13	—	triples.

Pour une turbine de Laval, on doit réaliser $\frac{u}{v} = 0{,}40$. La vitesse d'injection V, provenant de la détente complète de la vapeur, atteint de 1 000 à 1 200 m/s; la vitesse périphérique devra donc atteindre de 400 à 480 m/s, ce qui implique un nombre de tours très élevé pour éviter les trop grands diamètres. Les premières turbines de Laval tournaient à 30 000 tours à la minute. Il ne faut évidemment pas songer à l'équilibre parfait d'un système tournant; il restera donc toujours une partie de la force centrifuge non équilibrée, produisant sur l'arbre une flexion d'un ordre tel qu'il est inutile d'essayer d'y parer par la résistance d'un arbre rigide.

Les phénomènes gyroscopiques de toutes sortes sont assez à l'ordre du jour pour que tout le monde connaisse l'existence des forces qui se développent dans un corps tournant, pour maintenir son axe de rotation en coïncidence avec l'axe d'inertie principal. Aussitôt cette coïncidence obtenue, la force centrifuge partout équilibrée redevient inoffensive. Mais, pour obtenir cette coïncidence, il faut que l'arbre se prête à la déformation qu'elle entraîne, d'où l'emploi de l'arbre flexible.

Soit une roue montée sur un arbre flexible, avec une légère excentricité e du centre de gravité par rapport à l'axe. On met en marche la roue avec une vitesse de rotation ω, d'où naissance d'une force centrifuge croissante $\frac{P}{g}\omega^2 e$, qui fait fléchir très apparemment l'arbre. La flexion continuerait jusqu'à la rupture sans l'intervention des forces gyroscopiques qui ramènent la flexion à celle juste nécessaire pour placer le centre de gravité dans la ligne des paliers.

Turbine du type Parsons.

Dans l'invention de l'ingénieur anglais Parsons, nous retenons deux idées principales que nous allons étudier successivement :

1° La division de la détente en un grand nombre d'étages de pression, chaque détente divisionnaire fournissant la vitesse consommée dans une couronne d'aubages mobiles;

2° La détente se poursuit d'une façon continue aussi bien dans les organes fixes que dans les aubages mobiles. Ce mode de fonctionnement classe la turbine dans la catégorie des turbines dites « à réaction ».

Digitized by Google

ARTIFICE DES ROUES MULTIPLES. — Soit q la chute totale de calories, par kilogramme de vapeur, entre la température des chaudières et celle du condenseur. Dans la turbine de Laval à une seule roue, la vitesse d'injection de la vapeur sera $v_0 = 91{,}5\sqrt{q}$. Dans une turbine à n étages, la détente divisionnaire sera $\frac{q}{n}$ et la vitesse d'injection sera :

$$v = 91{,}5\sqrt{\frac{q}{n}}$$

d'où :

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{n}}.$$

Pour le même ξ, les vitesses périphériques u_0 et u devront être réduites dans le même rapport :

$$u = \frac{u_0}{\sqrt{n}}.$$

Le calcul précédent, fait sans faire intervenir « la réaction », nous montre déjà que l'artifice des roues multiples conduit à adopter, pour les turbines, des vitesses de rotation de plus en plus faibles, sans nuire au rendement.

TURBINES A ACTION. TURBINES A RÉACTION. — On dit qu'une turbine est « à action », quand la détente de la vapeur a lieu seulement dans les organes fixes, tuyères ou distributeurs, les roues étant toutes traversées à pression constante.

La turbine est, au contraire, « à réaction » quand la détente se poursuit d'une façon continue à travers les aubages fixes et mobiles.

Dans les lignes qui suivent, nous allons établir à l'aide de raisonnements élémentaires quelques propositions qui aideront le lecteur à se former une opinion sur ces deux modes différents d'utilisation du même total d'énergie.

Ces propositions seront toutes basées sur l'expression de la puissance utile fournie par une roue. Chaque kilogramme de vapeur apporte dans la roue une énergie $\frac{V_1^2}{2g}$ et il s'échappe inutilement à la sortie une énergie $\frac{V_2^2}{2g}$. La puissance développée serait donc, s'il n'y avait aucune perte :

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \text{ par kg de vapeur.}$$

Le frottement dans une turbine à action se traduit par une perte :

$$\frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}.$$

L'expression de la puissance utile par kilogramme de vapeur est donc :

$$\frac{V_1^2 - V_2^2 - (W_1^2 - W_2^2)}{2g},$$

ou bien, après transformations tirées des propriétés trigonométriques des parallélogrammes de vitesses :

$$\frac{u(V_1 \cos \alpha_1 - V_2 \cos \alpha_2)}{g}.$$

On étendrait sans peine cette démonstration au cas des turbines à réaction. Il suffirait de considérer les trois vitesses relatives suivantes : 1° celle d'entrée W_1 ; 2° la valeur plus grande W à laquelle elle se trouve portée par la détente supplémentaire effectuée dans la roue; 3° la valeur véritable W_2 de sortie en tenant compte du frottement.

L'énergie d'entrée deviendrait :

$$\frac{V_1^2 + W^2 - W_1^2}{2g},$$

la perte de frottement deviendrait :

$$\frac{W^2 - W_2^2}{2g}.$$

On retomberait ainsi exactement sur le même résultat(1).

INFLUENCE DE LA RÉACTION SUR LA VITESSE ET LE NOMBRE D'AUBAGES. — Pour simplifier nos raisonnements, nous négligerons le terme $V_2 \cos \alpha_2$ toujours très petit, la sortie de la vitesse résiduelle étant toujours voisine de la normale.

La puissance devient donc, par kilogramme de vapeur et par roue :

$$\frac{Vu \cos \alpha}{g}.$$

Soient maintenant :

x, le nombre de roues;

D, le diagramme moyen des aubages;

n, le nombre de tours par minute;

q, la chute totale des calories.

On aura dans une turbine à action :

$$V = 91{,}5\sqrt{\frac{q}{x}}$$

et dans une turbine à réaction, où la détente se fait par parts égales dans le distributeur et la roue :

$$V = 91{,}5\sqrt{\frac{q}{2x}}.$$

En résumé, la puissance totale d'une turbine sera proportionnelle à :

$nD\sqrt{xq}$ dans le cas d'une turbine à action

et

$nD\sqrt{\frac{xq}{2}}$ dans le cas d'une turbine à réaction.

Les propositions suivantes deviennent alors évidentes :

Proposition I. — Si deux turbines, l'une à action, l'autre à réaction, doivent produire par kilogramme de vapeur la même puissance, dans les mêmes conditions de chute de calories, il faudra, toutes autres choses égales d'ailleurs, l'une des deux conditions suivantes :

1° A même nombre d'étages, la turbine à réaction doit tourner $\sqrt{2}$ fois plus vite;

2° A vitesses de rotation égales, la turbine à réaction doit posséder un nombre double d'étages.

(1) La formule fondamentale relative à la puissance utile d'une roue présenterait plus de garantie en employant les théorèmes de quantités de mouvement, dont l'application ne nécessite pas l'évaluation des travaux dus aux forces intérieures, travaux dont l'explicitation est, au contraire, rendue nécessaire dans l'application du théorème des forces vives.

On trouvera la démonstration rigoureuse dans les articles sur les turbo-machines de M. Rateau (*Revue de Mécanique*, année 1897 et suivantes).

Notre but a surtout été de faire un raisonnement élémentaire, gagnant en simplicité ce qu'il perd en rigueur.

Digitized by Google

Dans le cas des turbines hydrauliques à basse chute, la réaction intervenant pour augmenter la vitesse de rotation naturellement trop faible sera une qualité précieuse.

Dans le cas des turbines hydrauliques à haute chute, on évitera la réaction; car, d'une part, il est inutile d'augmenter la vitesse qui sera naturellement élevée, et d'autre part la surpression au joint amènerait des fuites.

Dans le cas des turbines à vapeur, la vitesse désirable pour le rendement de la turbine n'est jamais trop faible; elle est, au contraire, souvent trop forte. Les turbines qui doivent conduire des dynamos à courant continu à grande puissance et faible voltage doivent être lentes, pour rendre possible la construction du collecteur; même nécessité dans les turbines marines, où le rendement de l'hélice s'accommode mal des grandes vitesses. Il faut donc, dans une turbine à vapeur à réaction, augmenter le nombre des étages pour éviter l'excès de vitesse. N'oublions pas d'ajouter que le nombre des aubages moteurs se multipliant, la puissance réclamée à chacun d'eux devient plus faible, et on pourra dans cette mesure simplifier leur construction.

Nous trouvons une vérification de notre analyse dans ce fait d'observation courante : les turbines à réaction sont toutes plus longues et leurs ailettes ne présentent pas le même degré de robustesse que celles des turbines à action, chaque constructeur se conformant bien ainsi aux conséquences logiques des principes qu'il met en œuvre.

Influence de la réaction sur la poussée axiale. — L'auteur de cette note a fait paraître dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, de juin 1910, une étude détaillée de la poussée axiale dans les turbines à vapeur; sans qu'il soit nécessaire de reporter ici cette analyse très complète de toutes les causes de poussée, on conçoit aisément que les deux faces de chaque couronne d'aubages moteurs sont soumises à des pressions égales dans les turbines à action, et inégales dans les turbines à réaction, d'où une cause très importante de poussée vers l'échappement, inhérente au principe de réaction.

L'existence naturelle d'une poussée axiale qu'il faut équilibrer est en général une complication grave de construction et de fonctionnement. Il existe pourtant un cas où la poussée axiale convient parfaitement : c'est celui des turbines marines où l'on fait correspondre en sens inverse la poussée de l'hélice. Le bateau se trouve alors entraîné par les assises de la turbine, sans interposition dispendieuse du palier de butée.

Influence de la réaction sur les jeux. — Dans une turbine, il y a à prévoir des jeux entre les parties tournantes constituant le *rotor* et les parties fixes constituant le *stator*. Ces jeux sont de deux sortes :

1° Au droit des pièces fixes portant les distributeurs. Dans les deux types de turbines, ce jeu sera la cause de fuites, plus importantes dans les turbines à action où les détentes divisionnaires sont quatre fois plus fortes. Mais il est facile de tenir ces jeux sur un faible diamètre (voir construction Rateau).

2° Les jeux au droit des aubages moteurs, qui sont toujours situés sur un grand diamètre. Dans le cas d'une turbine à action, la pression est la même sur les deux faces de chaque roue, aucune dénivellation de pression ne forcera la circulation de vapeur dans le jeu périphérique, qui restera rempli d'une vapeur à peu près stagnante. On pourra donc laisser impunément un jeu de 5 à 6 mm. Au contraire, dans une turbine à réaction, le jeu sera réduit à la plus petite valeur compatible avec la sécurité de marche. Nous touchons là à l'inconvénient le plus grave de la réaction.

Influence de la réaction sur les pertes par frottements. — Nous avons expliqué que le nombre x de détentes divisionnaires est sensiblement quadruple dans une turbine à réaction, parce qu'il existe d'une part un nombre double d'étages et que d'autre part la détente se fait à la fois dans les distributeurs et les roues. La formule :

$$V = 91{,}5\sqrt{\frac{q}{x}}$$

nous montre qu'il en résulte que les vitesses d'injection de la vapeur dans les roues sont sensiblement réduites de moitié par le procédé de réaction. Or, les travaux de frottements qui sont produits par des chocs répétés sont très probablement proportionnels aux carrés des vitesses. On réduit donc par étage cette part au quart et, comme nous comptons le double d'étages, la part totale spéciale aux chocs et frottements sera réduite de moitié.

Turbine du type Rateau.

La *turbine Rateau* est du type multicellulaire et à action. Chaque étage de pression est constitué par un diaphragme portant les aubes fixes de distribution de vapeur et par une roue utilisant l'énergie cinétique créée dans le distributeur précédent.

Les avantages du type multicellulaire combiné avec le principe d'action sont les suivants :

1° Les seules fuites possibles sont localisées dans le jeu situé entre le diamètre extérieur des moyeux des roues et les garnitures du diaphragme. La petitesse du rayon, en ce point, limite au minimum l'importance de cette fuite;

2° La roue mobile étant traversée à pression constante, le jeu à la périphérie des roues, séparant la partie tournante du stator, peut sans inconvénient être porté à 5 ou 6 mm. Il en résulte une grande sécurité de marche;

3° Si l'on se reporte à notre étude sur la poussée axiale, on verra que les diverses causes de poussée axiale sont :

La réaction;
Le montage en tambour;
Les différences de diamètre sur l'arbre;
Le phénomène d'éjection;
La poussée dynamique.

L'un des grands avantages du dispositif de M. Rateau est de supprimer les deux premières causes qui sont de beaucoup les plus importantes; la troisième cause est assez faible, car tous les moyeux ont des alésages sensiblement égaux; il ne reste plus à considérer que l'amincissement de diamètre aux deux extrémités au droit des garnitures, formant deux collets, qui reçoivent des pressions inégales produisant une légère poussée vers l'échappement.

La quatrième cause et la dernière sont de sens contraires et du même ordre de grandeur.

En résumé, on peut dire que la poussée axiale, dans une turbine Rateau, est pratiquement nulle, et comme elle se présente comme une différence, on peut s'attendre à la voir se produire dans un sens ou l'autre, au hasard de la construction.

Le seul inconvénient du dispositif multicellulaire est de placer une surface importante de disque tournant au sein d'une vapeur stagnante, d'où une perte par frottement.

Digitized by Google

Turbine du type Curtis.

La caractéristique de l'invention de l'ingénieur américain Curtis est l'existence, dans un même étage de pression, de plusieurs étages de vitesses.

Dans la première réalisation, la turbine était divisée en deux étages de pression. Chacun d'eux comprenait :

1° Une couronne de tuyères où s'opérait la détente de la vapeur;

2° Une série de quatre couronnes d'aubages moteurs montés sur un même disque mobile, et constituant ce qu'on appelle une roue quadruple;

3° Entre deux couronnes mobiles consécutives, une série d'aubages fixes à section constante, pour le redressement sans nouvelle détente du jet de vapeur.

Cette disposition présente, en première analyse, un énorme avantage de simplification. Il est facile de se convaincre, en effet, qu'une roue à n étages utilise la chute de calories de n^2 roues simples.

En effet, soit une vitesse de rotation u, résultant du choix du nombre de tours et du diamètre des roues.

La vitesse d'injection doit réaliser la condition de marche optimum :

$$\xi = \frac{u}{V} = \frac{\cos \alpha}{2n}.$$

Il existe donc entre les vitesses V_1 et V_n, respectivement relatives à une roue simple et à une roue à n étages la relation :

$$V_n = nV_1.$$

La formule générale :

$$V = 91{,}5\sqrt{q}$$

montre ensuite qu'il existe entre les calories q_1 et q_n rationnellement utilisables dans les roues à 1 et n étages la relation :

$$q_n = n^2 q_1.$$

Il est donc démontré que, dans une turbine :

1 roue quadruple remplace 16 roues simples;
1 roue triple remplace 9 roues simples;
1 roue double remplace 4 roues simples.

Cet énorme avantage est malheureusement racheté par de

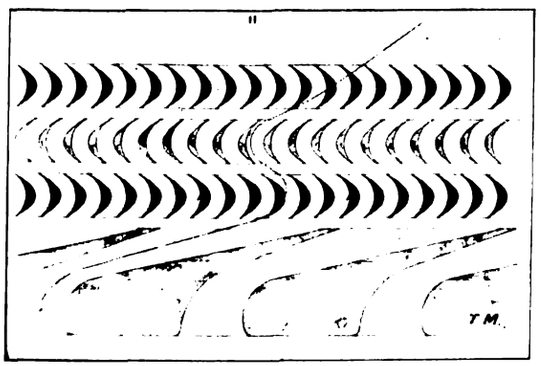


Fig. 1. — Tuyères et roue double.

graves inconvénients. La puissance transmise par les divers étages est rapidement décroissante du premier au dernier étage. Et, comme il fallait s'y attendre, cette inégalité de répartition nuit au rendement qui devient de moins en moins satisfaisant quand on augmente le nombre des étages.

La figure 2 montre la succession des triangles de vitesses dans une roue double. La figure 3 rassemble sur une même épure tous ces triangles. Sur cette figure, les puissances transmises sont respectivement proportionnelles :

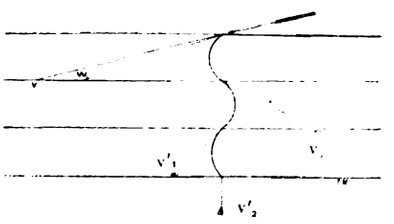


Fig. 2. — Vitesse dans la roue double.

$$V_1^2 - V_2^2 \quad \text{et} \quad V_1'^2 - V_2'^2.$$

Par l'application d'un théorème de géométrie élémentaire, les quantités précédentes peuvent être remplacées par :

$$4u.ab \quad \text{et} \quad 4u.ac,$$

grandeurs qui mettent en évidence la rapide décroissance de la puissance transmise.

L'abaissement de rendement qui s'ensuit a progressivement fait abandonner l'emploi des étages de vitesses Curtis. La Compagnie Thomson-Houston exploitant le brevet Curtis a ramené la composition de la turbine à une succession de roues triples, puis une succession de roues doubles. A l'heure actuelle, les brevets Curtis sont exploités par l'A. E. G. de Berlin et la Compagnie Thomson-Houston. Le premier étage seul est constitué par une roue double, le reste de la turbine est entièrement conforme au dispositif multicellulaire Rateau.

Fig. 3. — Espace des vitesses de la roue double.

Comme nous venons de le voir, la nécessité d'arriver à une consommation de vapeur économique a presque entièrement fait abandonner l'idée originale des étages de vitesses Curtis, et il ne subsiste, dans la construction moderne, que l'usage de la roue double placée en tête de la turbine. Mais nous devons ajouter que cet emploi s'est généralisé et étendu à la presque totalité des types actuels. Cela tient à ce que la roue double ainsi placée, malgré son déchet de rendement, présente de singuliers avantages, dont nous donnons ci-dessous l'énumération :

1° Raison de simplicité et d'économie du prix de revient de la turbine. Nous avons vu, en effet, que, théoriquement, la roue double tient lieu et place de quatre roues simples. Pratiquement, on pourrait atteindre le même rendement avec des roues simples poussées jusqu'à $\xi = 0{,}30$. Dans ces conditions, une roue double à $\xi = 0{,}20$ tient la place de 9/4 de roues simples. On peut dire que la roue double tient la place de 2 à 3 roues simples;

2° L'existence de la roue double permet d'abaisser considérablement, dans la première détente des tuyères, la pression de la vapeur. On diminue ainsi les fuites par les garnitures, côté admission, et on évite le frottement des premiers disques dans un milieu à haute densité;

3° Enfin, la roue double présente des garanties de rigidité qui sont utiles dans la région où la vapeur est à grande pression.

L'histoire des étages de vitesses débutant par l'emploi d'étages

Digitized by Google

quadruples, et aboutissant à l'emploi unique d'une roue double de tête, est un bel exemple d'évolution d'idée exagérée que l'usage assagit et ramène aux justes proportions.

Les types originaux dans la construction moderne.

On a pu montrer, à la conférence du 12 février, un grand nombre de clichés indiquant dans ses grandes lignes l'état actuel de la turbine chez les principaux constructeurs. La place manque dans ce court résumé pour reproduire en figures tous ces clichés; nous nous contenterons de donner les plus intéressants et de préférence ceux inédits.

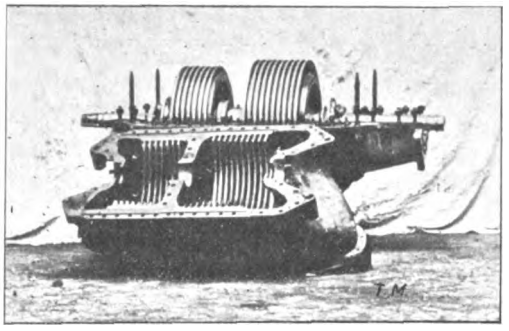


FIG. 4. — Turbine système Bréguet.

TURBINE DE LAVAL. TURBINE BRÉGUET. — La turbine de Laval est construite actuellement en France par la maison Bréguet. On trouvera la description détaillée de cette turbine dans l'ouvrage déjà cité de M. Sosnowski. La vitesse de rotation étant très élevée, il est nécessaire d'interposer, entre l'arbre de la turbine et celui ou ceux des machines commandés, un réducteur d'engrenages.

La maison Bréguet construit également une turbine à roues multiples du type à action et montage en tambour. La figure 4 montre un type classique à deux tambours. Le tambour en acier moulé est claveté sur l'arbre; il porte des couronnes en acier forgé, sur lesquelles viennent s'encastrer les aubages moteurs en bronze. Entre deux couronnes d'aubages moteurs s'intercale une couronne d'aubages distributeurs fixée dans le stator. La détente se produit seulement dans chacune des couronnes fixes, les aubages moteurs étant traversés à pression constante (action).

Dans le dispositif à tambour, les fuites sont à redouter dans le jeu à grand diamètre situé à l'intérieur des couronnes fixes. Il serait dangereux de limiter trop ce jeu dans le sens radial : on préfère le réduire dans le sens longitudinal entre l'aube fixe et l'aube mobile qui suit.

Malgré que la turbine soit à action, les deux faces d'un même tambour comprenant un nombre appréciable de détentes divisionnaires sont à des pressions très différentes, d'où une poussée axiale très importante. Dans la figure 4, la poussée axiale est

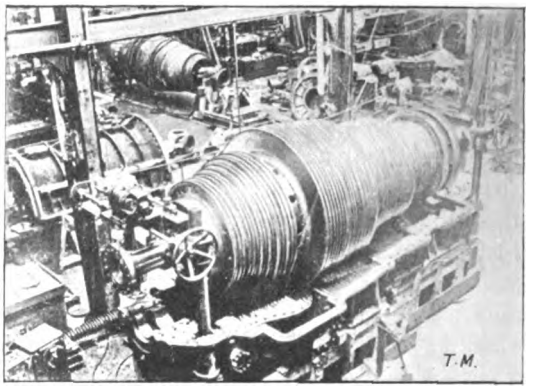


FIG. 5. — Turbine du *Renaudin* en montage (Construction Bréguet).

neutralisée par l'inversion du sens de l'écoulement dans les deux tambours.

La figure 5 montre la vue du rotor d'une turbine marine actuellement en montage dans les ateliers de la maison Bréguet, et destinée au contre-torpilleur *Le Renaudin*.

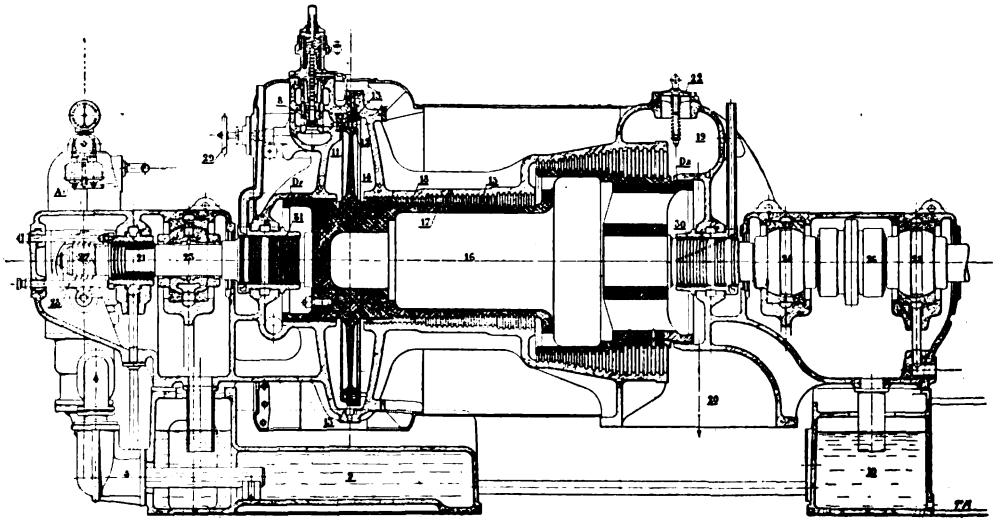


FIG. 6. — Coupe longitudinale de la turbine combinée, système Brown-Boveri-Parsons.

1, engrenages de commande du régulateur; 2, levier de réenclanchement; 3, volant de manœuvre de la soupape d'arrivée de vapeur; 4, tubulure d'aspiration de la pompe à huile; 5, tubulure de refoulement de la pompe à huile; 6, pointeau de réglage d'arrivée d'huile; 7, chambre d'arrivée de vapeur; 8, bypass automatique; 9, réservoir d'huile avant; 10, réservoir d'huile arrière; 11, tuyères; 12, roue à action; 13, segment des aubes directrices de la roue à action; 14, chambre de la roue à action; 15, corps du cylindre; 16, arbre de la turbine; 17, ailettes de l'arbre (réaction); 18, ailettes du cylindre (réaction); 19, chambre d'échappement; 20, échappement; 21, bagues de réglage du palier de butée; 22, soupape de sûreté; 23, coussinet à rotule n° 1; 24, coussinet à rotule n° 2; 25, coussinet à rotule n° 3; 26, accouplement; 27, vis sans fin de commande du palier de butée de l'arbre du régulateur; 28, tige de réglage du palier de butée; 29, commande du bypass; 30, boîtes étanches arrière; 31, boîtes étanches avant.

Dans cette turbine, on distingue la turbine principale pour marche avant, et une turbine auxiliaire montée sur le même arbre, trop courte pour réaliser une marche économique, et destinée à la marche arrière. Chacune de ces turbines débute par une roue triple et continue par une série de tambours à diamètres croissants. L'écoulement de la vapeur, pour chacune des deux marches, se fait dans un seul sens; il s'ensuit une énorme poussée axiale, qui est en partie utilisée à contrebalancer la poussée de l'hélice, et dont le reste est équilibré par un piston d'équilibrage.

Digitized by Google

Turbine Brow-Boveri Parsons. — Ces turbines sont construites en Suisse par la maison Brow-Boveri de Baden et en France, principalement par la Compagnie électro-mécanique du Bourget et la Compagnie Fives-Lille.

La figure 6 montre la coupe de la turbine Brow-Boveri Parsons moderne. On remarquera essentiellement dans cette coupe les points principaux suivants :

1° La présence à la tête de la turbine d'une roue double à action. L'un des inconvénients de la réaction est d'exiger l'injection totale, dès l'entrée de la turbine, ce qui conduit à des aubes très courtes où le jeu prend une importance relative considérable. La roue double de tête, dont nous avons signalé la généralisation à tous les types, a donc une raison de plus d'exister dans les turbines Parsons.

2° Le reste de la turbine est constitué par un tambour Parsons pur, avec détente poursuivie sans discontinuité à travers tous les aubages fixes ou mobiles (réaction).

3° L'équilibrage de la turbine est réalisé par deux pistons d'équilibrage. Le premier se trouve du côté de l'admission; ses garnitures règlent la fuite entre la chambre 11, où tourne la roue double (dans laquelle chambre la pression est de 2 à 4 kg), et l'espace 31, en relation avec le condenseur. Le second piston réalise une disposition ingénieuse connue sous le nom de « dispositif Fullagar » et se trouve en 30 du côté échappement. La pression intermédiaire, entre le premier et le second diamètre de tambour (0 kg 5 absolu environ), se trouve apportée par le tambour creux dans l'espace 30 et agit en sens inverse de la poussée axiale.

L'ingéniosité de ce double dispositif d'équilibrage réside dans le fait de récupérer, en amont, les fuites de vapeur à la pression de sortie des tuyères et d'éviter, du côté échappement, les rentrées d'air en plaçant entre l'atmosphère et le condenseur une pression intermédiaire.

Turbine système Rateau. — M. Rateau a d'abord fait construire sa turbine par la maison Sautter-Harlé. Actuellement, la

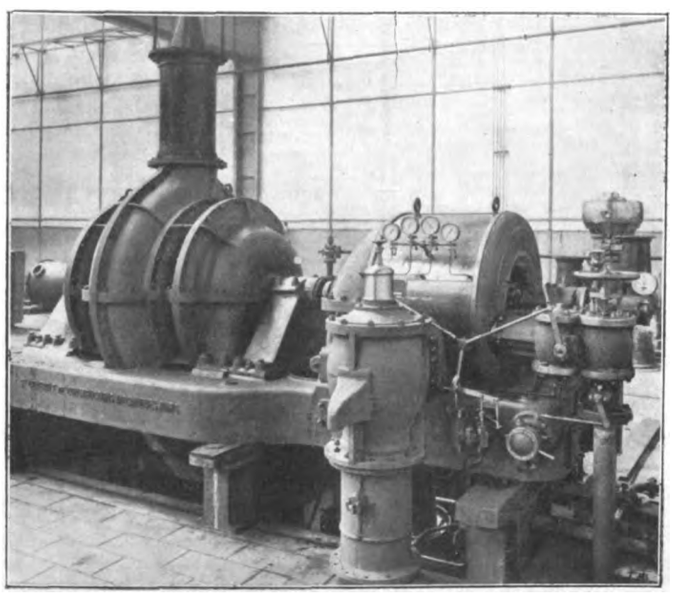


Fig. 7. — Turbo-soufflante système Rateau de la Société générale de constructions mécaniques.

turbine Rateau est construite en France par la Société générale de Constructions mécaniques (anciens établissements Garnier et Faure-Beaulieu) à Paris, et par les Ateliers et Chantiers de Bretagne (anciens établissements de La Brosse et Fouché), à Nantes.

L'auteur de cette note a publié, dans *La Technique Moderne* du 15 février 1913, une étude détaillée d'une turbine de 10 000-15 000 kw, actuellement en montage dans les ateliers de la Société générale de constructions mécaniques, et destinée à conduire un alternateur pour la Compagnie parisienne de distribution d'électricité.

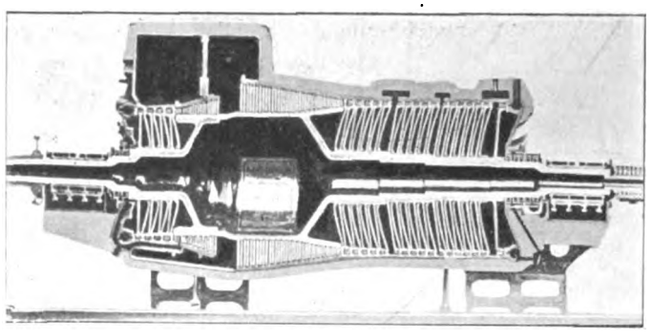


Fig. 8. — Turbine marine système Rateau des ateliers et chantiers de Bretagne.

Nous donnons dans la figure 7 une photographie représentant une turbo-soufflante Rateau, construite par la même société, pour les aciéries de Denain et Anzin. Le groupe est d'une puissance de 850 ch, à la vitesse de 3 000 tours/minute; la soufflante doit produire un débit de 630 m³ d'air par minute, à la pression de 35 cm de Hg.

La turbine est du type mixte, c'est-à-dire qu'elle peut indifféremment être alimentée soit par de la vapeur d'échappement de machines alternatives, avec régularisation du flux dans un accumulateur, soit par la vapeur vive des chaudières, soit encore par les deux vapeurs à la fois. Le dosage des deux vapeurs se fait par un réglage spécial, très visible sur la figure, et dont l'organe principal est un piston placé sous la dépendance de la pression de l'accumulateur, et dont le rôle est de fermer l'arrivée BP et ouvrir l'arrivée HP quand la pression baisse à l'accumulateur Malgré cette liaison, les deux obturateurs restent sous la dépendance du régulateur centrifuge.

La photographie représente le groupe sur la plate-forme d'essai. Le débit de vent est mesuré par une tuyère calibrée, placée sur le refoulement de la soufflante.

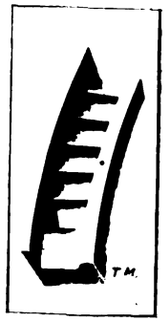


Fig. 9. — Distributeur système Zoelly.

Les Ateliers et Chantiers de Bretagne construisent la turbine Rateau, à la fois pour le type terrestre (groupes électrogènes, soufflantes et compresseurs) et le type marine. La figure 8 représente une coupe de turbine marine de 8 000 ch, modèle ayant servi pour les contre-torpilleurs *Fourche* et *Faulx*. On y voit très nettement la turbine marche avant, constituée par une roue triple, seize roues doubles et un tambour ; la turbine marche arrière, constituée par quatre roues doubles et un tambour. On y voit aussi les trois arrivées intermédiaires de vapeur, qui permettent de faire varier le nombre d'étages en service en sens inverse de la vitesse du bateau, de manière à réaliser à toutes les vitesses la marche la plus économique.

L'une des difficultés de la turbine marine de guerre réside

Digitized by Google

dans cette nécessité de réaliser des marches économiques à différentes vitesses. Si l'on désigne par :

n, le nombre de tours;
d, le diamètre des aubages;
x, le nombre d'étages,

on a vu que l'on doit réaliser, pour les diverses valeurs de n, une certaine valeur constante du groupement $nd\sqrt{x}$. Il faut donc logiquement que le nombre d'étages en service augmente quand la vitesse diminue. On réalise cette condition en dirigeant la vapeur, à l'échappement de la roue triple, en divers points de la turbine, par des by-pass appropriés. C'est dans la marche la plus lente seule que la vapeur passe dans tous les étages.

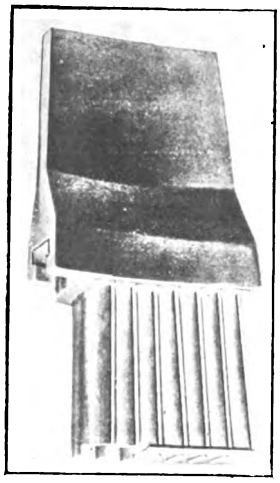


Fig. 10. — Aubages moteurs système Zoelly.

Turbine système Zoelly. — La turbine Zoelly est construite par la maison Escher Wyss, de Zurich. Elle est identique comme principe à la turbine Rateau. Par suite de conventions passées avec M. Rateau, elle a pu être construite, en France, par la Société Alsacienne de constructions mécaniques et les établissements Schneider du Creusot.

La figure 9 représente les secteurs portant les aubages distributeurs, la figure 10 les détails de montage des aubages moteurs; la figure 11 donne une vue des diaphragmes.

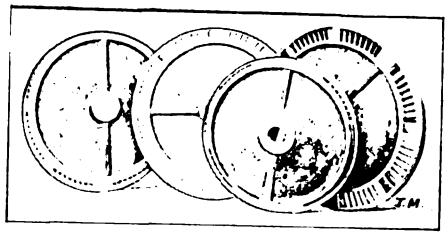


Fig. 11. — Roues système Zoelly.

Turbine système Curtis. — Nous avons déjà indiqué, dans ses grandes lignes, l'évolution du brevet Curtis, débutant par des étapes quadruples, puis triples, puis la compagnie Thomson-Houston créant son type vertical à étages doubles, trop connu pour que nous le redonnions ici. Actuellement, la compagnie A. E. G. de Berlin et la Compagnie Thomson-Houston exploitent un type de turbine conforme à la figure 12. On voit que cette turbine débute par une roue double, dernier vestige du brevet Curtis. Le reste de la turbine est du type multicellulaire.

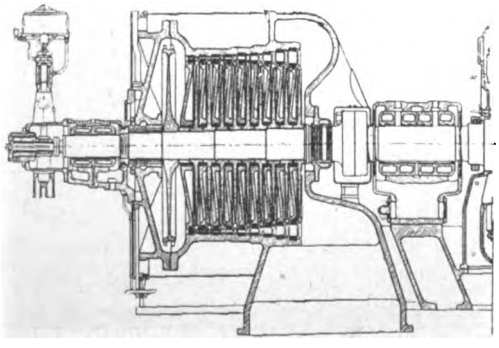


Fig. 12. — Dispositif de la turbine système Curtis.

Turbine Ljanström. — Nous donnons enfin la description de la nouvelle turbine, d'origine suédoise, dont la licence vient d'être cédée, en France, à la maison Sautter-Harlé, de Paris.

La figure 13 montre une coupe par le plan vertical axial. La turbine se compose essentiellement de deux disques tournant en sens inverses, montés en porte-à-faux aux deux extrémités

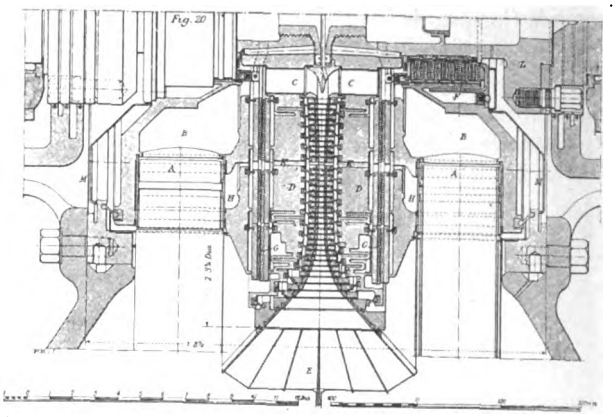


Fig. 13. — Dispositif de la turbine système Ljanström.

des arbres des génératrices commandées. Les aubages sont disposés en cercles concentriques sur chacun des deux disques, les couronnes alternant d'un disque à l'autre. La vapeur arrive par les deux tuyaux A, et pénètre en C dans la succession d'aubages. L'échappement se fait sur la périphérie, à travers le diffuseur E.

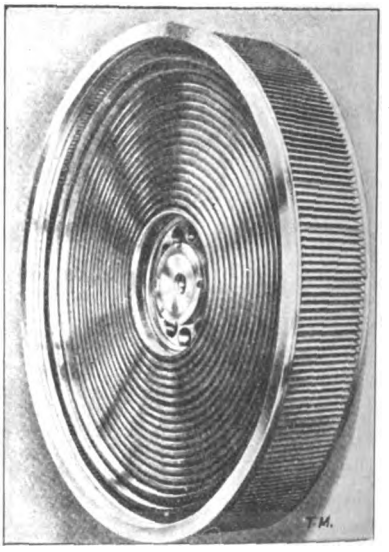


Fig. 14. — Roue système Ljanström.

La figure 14 représente une des deux roues, et la figure 15 le montage du rotor et du diffuseur.

Les avantages théoriques de cette turbine sont incontestables. Voici ceux qui apparaissent à première vue :

1° La vitesse de rotation relative entre les aubages, celle qui entre en ligne de compte dans la mesure du rapport $\frac{x}{n}$, est double de la vitesse des appareils commandés. Cette particularité

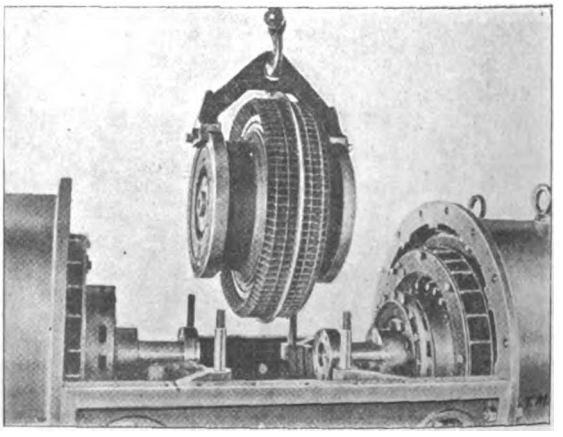


Fig. 15. — Rotor et diffuseur système Ljanström.

Digitized by Google

permettra d'obtenir un bon rendement de turbine avec des commandes lentes. Tel sera le cas de la commande de dynamos à courant continu, à grande puissance et faible voltage.

2° Suppression des diaphragmes et des pertes inhérentes à ces organes, frottements et fuites.

La division nécessaire des deux appareils commandés se présente tantôt comme un avantage, tantôt comme un inconvénient.

Par contre, la turbine Ljanström présente des difficultés sérieuses de construction, dont la principale est d'assurer un bon équilibrage axial. La vapeur circulant entre les deux disques agit par poussée statique, comme elle le ferait sur un piston de cylindre de machine alternative, et tend à écarter les deux disques. Pour y remédier, une faible quantité de vapeur circule dans un labyrinthe situé entre le dos de chaque roue et une partie fixe. Les orifices K servent à égaliser la pression dans les deux circulations de vapeur.

Des turbines de ce système ont été construites en Suède et en Angleterre. Les consommations de vapeur publiées sont très honorables, et donnent à augurer favorablement de l'avenir de cette turbine. Nous espérons que les constructeurs arriveront à surmonter les difficultés d'exécution de ce système et à pouvoir le rendre vraiment industriel.

Le rendement des turbines à vapeur.

Des variations de la définition du rendement. — Le *rendement* est un rapport abstrait, dont le numérateur est une *recette*, le dénominateur une *dépense*, les deux évaluations étant faites avec la même unité; la différence entre la recette et la dépense mesurant les *pertes*.

Exemple : Une dépense de 1 kg de houille à puissance calorifique moyenne 8000 calories fournit une recette de 1 cheval-heure, cette dernière mesure étant faite sur l'arbre moteur. Evaluons les deux quantités en kilogrammètres heures.

La dépense est :

$$427 \times 1 \times 8\,000 = 3\,416\,000 \text{ kgm.}$$

La recette est :

$$75 \times 3\,600 = 270\,000 \text{ kgm.}$$

Le rendement de l'opération est donc :

$$\frac{270\,000}{3\,416\,000} = 0{,}08 \text{ environ.}$$

Nous tirons de cet exemple deux enseignements :

1° La constatation de la médiocrité de l'artifice suivant lequel un moteur thermique transforme l'énergie potentielle du charbon en énergie mécanique directement utilisable. On pourra nous objecter qu'il existe des moteurs abaissant à 0 kg 400 la consommation de charbon par cheval-heure. Cela ne fait encore qu'un rendement de 20 %. Et il existe tant de machines où notre évaluation moyenne serait encore trop optimiste.

2° On conçoit qu'on puisse faire varier depuis un nombre très voisin de zéro jusqu'à un nombre très voisin de la valeur idéale un la grandeur du rendement, en évaluant en des points différents la dépense et la recette. Dans l'exemple précédent, la dépense est comptée en charbon à l'entrée de la chaudière ou gazogène, et la recette évaluée sur l'arbre du moteur thermique. On ne compte donc pour rien les frais d'extraction de la houille ni les pertes des organes intermédiaires, dynamos, engrenages, transmission, qui vont porter, non sans déchets appréciables, l'énergie produite au lieu même de son utilisation. Une comptabilité aussi sévère mettrait en lumière que nos efforts n'aboutissent à rendre assimilables que quelques millièmes des richesses naturelles. Mais on est amené tout naturellement à ne faire que des comptabilités partielles et à mesurer des rendements d'appareils isolés. Voici quelques exemples de rendements utilisés.

a) La dépense est en calories *calculées* d'après le poids d'eau d'alimentation, calcul éliminant les pertes de foyer et de générateur, et la recette se mesure dans le cylindre par l'indicateur de Watt. Le rapport se nomme le *rendement indiqué*.

Cette définition convient très bien aux machines à vapeur à pistons. Elle peut s'étendre à tous les moteurs où il est possible d'inscrire un diagramme, comme les moteurs à explosion et à combustion interne.

Mais il est tout à fait impossible de l'étendre au cas des turbines à vapeur. Pourtant, certains constructeurs de turbines, soucieux de faire juger leurs appareils avec la même indulgence que comporte la définition du rendement indiqué, se sont ingéniés à des mesures englobant des pertes analogues, et ont appliqué au résultat le nom de « rendement indiqué ». Un tel rendement, cessant d'être mesurable par un appareil précis, mais évalué à l'aide d'estimations arbitraires, perd toute garantie.

b) La dépense est l'énergie emmagasinée dans le cylindre mesurable par l'indicateur de Watt; la recette est l'énergie mécanique mesurée aux freins sur la poulie de commande. Le rapport se nomme le *rendement mécanique*, ainsi nommé parce que les pertes qui y entrent sont d'ordre mécanique, frottements de toutes sortes des pièces en mouvement, vibrations, etc.

Un rendement mécanique s'apprécie grossièrement par le nombre de tours que fait un moteur après la suppression de l'énergie motrice, la comparaison n'ayant un sens que pour juger de la construction des moteurs identiques pourvus de volants identiques.

c) Le produit des deux rendements précédents, jugeant à la fois des pertes subies par la vapeur dans les obturateurs et le cylindre, et des pertes mécaniques des organes cinématiques, donne la valeur exacte de la machine. Un tel rendement est le *rendement pratique du moteur*.

Il ne faut pourtant pas s'illusionner sur sa signification, un tel rendement n'est pas seulement propre au moteur, il tient compte du choix de la pression, de la surchauffe, du vide.

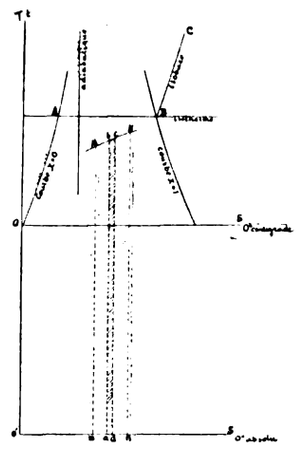


Fig. 16. — Diagramme entropique.

Notions sur le diagramme entropique. — Dans le cas des turbines à vapeur, on est privé des lectures de l'indicateur de Watt.

Nous allons remplacer ces lectures par celles d'un diagramme spécial, qu'on nomme diagramme entropique, dont l'emploi se généralise de plus en plus dans les bureaux d'études, malgré les difficultés inhérentes à sa compréhension. Nous nous proposons, dans les quelques lignes qui suivent, d'expliquer d'une façon tout élémentaire les propriétés essentielles de ce diagramme reproduit partiellement sur la figure 16.

Digitized by Google

Les *ordonnées* représentent les *températures*, centigrades si elles sont comptées à partir de l'origine O, ou absolues si elles sont comptées à partir de l'origine O'. L'axe vertical porte les deux graduations superposées.

Les *abscisses* horizontales représentent les dépenses évaluées avec une grandeur spéciale qu'on nomme l'*entropie*, et dont nous allons donner une définition élémentaire.

Dans la chaleur, on doit distinguer :

1° Sa *quantité* Q mesurée en calories ;

2° Sa *qualité* ou *température*, mesurée en degrés, et qu'on représente par t dans l'échelle centigrade et T dans l'échelle absolue, avec la relation connue $T = 273 + t$.

Dans les évolutions thermiques, il faut tenir compte à la fois de la quantité et de la qualité. En effet, s'il est exact, d'après le principe de l'équivalence, que toute calorie contient uniformément 427 kgm, on sait, d'autre part, par le principe de Carnot-Clausius, que le coefficient d'utilisation de ces calories dans un moteur thermique augmente avec la température de cette calorie, ou ce qui revient au même, la quantité nécessaire de chaleur décroît avec la température, il faut moins de calories chaudes que de calories froides. Il découle de là l'idée de considérer le paramètre $\frac{Q}{T}$ qui diminue l'importance de la quantité au fur et à mesure que s'élève la qualité (1). C'est à ce paramètre $\frac{Q}{T}$ que nous réservons le nom d'entropie, dont l'étymologie signifie évolution. En réalité, l'expression algébrique de l'entropie n'est aussi simple que dans la période de vaporisation où la température est constante. Dans les périodes d'échauffement de l'eau et dans celle de surchauffe, c'est la pression qui demeure constante, la température étant variable. Il faut alors considérer individuellement chaque apport élémentaire dQ de calories et lui affecter la température T qui lui convient. L'expression de l'entropie devient alors :

$$S = \int \frac{dQ}{T}.$$

Les coordonnées de chaque point du diagramme entropique étant définies, il va être aisé de déterminer la forme des courbes représentatives des principales transformations.

Isothermes. — Ce sont évidemment des droites horizontales.

Adiabatiques. — Les transformations adiabatiques sont celles qui se font sans échange de chaleur, ni avec la chaudière, ni avec le condenseur. C'est le cas de la détente de la vapeur dans la turbine (1).

Une telle transformation ayant comme définition $dQ = o$, c'est-à-dire $dS = o$, sera nécessairement représentée par une verticale.

Courbes de saturation. — On peut concevoir une transformation isothermique de l'eau où l'on partirait d'une pression élevée où l'eau ne pourrait exister que sous la phase liquide. En diminuant graduellement la pression, on arriverait à l'ébullition continue jusqu'à la disparition complète de la phase liquide. Au delà, la vapeur devient de plus en plus fluide et se rapproche d'un gaz parfait. On peut marquer sur chaque isotherme le point A figuratif du début de l'ébullition, et le point B figuratif de la fin de cette ébullition.

La région à gauche du point A représente la phase liquide, la région AB la vapeur en présence de son eau ou *vapeur saturée*, la région à droite du point B représente ce qu'on appelle la *vapeur surchauffée*, vocable difficile à comprendre ici, où nous avons supposé une transformation isothermique, mais qui sera expliqué dans la suite.

Le point A représente l'état du *liquide saturé*, le point B l'état de la *vapeur sèche saturée*. Les tables de Regnault permettent de déterminer avec précision les points A et B sur chaque isotherme. On peut alors tracer les deux courbes, lieux respectifs de ces deux points, ce sont respectivement les *courbes de saturation* du liquide et de la vapeur.

Courbes a titre constant. — Soit 1 kg de mélange d'eau liquide et de vapeur. S'il y a x kg de vapeur, et par suite $(1 - x)$ kg de liquide, x s'appelle le titre de la vapeur.

Les courbes de saturation A et B peuvent, d'après cela, s'appeler les courbes $x = 0$ et $x = 1$. En divisant chaque intervalle AB dans un rapport $\frac{AC}{AB} = K$, on aura la courbe $x = K$.

Surchauffe. — Les tubes surchauffeurs étant en communication permanente avec la chaudière, la surchauffe est nécessairement isobare. En connaissant les calories utiles à l'élévation de température dans la surchauffe, on en déduit la forme BC à donner à l'arc de surchauffe.

Aire entropique. — Chaque rectangle élémentaire *abcd* de l'aire entropique a pour surface $TdS = dQ$. Il s'ensuit que l'aire mMNn sustendue par une ligne de transformation MN a pour superficie le nombre de calories mises en jeu dans cette transformation MN.

Représentation entropique des transformations thermiques de l'eau. — On prend un diagramme entropique sur lequel sont tracés, avec des équidistances convenables, les isothermes, les adiabatiques, les courbes à titre constant, les isobares. On commence par tracer les trois isothermes correspondant aux températures du condenseur, de la chaudière et de

---

(1) On peut préciser davantage le rôle joué par le paramètre $\frac{Q}{T}$. Soit une première machine fonctionnant suivant un cycle de Carnot entre les températures absolues T_1 et T_2, avec emprunt de Q_1 calories à la chaudière et pertes de Q_2 calories au condenseur. Ces quatre grandeurs sont liées par la relation de Clausius :

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

qui peut s'écrire :

$$(a) \qquad \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2},$$

Soit une nouvelle machine fonctionnant encore suivant un cycle de Carnot entre les températures T'_1 et T_2. La masse de fluide en jeu est réglée pour céder encore au condenseur Q_2 calories. L'emprunt Q'_1, nécessaire à la nouvelle source chaude, est réglé encore par la relation de Clausius.

$$(b) \qquad \frac{Q'_1}{T'_1} = \frac{Q_2}{T_2},$$

En rapprochant les relations (a) et (b), on voit que la valeur commune du rapport $\frac{Q}{T}$ règle la convenance des diverses sources chaudes pouvant constituer un cycle de Carnot avec une même source froide.

(1) Il a été souvent dit qu'il est absurde de se servir d'un diagramme dérivé de l'entropie pour enregistrer une transformation aussi peu réversible que la détente de la vapeur dans une turbine. Il serait facile de dissiper ce scrupule, mais nous désirons nous abstenir dans cette note de toute digression purement théorique.

Digitized by Google

surchauffe. Ce sont les trois horizontales marquées sur la figure 17.

Cela fait, prenons l'origine du cycle au point A, où l'eau, entièrement liquide, est portée à la température d'ébullition correspondant à la pression de la chaudière.

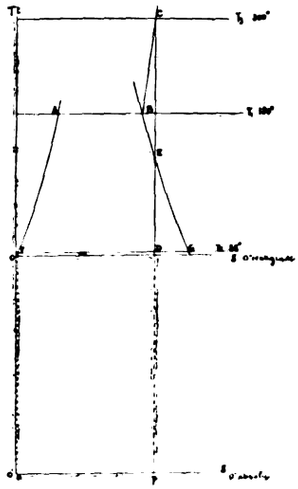


Fig. 17. — Épure entropique des transformations thermiques de l'eau.

Les phases successives sont :

1° La vaporisation AB, à température et pression constantes, le titre variant de $x = 0$ à $x = 1$;

2° La surchauffe BC pendant laquelle la pression demeure constante, la température monte de T_1 à T_2;

3° La détente adiabatique CD pendant laquelle la pression tombe de la pression des chaudières à celle du condenseur, la température décroît de T_2 à T_3. Enfin, la vapeur d'abord surchauffée devient sèche et saturée en E, puis de plus en plus humide jusqu'au titre $\frac{FD}{FG}$;

4° La condensation DF s'achève dans le condenseur où l'eau est ramenée à l'état liquide;

5° La pompe alimentaire puise l'eau liquide du condenseur et la refoule dans la chaudière, opération pendant laquelle le point figuratif entropique demeure sensiblement fixe en F;

6° L'eau se réchauffe dans la chaudière depuis la température T_3 jusqu'à la température T_1, le point figuratif s'élevant de F en A sur la courbe de saturation.

Rendement théorique de la turbine parfaite. — Le choix des trois grandeurs suivantes : pression ou température de chaudière, température de surchauffe, pression ou température du condenseur, nous permet de tracer le diagramme entropique. Sur la figure 17, on peut planimétrer les aires suivantes : aire *m*FABC*p* représentant le nombre total de calories dépensées par kilogramme de vapeur.

Aire *m*FD*p*, représentant les calories cédées en pure perte au condenseur;

Et par différence, l'aire FABCD représentant les calories utiles que la turbine a la mission de transformer en travail.

Le rapport $\frac{\text{calories utiles}}{\text{calories totales}}$ est le rendement de la turbine parfaite. Il ne tient compte que du choix des sources.

Si l'on suppose $T_1 = 180°$, $T_2 = 300°$, $T_3 = 35°$, le kilogramme de vapeur contient 732 calories, dont 207 seulement sont utilisables. Il en ressort un rendement théorique de 28,3 %.

Rendement propre de la turbine. — Les 207 calories utiles que nous avons trouvées dans l'exemple précédent devraient correspondre à un travail de 427×207 k.g.m. par kilogramme de vapeur. En réalité, la turbine ne sera capable de fournir qu'une fraction 0,65 à 0,70 de ce travail. Cette fraction sera le rendement propre de la turbine.

C. Monteil.

ALLOCUTION DE M. A. RATEAU

ANCIEN PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

Pour témoigner, mieux que par ma seule présence ici, tout l'intérêt que je porte aux organisateurs de ces conférences si instructives et au conférencier de ce soir, dont la collaboration nous est très chère par ailleurs, je pense que vous voudrez bien me permettre d'ajouter quelques mots. Le sujet des turbines à vapeur en elles-mêmes ayant été admirablement développé par M. Monteil, avec beaucoup de clarté, je me bornerai à vous présenter un bref résumé de la comparaison qu'on peut établir entre elles et les autres genres de moteurs thermiques.

Le grand développement des turbines à vapeur date à peine d'une dizaine d'années. Il a été extrêmement rapide. Nous avons là un exemple typique de la violence avec laquelle se font, de nos jours, les transformations dans l'industrie. Déjà, on peut compter environ 20 millions de chevaux installés ou en construction dont une moitié à peu près servent à la propulsion des navires, et la plus grande partie du reste à la production de l'électricité dans les centrales; sur cette quantité, il y a certainement plus de 600 000 ch de turbines à basse pression ou mixtes utilisant les vapeurs d'échappement.

Ce succès rapide est dû aux qualités éminentes de ce genre de machines, qualités que M. Monteil nous indiquait, dont la principale peut-être, sur laquelle j'appelle toute votre attention, est qu'il permet de construire des unités de grande puissance. On a fait des turbines de 20 000, de 30 000 ch même, tandis qu'avec les moteurs à pistons on ne peut dépasser 10 000 ch à terre et 15 000 à 16 000 ch à bord des navires; s'il en était besoin, il n'y aurait pas de difficultés à aller beaucoup plus loin encore avec les outils dont disposent les grands ateliers de construction.

La machine à vapeur à piston, qui était restée souveraine pendant tout le siècle dernier, ne se fait donc plus pour de grandes puissances. Son application est aujourd'hui réservée aux petites puissances, jusqu'à 400 ou 500 ch par exemple, ou dans des cas spéciaux comme celui des locomotives. Son domaine, sans aucun doute, se restreindra encore; il restera quand même assez important pour que le souvenir de tous ceux qui ont contribué à ses perfectionnements ne s'efface pas de notre mémoire.

Nous devons nous demander si pareille aventure ne va pas arriver aux turbines, si leur magnifique envolée de ces dernières années ne sera pas éphémère, d'autres solutions meilleures apparaissant. Certains prophètes de la mécanique annoncent déjà sans hésitation que les moteurs à combustion interne vont très prochainement supplanter les machines à vapeur dans la plupart de leurs applications.

Voyons donc rapidement si cette pensée s'appuie sur des raisons solides, et pour cela comparons les divers genres de moteurs thermiques existants, premièrement pour des puissances modérées, de l'ordre de 200 à 500 ch, ensuite pour des puissances unitaires de plusieurs milliers de chevaux.

Les moteurs à combustion interne, qui, jusqu'à présent, ne sont que des machines à pistons (la turbine à gaz n'ayant pas encore fait son entrée dans le monde et, pour ma part, je ne crois pas à son avènement comme moteur industriel), utilisent le combustible dans l'intérieur même des cylindres moteurs; on évite ainsi les pertes qu'entraîne l'emploi d'un corps intermédiaire, tel que la vapeur d'eau, qui reçoit l'application de la chaleur donnée par le combustible dans le générateur de vapeur qu'il faut adjoindre à la machine motrice. Ces moteurs se divisent, comme vous savez, en deux catégories : les moteurs à gaz et les moteurs Diesel.

Dans les premiers, on commence par transformer en gaz le combustible, charbon ou essence, dans un gazogène ou un car-

Digitized by Google

burateur; dans les seconds, on utilise directement le combustible (qui doit être à l'état liquide) en l'injectant par une pompe, dans le cylindre même, au sein de l'air très échauffé par une forte compression. La machine revêt dès lors son maximum de simplicité. Elle se suffit à elle-même, alors que la machine à vapeur réclame tout un cortège d'engins compliqués : chaudière, condenseur, pompe alimentaire, pompe à air, réfrigérant, etc.

Les rendements de ces différents genres de machines sont approximativement les suivants :

1° Machines de 300 ch.

a) *Machine à vapeur à piston* : Pression de vapeur P = 12 kg/cm² : surchauffe 300°; avec condenseur, la consommation de vapeur est environ : K = 5,6 kg par cheval-heure effectif, correspondant à une dépense de combustible de 5 600 calories, alors que, théoriquement, 630 calories par cheval-heure suffiraient. Le rendement est donc de 11,2 %.

Les petites turbines à accouplement direct donneraient une consommation plus élevée, mais des turbines à engrenages réducteurs en donneraient une plutôt moindre.

b) *Moteur à gaz* : La consommation moyenne par cheval-heure est de 400 gr d'anthracite ou de charbon maigre de bonne qualité à 8 000 calories par kilogramme, soit 3 200 calories par cheval-heure effectif; rendement : 19,7 %;

c) *Moteur Diesel* : Consomme 190 g de pétrole ou d'huiles lourdes à 10 000 calories par kilogramme, soit 1 900 calories par cheval-heure effectif; rendement : 33 %;

On voit l'énorme supériorité du moteur Diesel au point de vue purement thermodynamique.

2° Grandes machines de 3 000 ch et plus.

a) *Turbine à vapeur* : K = 6,2 kg par kilowatt-heure avec forte surchauffe et vide bien réalisé, soit 4,13 par cheval-heure effectif.

Un bon générateur peut donner 8 kg de vapeur surchauffée par kilogramme de bon charbon à 8 000 calories; donc : K = 4 130 calories par cheval-heure; rendement : 15,2 %.

Mais avec une grande machine, une forte surchauffe et un vide excellent, on peut arriver à 5,2 kg par kilowatt-heure et même moins, paraît-il, avec le système Ljangström; à 5,2 correspond une consommation de calories de $\frac{5{,}2 \times 8\,000}{1{,}36 \times 8} = 3\,800$ par cheval-heure; rendement : 16,6 %.

b) *Grand moteur à gaz* : La consommation de chaleur des grands moteurs à gaz tombe à 2 800 calories par cheval-heure; soit un rendement de 22,8 %.

c) *Grand moteur Diesel* : Avec le moteur Diesel elle tombe à 1 800 calories par cheval-heure : le rendement est de 35 %.

Voilà pour les rendements thermodynamiques; mais ce qui intéresse l'industriel, ce n'est pas le beau résultat scientifique, c'est en définitive le faible prix de revient d'ensemble du cheval-heure en tenant compte du prix du combustible qu'il peut utiliser et des frais d'exploitation et d'amortissement du capital engagé. La comparaison dépend alors essentiellement des circonstances locales et principalement du prix du combustible.

Faisons des hypothèses moyennes pour avoir une idée des chiffres auxquels on arrive pour le prix de revient du cheval-heure.

Supposons qu'on emploie du charbon pour chaudières à 20 fr la tonne, ou du charbon maigre, pur, classé et lavé pour gazogènes, à 30 fr la tonne; du pétrole brut ou des huiles lourdes à 70 fr la tonne. On a pour les petits moteurs les résultats indiqués au tableau suivant, en centimes :

	MACHINE A VAPEUR	MOTEUR A GAZ	MOTEUR DIESEL
Dépense de combustible par ch-h. . .	1,4	1,2	1,3
Frais d'exploitation et d'amortissement.	2,6	2,7	2,5
Prix de revient en centimes du ch-h. .	4,0	3,9	3,8

Pour les frais d'exploitation et d'amortissement, j'ai adopté les mêmes chiffres que M. A. Witz dans son travail récent sur « La crise de la machine à vapeur ».

Avec de grands moteurs, les chiffres se modifieraient à peu près comme l'indique le tableau ci-dessous, dans lequel j'ai inscrit le même taux pour les frais d'exploitation et d'amortissement, parce que, dans l'ignorance de chiffres précis, j'estime qu'il n'y a pas grand écart.

	MACHINE A VAPEUR	MOTEUR A GAZ	MOTEUR DIESEL
Dépense de combustible par ch-h. . .	1,03	1,05	1,26
Exploitation et amortissement	1,60	1,60	1,60
Prix de revient du ch-h.	2,63	2,65	2,86

Il n'y a donc que peu de différence d'un genre de moteur à l'autre si les prix des combustibles sont voisins de ceux que nous avons supposés. Pour les petits moteurs, l'avantage revient plutôt au moteur Diesel, tandis qu'il se manifeste en faveur des turbines à vapeur dans le cas des grandes puissances. Mais la prépondérance de l'une de ces sortes de moteurs sur les autres peut naître d'une circonstance locale favorable. En voici quelques exemples :

On peut parfois se procurer des combustibles de qualité inférieure à très bas prix : poussier de coke, schlamms de lavoirs, déchets de triage, etc.

Les générateurs de vapeur s'en accommodent, tandis qu'il faut des combustibles purs pour les machines à gaz. La machine à vapeur s'imposera dans ce cas. Au contraire, dans les régions éloignées des houillères, où il n'y a pas de droits d'entrée prohibitifs sur les pétroles, en Suisse par exemple, le moteur Diesel sera nettement indiqué. Près des houillères, il est certain que la machine à vapeur est plus économique.

Il n'y a exception que si le moteur peut être alimenté au moyen de gaz rendu disponible par ailleurs, comme c'est le cas des hauts fourneaux, qui sont d'immenses et excellents gazogènes, et des fours à coke. Il est certain qu'on a tout intérêt à brûler le gaz dans les moteurs eux-mêmes plutôt que dans les générateurs de vapeur. On produit ainsi une puissance double. Cependant le résultat économique définitif dépend du prix auquel revient le gaz. En tenant compte de tous les éléments du prix de revient, je crois que l'écart entre le moteur à gaz et la turbine n'est pas aussi grand que le soutiennent les protagonistes du moteur à gaz.

Comme machine de secours, le moteur Diesel trouve des applications nombreuses parce qu'il est immédiatement disponible pour être mis en marche. Dans les pays où le pétrole est bon marché, il s'impose pour les petites puissances.

Mais les moteurs à combustion interne sont limités comme puissance. Ils sont encombrants et lourds. Les constructeurs ont fait de grands progrès récemment; ils s'acharnent à en faire d'autres.

Il n'y a pas de doute que nous voyions bientôt de tels moteurs de plusieurs milliers de chevaux; dans l'état actuel on ne dépasse pas, si même on atteint, 6 000 ch. C'est insuffisant pour les grandes centrales électriques ou pour la propulsion marine.

En admettant que l'on arrive à produire des puissances de 10 000 et même de 20 000 ch en une unité (et ce seraient certainement des machines colossales) ces moteurs ne s'imposeraient pas pour cela sur terre. L'avantage ainsi que nous l'avons vu resterait encore aux turbines à vapeur, d'autant que la quantité d'huiles lourdes ou de pétrole disponible n'est pas tellement grande qu'une demande un peu intensive n'ait pour effet de faire monter les prix.

Pour les navires, il en est autrement, surtout pour les navires de guerre où la considération du prix du combustible n'est pas d'importance majeure. Des commodités de service, une augmentation notable de la distance franchissable sans ravitaillement pourront conduire à préférer le moteur Diesel le jour où l'on sera parvenu à les faire plus puissants, peu lourds et d'une marche sûre, si tant est qu'on y arrive.

En résumé, nous pouvons, je pense, conclure que chaque genre de moteur thermique a son champ d'application propre qui pourra s'étendre ou se rétrécir suivant les circonstances, mais qui ne sera sans doute pas très différent dans un avenir immédiat de ce qu'il est aujourd'hui. Sans qu'on puisse prétendre à l'appliquer dans tous les cas, la turbine à vapeur voit donc toujours devant elle de belles perspectives. Comme total de puissance installée annuellement dans le monde elle est, à cette heure, au premier rang, et de beaucoup. Elle y restera probablement encore pendant de longues années.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VII, N° 7, 1er Octobre 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

LES APPAREILS DE SÉCURITÉ DANS LES CHEMINS DE FER

CONFÉRENCE FAITE LE MERCREDI 12 MARS 1913

Par M. Albert MOUTIER

Ingénieur, Chef des Services techniques de l'Exploitation de la Compagnie du Chemin de fer du Nord.
Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Sous la Présidence de M. BEAUGEY, *Inspecteur général des Mines, Directeur honoraire des Chemins de fer de l'Etat.*

Messieurs,

M. Bourrey, le très actif et sympathique directeur de *La Technique Moderne*, qui, avec un zèle inlassable, cherche à vulgariser tous les faits nouveaux qui surgissent dans le domaine scientifique et industriel, a pensé que c'était bien l'heure propice de dire quelques mots de la sécurité dans les chemins de fer; il n'a pas craint de compromettre ainsi l'élan et la fidélité du public choisi qui vient de plus en plus nombreux à ses réunions.

En répondant à son appel très convaincant, je ne suis pas venu servir des intérêts ou défendre des idées personnelles; encore moins je n'aurai pas la témérité de rechercher s'il a pu y avoir, dans ce domaine très spécial, des imprévoyances fâcheuses ou s'il existe des exagérations inexplicables, car, en cette question si complexe, les apparences sont souvent trompeuses : il faut avant tout que les dispositions prises soient bien en harmonie avec le caractère, le tempérament de ceux qui les utilisent; les moyens importent peu, c'est l'organisation qui fait tout.

Peut-on dire que la sécurité dans les chemins de fer soit une question de toute actualité, parce que née d'hier? qu'elle prenne, pour ainsi dire, tout le monde au dépourvu ?

Nullement! cette question est vieille comme le chemin de fer lui-même, qu'elle a suivi dans ses extensions successives; comme lui, elle a évolué, elle a grandi, elle est devenue plus impérieuse avec les besoins nouveaux; mais, de tout temps, les dirigeants du chemin de fer ont eu la préoccupation de réduire à néant les chances d'accidents pour les voyageurs, et si, en cette matière, on n'a pu toujours atteindre le zéro absolu, on s'en est approché de très près.

Les difficultés grandissant chaque jour, par suite de l'accroissement de la vitesse des trains, du poids et du nombre des convois, etc..., la vigilance des ingénieurs ne s'est pas ralentie un seul instant : ils ont dû inventer, appliquer successivement de nouveaux moyens et de nouvelles méthodes pour lutter avec succès contre les incertitudes sans cesse croissantes et pour être toujours absolument maîtres de la situation.

Quelle noble tâche! Oh certes! mais combien ingrate! car, malheureusement, les chemins de fer n'échappent pas à la loi commune qui fait que toute œuvre humaine, même celle au service de laquelle se trouvent toutes les capacités et tous les dévouements, reste toujours sous le coup de la capricieuse et terrible fatalité, cette mauvaise fée qui promène partout, insensible, sa puissance sinistre, sur mer et sur terre, dans les mines et dans les airs, et qui s'attaque aussi bien aux groupements qu'aux individus. Hélas! si le chemin de fer vient à souffrir de son apparition soudaine, ce sera parfois l'hécatombe, la catastrophe retentissante, qui courra la France et le monde soulevant les clameurs des masses assoiffées de châtiments. On réclamera la tête de quelqu'un, et ce quelqu'un, bien souvent, sera celui qui aura assumé la lourde charge de la sécurité et qui aura sacrifié tous ses loisirs et dépensé toute son existence à solutionner, au jour le jour, les problèmes les plus arides : Il y a des gens à qui l'on demande, en raison de leur mission, de devenir des surhommes! mais combien est-il injuste et cruel, en présence d'un accident, de leur adresser d'amers reproches ?

Pourtant, avec plus de sang froid, on est bien obligé de constater que c'est précisément dans les groupements d'individus rassemblés dans un but commun, que les garanties de sécurité sont les plus grandes, précisément à cause de la présence d'un comité actif d'hommes avertis et dévoués qui élaborent et mettent à exécution toute une série de mesures salutaires pour la sécurité de leurs semblables, alors que ceux-ci, soit par ignorance, soit par insouciance, ne prendraient certainement pas pour eux-mêmes la centième partie de ces précautions s'ils étaient rendus à l'isolement : individuellement, ils tomberaient souvent victimes du danger, dont les rendait indemnes le groupement où on veillait sur eux. Les morts isolées s'ajouteraient-elles les unes aux autres au point de former des centaines dans une année, que l'opinion publique n'en serait pas émue; à peine quelques faits divers donneraient-ils, par-ci par-là, le récit de ces accidents individuels, et par suite banals : c'est tout simplement la vague humanité qui tombe au cours du destin.

Nous pouvons, si vous voulez bien, jeter un regard en arrière et remonter dans la statistique jusqu'au temps des messageries pour acquérir la preuve certaine qu'avec les chemins de fer la sécurité dans les transports s'est très sensiblement accrue.

De 1846 à 1855, les voitures des messageries françaises : royales, nationales ou impériales, alors à leur apogée, parcoururent 73 703 066 km et transportèrent 3 679 806 voyageurs, sur lesquels 11 furent tués et 124 blessés, soit par 100 millions de personnes transportées : 299 morts et 3 369 blessés.

D'autre part, du 7 septembre 1835 au 31 décembre 1875, les chemins de fer français à peine sortis de la période de début, transportèrent 1 781 403 687 voyageurs, le nombre des morts et des blessés étant respectivement de 19 et de 175 par 100 millions, soit 16 fois moins de chances de mort et 20 fois moins de chances de blessures par le chemin de fer que par la vieille diligence.

Digitized by Google

En 1894, les chances de mort étaient sur les chemins de fer près de 100 fois moindres et les chances de blessures 50 fois moindres qu'avec les messageries d'autrefois.

Si nous examinons même plus en détail la période de dix années allant de 1885 à 1894, le tableau ci-dessous montre que

STATISTIQUES DES PERSONNES TUÉES OU BLESSÉES DANS DES ACCIDENTS DE CHEMINS DE FER DE 1885 A 1906.

	TUÉS	BLESSÉS	NOMBRE de voyageurs transportés	TUÉS par million de voyageurs transportés	BLESSÉS par million de voyageurs transportés
1885.	»	59	214.450.555	»	0,275
1886.	6	125	216.648.915	0,027	0,577
1887.	»	68	217.774.876	»	0,312
1888.	9	70	224.801.159	0,040	0,311
1889.	6	188	244.164.701	0,024	0,350
1890.	3	128	241.118.706	0,0124	0,530
1891.	54	431	255.671.898	0,211	1,685
1892.	»	198	288.077.679	»	0,686
1893.	»	254	317.818.027	»	0,796
1894.	11	251	336.514.148	0,032	0,746
1904.	18	316	433.912.983	0,0411	0,1273
1906.	8	283	491.936.930	0,0163	0,5757

pendant cette période, quatre années entières se sont passées sans qu'il y ait eu mort d'homme, du fait de l'exploitation, parmi tous les voyageurs, sur l'ensemble de tous les réseaux français.

Pour sept autres années, les accidents, mortels ou non, sont relativement rares si on envisage le nombre des voyageurs transportés.

Une seule année semble faire tache (l'année 1891) par un nombre exceptionnel, si je puis m'exprimer ainsi, de tués et de blessés. Il ne faudrait pas en conclure que la vigilance des Compagnies se fût alors relâchée; mais l'implacable sort est venu frapper la masse compacte en faisant d'un seul coup plus de 200 victimes dont 50 morts.

Les derniers chiffres de cette liste (année 1906) où s'arrêtent ma statistique nous donnent à peu près le taux actuel de la perfection vers laquelle tendent tous les efforts et font apparaître comme moyennes : 0,0163 tués, et 0,5757 blessés par million de voyageurs transportés.

Ces constatations nous donnent *a priori* une idée assez nette de l'efficacité des mesures de sécurité prises par tous les exploitants de chemins de fer.

Je vais essayer maintenant d'esquisser, en peu de mots, la technique même de la méthode et des moyens auxquels on a recours pour assurer cette sécurité, et je m'efforcerai de bien faire ressortir les points susceptibles d'attirer le plus l'attention, en même temps que je donnerai quelques explications, forcément succinctes, sur les appareils les plus nouveaux.

Le problème de la sécurité dans les chemins de fer, avec ses multiples aperçus, ses imprévus même, réside pour ainsi dire entièrement dans le domaine de l'exploitation.

C'est là qu'on rencontre en effet ces appareils de voie délicats, tels que les aiguillages, qui peuvent s'entrebâiller et causer des déraillements ou donner une fausse direction et provoquer des collisions.

C'est là aussi que nous voyons cet angoissant spectacle de trains de 400 tonnes et plus lancés les uns derrière les autres à des vitesses atteignant 120 km à l'heure, et qui, s'ils rejoignaient devant eux des trains à marche plus lente, donneraient lieu à des télescopages meurtriers.

Le problème apparaît de prime abord comme déconcertant et on reste pour ainsi dire confondu tout autant par la maîtrise que doivent avoir sur eux-mêmes et sur les éléments en action, les dirigeants des chemins de fer, que par la sérénité des nombreux voyageurs qui leur font pleine confiance.

Partout ailleurs, la notion de sécurité n'apparaît guère plus redoutable sur le chemin de fer que dans tous les travaux où l'art de l'ingénieur s'exerce avec ses données certaines et les précisions de calculs savamment vérifiés.

C'est d'abord la confection de la plate-forme qui comportera bien des soins particuliers en ce sens qu'on vérifiera minutieusement le sol sur lequel on doit s'établir, pour le consolider au besoin, de manière à supporter le poids énorme des charges roulantes dues au passage des trains : les remblais seront faits en couches horizontales, en vue d'une égale répartition des pressions dans tous les sens, et les ouvrages d'art seront amplement calculés; mais il n'y aura pour ainsi dire pas d'imprévu et rien qui ne soit résolu par les données de la science ou de l'expérience.

En ce qui concerne la voie proprement dite, appelée à recevoir des chocs ou des efforts considérables, ses éléments doivent être suffisamment robustes, convenablement assemblés, pour former un ensemble à la fois solide et souple; et par conséquent, au cours des temps qui se sont écoulés depuis l'origine des chemins de fer, on a dû successivement renforcer ces éléments : le rail a augmenté de poids, de 30 kg au mètre courant, il pèse aujourd'hui 45 à 54 kg; sa longueur a augmenté aussi : de 8 m, il y a peu de temps, on est passé à 12 m, et les rails de 18 m deviennent courants, même on emploie des rails de 24 m. Le nombre des joints a ainsi diminué et l'éclissage de ceux-ci a été fait beaucoup plus résistant.

Tout cela a coûté des centaines de millions, mais on est arrivé aux résultats les plus satisfaisants.

En ce qui concerne le matériel des trains, et plus particulièrement les machines, là aussi les éléments les plus sûrs de la technique moderne nous fournissent tous les moyens d'avoir des engins pour ainsi dire impeccables.

Le poids et le volume des locomotives vont bien croissant, car le travail qu'on leur demande augmente lui aussi de jour en jour, mais les matières utilisées pour leur construction deviennent meilleures et d'une résistance plus grande; les adjuvants de sécurité dont sont munies les chaudières à vapeur sont d'un fonctionnement plus sûr en sorte que les locomotives actuelles présentent beaucoup moins d'aléas que les locomotives du début.

Ce n'est pas ici non plus, où l'on peut si bien faire, où l'on a si bien fait, que nous serons arrêtés par de constantes préoccupations. Mais il ne faut pas oublier que ces masses énormes roulent à des vitesses souvent très grandes et par conséquent il faut se préoccuper d'en éteindre la force vive dans le plus court espace possible. Cette obligation nous a amenés aux freins continus et puissants qui s'adaptent aux trains de voyageurs, et permettent d'en maîtriser les plus rapides. Déjà, il y a plus de quarante ans, la Compagnie du Nord avait eu recours, pour tout son matériel à voyageurs, au frein continu (le frein à vide Hardy non automatique). La nécessité de ne pas rester isolée (car il n'y a pas eu d'autre raison) dans le concert des autres réseaux, à qui le ministre imposait le frein continu automatique Westinghouse, à air comprimé, a obligé la Compagnie à tout transformer. C'est la rente de ceux qui partent trop tôt; mais le souci de la sécurité qui les a guidés ne leur en laisse aucun regret.

Tout le monde est maintenant familiarisé avec le fonctionnement de ce frein : une conduite qui s'étend sous tout le train est remplie d'air comprimé par une pompe à air, qui se trouve sur la machine, et qui peut être actionnée par la vapeur de cette dernière.

La conduite alimente les réservoirs intermédiaires qui se trouvent sous chaque wagon, et ce, par une valve spéciale, dite triple valve : c'est cet organe qui établit la communication avec la conduite générale, quand la pression de cette conduite est plus élevée que celle du cylindre, et qui met en même temps

Digitized by Google

à l'échappement le cylindre moteur des sabots des freins.

Quand, au contraire, on fait une légère mais brusque dépression, dans la conduite générale, ce que le mécanicien obtient facilement en tournant un robinet qu'il a sous la main, la triple valve se déplace, supprime la communication de la conduite principale avec le réservoir intermédiaire, met ce dernier en relation avec le cylindre à freins, qui n'est plus alors à l'échappement et les freins donnent un serrage énergique : le mécanicien modérera tout d'abord l'action en renvoyant un peu de pression dans la conduite générale, afin de ne pas arriver à un calage des sabots sur les bandages, qui ferait glisser ceux-ci sur les rails en donnant un frottement beaucoup moindre que celui dû au frottement sur les jantes. En cas de rupture d'attelage, la conduite générale se coupe et la dépression qui en résulte fait fonctionner automatiquement le frein ; les deux parties du train désaccouplées s'arrêtent en évitant ainsi tout danger.

Nous citerons ici pour mémoire, en ce qui concerne la sécurité dans les trains, l'intercommunication électrique ou pneumatique qui permet aux voyageurs d'appeler à l'aide en tirant une poignée, ce qui fait retentir une sonnerie électrique dans le compartiment du chef de train ou fait agir un sifflet d'alarme afin d'appeler l'attention du personnel sur le fait anormal qui se passe dans le train.

Tout ceci, comme on s'en rend compte, commence déjà à sortir du domaine de l'art classique de l'ingénieur, et nous fait aborder de front maintenant le milieu plus troublant de l'exploitation où s'exerce plus particulièrement le rôle de ceux qui ont mission de garantir la sécurité.

Problème de l'aiguillage. — Tout d'abord, il a fallu trouver les moyens de rendre inoffensifs les appareils à lames mobiles, tels les changements de voies ou aiguillages franchis par les trains et avec lesquels il faut bien vivre, comme avec un mal nécessaire, puisque sans eux aucun service ne serait possible.

Or on connaît et on applique de nombreux moyens d'immobilisation des aiguilles pour le passage d'un train les abordant par la pointe c'est-à-dire dans la position qui pourrait être dangereuse.

C'est d'abord, s'il s'agit d'une aiguille manœuvrée à pied-d'œuvre, le *boulon de calage* qui permet de fixer intimement la lame sur le rail contre-aiguille.

C'est ensuite, s'il s'agit d'une aiguille manœuvrée à distance, le *verrou*. La tringle de l'aiguille recevant le verrou aura généralement deux trous puisque, le plus souvent, l'aiguille devra aussi bien être prise en pointe sur la gauche que sur la droite ; elle n'aura qu'un trou lorsqu'elle ne pourra être franchie en vitesse par les trains que dans un sens déterminé et alors, à l'égard du passage de ces trains, on aura bien l'assurance que non seulement l'aiguille est bien calée, mais qu'elle est bien assujettie du côté où il faut tandis que lorsque la tringle de l'aiguille présente deux encoches, le verrou pourrait bien être lancé dans le sens qu'il ne faut pas si l'aiguille n'avait pas obéi, pour une cause quelconque, à la manœuvre de sa tringle. Aussi citerons-nous, pour mémoire, l'essai fait sur le réseau de l'Est, où un verrou à obturateur ne permet pas de lancer le verrou deux fois de suite dans une encoche sans avoir bougé l'aiguille en sorte que si celle-ci n'a pas obéi à son levier de manœuvre, le verrouillage ne peut se faire et, par conséquent, l'ouverture du signal autorisant le train à passer, et qui est subordonnée à ce verrouillage préalable, ne pourra avoir lieu.

Mais il y a un moyen, depuis longtemps connu et devenu d'une application générale, qui permet de bien déceler si l'aiguille a réellement bougé au moment où on l'a manœuvrée et si finalement elle colle bien du bon côté au moment où on va la verrouiller : c'est le contrôleur électrique classique qui est adapté à l'aiguille et qui fait retentir au poste de manœuvre une sonnerie tant que cette aiguille s'entrebâille, la sonnerie devenant muette quand le calage est atteint d'un côté ou de l'autre ; il est donc certain que si la sonnerie tinte pendant la manœuvre pour s'arrêter ensuite, c'est que l'aiguille a changé de position et finalement s'est bien appliquée sur le contre-rail ; et si la sonnerie ne tinte pas, on doit considérer que l'aiguille n'a pas bougé et aller en conséquence la vérifier.

On a donc ainsi un contrôle précieux qui donne toute garantie ; ce contrôle, il est vrai, n'est qu'indicatif c'est-à-dire qu'il est sans effet si l'agent préposé à la garde et à la manœuvre des aiguilles et des signaux n'en tient pas compte, mais c'est supposer la faute lourde, inexcusable, d'un agent qui n'a rien d'autre à faire que manœuvrer des signaux et des aiguilles et à contrôler leur fonctionnement.

Néanmoins, depuis longtemps est née l'idée de matérialiser l'indication du contrôle de manière qu'il soit impossible d'ouvrir un signal donnant accès à une aiguille en pointe si ce contrôle n'a pas eu lieu : on a ainsi le *contrôle impératif*, dont on parle si souvent à l'heure actuelle dans le monde des chemins de fer, par opposition au *contrôle indicatif* universellement employé jusqu'ici.

Mais c'est surtout dans les cabines les plus nouvelles, où on fait appel à une énergie auxiliaire pour suppléer à l'insuffisance de l'effort musculaire humain, qu'on a recours presque exclusivement au *contrôle impératif*.

Dans ce système, en effet, n'apparaît plus aussi palpable que l'est la liaison matérielle réalisée par une tringle rigide, la relation nécessaire entre le levier qui est manœuvré par l'aiguilleur en cabine et l'appareil sur le terrain (aiguille ou signal) que commande à distance ce levier. On a comme l'impression d'un système incertain, et cette impression était d'autant plus vive, avec les premiers dispositifs à fluide, que la transmission de l'effort moteur du levier à l'aiguille exigeait un temps assez long

Aussi, craignant la discordance possible entre la position réelle de l'aiguille et la position du levier correspondant en cabine, a-t-on doté tous les appareils à fluide *du contrôle en retour* de manœuvre, action réflexe de la pression de commande : quand l'aiguille a parfaitement obéi, cette action revient en cabine autoriser l'achèvement de la course du levier correspondant qu'on n'a pu initialement mouvoir que de l'écart nécessaire pour envoyer le fluide moteur. En cas de mauvais fonctionnement d'une manœuvre d'aiguille, l'aiguilleur n'est donc pas seulement averti, mais il est dans l'impossibilité matérielle, faute de pouvoir mettre son levier à fond de course, de passer au levier suivant pour esquisser le mouvement qu'il a en vue.

Le *contrôle en retour* agissant impérativement sur le levier de manœuvre, pour chaque appareil, le *contrôle impératif* comme on l'appelle maintenant, est donc né comme le simple correctif de ce que l'on considérait comme une tare dans les appareils à fluide, à un moment où on croyait encore à l'infaillibilité des transmissions rigides, et il a acquis depuis une importance fondamentale, même pour ces dernières.

Tout ceci s'applique aux aiguilles prises en pointe pour éviter qu'elles puissent donner une mauvaise direction ou rester entrebâillées, ce qui serait la cause d'une collision ou d'un déraillement; mais n'y a-t-il pas lieu aussi d'envisager les aiguilles prises en talon?

En fait, la signalisation est étudiée de manière que les aiguilles ne soient jamais prises en talon par les trains que dans la bonne position, mais il faut compter avec les manœuvres intérieures qui peuvent avoir lieu dans le périmètre des signaux. Les aiguilles manœuvrées à pied-d'œuvre par un simple contrepoids sont facilement changées de position par les trains mêmes qui les prennent en talon, dans la direction qu'elles ne donnent pas, et il n'y a aucune raison de redouter ce talonnage automatique qui est même normal pour certaines aiguilles de voie unique.

Quand il s'agit d'aiguilles manœuvrées à distance par fil, et même par transmission rigide, l'écartement de l'aiguille par le passage du boudin des roues des véhicules, qui est de 3 cm

Digitized by Google

environ, peut souvent, quand il s'agit de longues transmissions, être absorbé par le jeu des organes de liaison et le ploiement de ces transmissions; mais si la transmission est moins longue, ce talonnage peut très bien, tout en restant inoffensif à l'égard du train qui talonne, donner lieu à une altération de la transmission capable de provoquer plus tard une rupture.

Aussi se met-on à l'abri de ces incidents en munissant les aiguilles susceptibles d'être souvent talonnées, d'appareils comportant des ressorts ou un dispositif de désolidarisation pouvant absorber le mouvement de l'aiguille, indépendamment de sa transmission.

Nous connaissons pas mal d'appareils de talonnage qui ne sont en somme que des adjuvants pleins d'intérêt sans être absolument indispensables; ce sont :

La *tringle élastique*, employée depuis plus de trente ans par la Compagnie du Nord et qui est certainement le plus simple de tous les appareils.

Ce dispositif consiste, en effet, à commander l'aiguille au moyen d'un manchon placé au milieu de la première entretoise qui relie les lames et dont le déplacement, sous l'action du levier de manœuvre, se transmet par l'intermédiaire de ressorts s'appuyant sur les épaulements des extrémités de l'entretoise : en cas de talonnage, ces ressorts se compriment sous l'entrebâillement, qui n'a plus ainsi d'action sur la transmission, et, aussitôt le passage des véhicules, ils ramènent les lames à la position initiale.

Le *verrou Forest*, également employé par la Compagnie du Nord, se place sur le côté de la voie et fonctionne d'après le même principe que la tringle élastique, avec cette différence que la dépendance des deux parties de transmission s'établit au moyen d'un véritable appareil de calage.

L'*appareil de calage*, dit *appareil de Saint-Firmin*, parce qu'il est appliqué à la station de ce nom à l'aiguille de dédoublement de la voie unique côté Senlis, consiste en une came qui maintient la lame contre le rail sous l'action d'un contrepoids et se déplace perpendiculairement à la voie, en cas de talonnage.

Cette came est commandée électriquement à distance, comme la manœuvre de l'aiguille elle-même, et s'abaisse sous la lame quand celle-ci doit être changée de position.

L'*appareil Perdrizet*, employé par les Compagnies d'Orléans et du Midi, qui consiste aussi à diviser la transmission de l'aiguille en deux parties accouplées par un ressort intermédiaire : en cas de talonnage, ledit ressort est comprimé et la détente ramène ensuite l'aiguille à sa position initiale.

L'appareil Perdrizet présente cette particularité que si après un talonnage les deux parties de la transmission ne reprennent pas leurs positions, si l'aiguille reste par exemple entrebâillée par suite d'un obstacle survenant entre le rail et la lame, le levier de l'aiguille est immobilisé par un enclenchement et l'aiguilleur est ainsi prévenu de l'anomalie.

Enfin, parmi les appareils d'application plus récente, nous en citerons deux mis à l'essai par la Compagnie du Nord et qui sont :

L'*appareil Saxby*, dont le principe repose sur l'emploi de deux contrepoids qui agissent alternativement, selon que le levier de l'aiguille est dans l'une ou l'autre position, et qui a pour objet de conserver l'immobilité absolue de ce levier et de sa transmission quand l'aiguille est talonnée.

L'*appareil Beaudenon*, qui comporte un unique ressort de rappel de l'aiguille, lequel agit sur l'extrémité de la branche d'une pièce en équerre. La position de cette équerre varie avec le changement de la position du levier de l'aiguille, de telle sorte que le ressort applique l'aiguille, quand il y a lieu, tantôt à droite, tantôt à gauche. Le mouvement du levier de manœuvre comporte un excès de course tel, qu'en cas de talonnage, la pièce en équerre se déplace librement sans influencer le levier de manœuvre.

Bien d'autres dispositifs qui ont aussi leurs mérites, et qu'il serait trop long d'énumérer, tendent au même but; c'est-à-dire que le problème est résolu en laissant le choix entre de nombreuses solutions.

Il reste enfin une préoccupation à satisfaire en ce qui concerne l'aiguille mobile, c'est qu'on n'ait pas la possibilité, après l'avoir bien dirigée pour un train qui passe, de la ramener trop tôt à sa position normale et de la mouvoir ainsi, sous les roues de véhicules en mouvement, au risque de provoquer un déraillement.

Ce grave souci a complètement perdu sa raison d'être, l'inconvénient a disparu, dans l'application intégrale d'un des plus nouveaux dispositifs à fluide dont il sera question plus loin, le système MDM; mais on peut s'en affranchir dans les autres appareils existants en ayant recours à des pédales mécaniques attelées à la commande même des aiguilles et qui entravent celles-ci quand la présence de boudins de roues de véhicules empêche leur évolution à l'intérieur de la voie. On a aussi recours à un verrou électrique immobilisant la commande de l'aiguille et branché sur un circuit passant par des rails isolés qui sont mis en court-circuit et ne laissent plus passer assez de courant dans l'électro pour soulever le verrou immobilisant l'aiguille lorsque des véhicules présents forment pont entre ces rails isolés et les rails de la voie courante.

Signalisation. — Si nous sommes ainsi en possession de tous les moyens propres à rendre inoffensive l'aiguille mobile dans toutes les circonstances où elle peut être franchie par des trains, encore faut-il que nous puissions avertir les mécaniciens qui dirigent les convois qu'ils peuvent passer sans encombre si leur route est bien préparée, ou bien qu'ils doivent, au contraire, s'arrêter si un seul appareil situé sur cette route n'est pas correctement disposé, ou enfin si cette même route est déjà occupée ou traversée par un autre mouvement engagé. De là la nécessité de signaux constituant un langage clair, exprimant bien ce que l'agent sédentaire préposé à la garde des appareils voudra dire et de nature à être parfaitement compris, sans aucun contre-sens possible, par les agents conduisant les trains.

Le résultat étant facilement atteint du fait de la simplicité même comme nombre des indications échangées, il faut que les signaux soient bien perçus en temps utile par les mécaniciens. Ils devront donc être parfaitement visibles à la plus grande distance possible et, à cet égard, des enquêtes de visibilité, au moment de la pose, permettront de déterminer les meilleurs emplacements.

On va même jusqu'à répéter les signaux sur les machines au moyen d'appareils spéciaux, dont le plus ancien en France est le sifflet électromoteur avec crocodile, Lartigue et Forest, appliqué à tous les disques à distance sur les lignes à double voie du réseau du Nord.

Le dispositif en est bien connu : un contact fixe, isolé, placé dans l'axe de la voie, est en communication avec une pile par le commutateur du signal si celui-ci est à l'arrêt.

Sur la machine est un électro déclencheur d'un sifflet d'alarme à air comprimé ou à vapeur, dont l'un des fils est à la terre par la masse de la machine et l'autre, isolé, communique avec une brosse également isolée qui pend sous la machine.

Quand la brosse passe sur le crocodile, lequel précède de quelque cent mètres le signal auquel il est conjugué, si le courant arrive à ce crocodile, c'est-à-dire si le signal est à l'arrêt, le circuit se ferme sur l'électro qui commande le sifflet, celui-ci entre en action, et le mécanicien est ainsi prévenu qu'il va passer un signal à l'arrêt.

Il est grandement question de développer ce genre d'avertissement sur les autres réseaux, et on s'est même demandé si ce ne serait pas une amélioration que de faire donner à cet appareil des indications optiques au passage de tous les signaux, aussi bien à voie libre qu'à voie fermée.

Digitized by Google

« Attention ! — a dit un haut fonctionnaire allemand chargé d'examiner la question en vue de son application sur les chemins de fer de l'Empire, — si vous enregistrez tous les signaux dans l'abri du mécanicien, c'est là que ce dernier devra avoir son attention attirée, car nous ne pouvons lui demander à la fois de se pencher au dehors pour la perception des signaux sur la voie et de concentrer son attention vers son foyer, près duquel apparaîtront les signaux optiques adventifs. Vous arriveriez ainsi fatalement à rendre inutiles les signaux fixes. De là à les supprimer, il n'y aurait, en toute logique, qu'un pas à faire; mais alors on perdrait la publicité qui leur est propre et qui fait que les agents des trains se méfient des constatations qui peuvent être faites par les agents sédentaires. La peur du gendarme est toujours salutaire ! » Sur le réseau du Nord le révélateur joue bien le rôle de simple adjuvant, devant simplement crier au mécanicien qu'il a fait un oubli, sans que pour celà celui-ci ait à modifier ses méthodes d'observation.

Enclenchements. — De bons moyens d'asservissement des appareils de voie et une signalisation très claire permettant de correspondre avec les agents ambulants qui conduisent les trains, pour les avertir de l'état de la route qu'ils ont à suivre, forment, bien entendu, la base essentielle de la sécurité de la circulation sur les chemins de fer.

En principe, une consigne parfaitement étudiée, de manière à ne comporter aucune lacune, et religieusement respectée par un personnel entraîné et dévoué, devrait suffire dans tous les cas pour éviter qu'on n'ouvre un signal autorisant l'accès à un train sur une route qui n'est pas libre ou est insuffisamment préparée. Encore faut-il se prémunir contre toute erreur involontaire ou toute absence de mémoire qui pourraient avoir les plus graves conséquences. Aussi n'hésite-t-on pas à solidariser entre eux, *enclencher*, suivant le terme maintenant devenu classique, les divers leviers des aiguilles, verrous, pédales, etc., et des signaux, de manière que l'on ne puisse ouvrir ceux-ci pour l'accès d'un train que si toutes les aiguilles situées sur l'itinéraire à suivre sont bien disposées et munies de tous leurs organes d'assujettissement les maintenant dans une bonne position, et si les aiguilles et signaux situés en dehors, et donnant accès à des mouvements incompatibles, sont également dans la position qui convient pour éviter des convergences.

Dans tous les systèmes, ces deux genres d'enclenchements ne se distinguent pas matériellement; mais, pour l'intelligence des recherches, on a coutume cependant de les sérier en *enclenchements de routes* et *enclenchements de convergences*.

La nécessité de ces enclenchements s'est fait sentir dès l'origine des chemins de fer, et l'appareil Vignier, qui existe encore à de nombreux exemplaires sur les réseaux français, date de la première bifurcation sur la ligne de Saint-Germain.

La question est d'ailleurs à envisager à deux points de vue bien différents, suivant qu'il s'agit des stations et gares de minime importance qui sont simplement traversées par les voies principales de la ligne qui les dessert, le service local étant exclusivement soudé sur ces voies de circulation par des aiguilles se présentant par le talon aux trains qui les franchissent, ou suivant qu'il s'agit, au contraire, des grandes gares et des bifurcations où des aiguilles en pointe permettent de diriger alternativement les trains sur les voies de circulation qui s'entrecroisent ou divergent dans les diverses directions.

Dans le premier cas, les trains peuvent traverser en toute sécurité la gare sans chance de déraillement ou de fausse direction du fait d'une aiguille mal disposée; le danger ne pourrait provenir que d'un encombrement dû à des manœuvres locales empruntant les voies principales. Il suffit donc de faire en sorte que les manœuvres n'aient lieu que dans les intervalles où il ne passe pas de train, et qu'en tout cas, pendant tout le temps où on manœuvre, un signal à distance dans chaque direction indique au train qui se présenterait à l'improviste, qu'il y a danger à poursuivre sa route et qu'il doit, par conséquent, s'arrêter avant d'aborder l'obstacle passager.

Dans le second cas, l'attention doit être permanente, du fait de la présence des aiguilles en pointe : il faut qu'à tout moment les trains pouvant se présenter, bien souvent en vitesse, les aiguilles à franchir soient bien assujetties et bien dirigées dans la direction qui convient, toute erreur ou omission pouvant être fatale en provoquant des déraillements ou des collisions ; la nécessité des enclenchements entre les aiguilles, surtout celles qui sont franchies par la pointe, et les signaux s'impose donc ici beaucoup plus impérieusement que dans le premier cas.

Premier point de vue. — L'idéal est que, dans la plus petite station, on ne puisse faire la plus courte manœuvre engageant une ou plusieurs voies principales, sans que le ou les signaux de protection soient à l'arrêt.

Pour cela, il fallait un moyen simple, et on peut dire qu'il nous a été fourni par la serrure que M. Bouré, inspecteur principal de la Compagnie P.-L.-M., a inventée, et dont il a été fait à la Compagnie du Nord une si large application que, grâce à elle, il n'y a plus sur ce réseau aucune aiguille sur voies principales ou donnant accès à ces voies, aucune plaque, aucun taquet, qui ne soit enclenché avec les signaux de protection, généralement les signaux à distance situés de part et d'autre de la station.

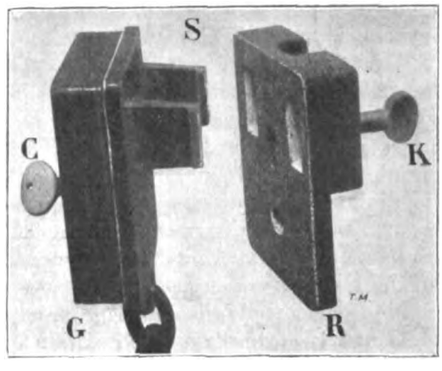


Fig. 1. — Serrure Bouré ouverte.

Le principe de ces serrures (fig. 1) est simple : chaque serrure est formée de deux pièces : une armature R, fixée sur le levier à enclencher et une agrafe G ou serrure proprement dite, attachée par une chaîne au bâti fixe du levier et pouvant s'agrafer par deux tenons d'arrêt dans les mortaises de l'armature, quand la serrure est fermée.

Chaque serrure ordinaire a deux clés : la clé fixe K, qui est inséparable de l'armature, et la clé mobile C, qu'on peut transporter de la serrure de l'appareil enclencheur à celle de l'appareil enclenché; mais en général, c'est cette clé mobile C qu'on appelle clé de la serrure et c'est elle qui prend en même temps que sa serrure les dénominations D1, D2, S1, S2, 1, 2, (1-2), T1, T2, P1, P2, etc., suivant qu'elle est appliquée à un disque, à un signal carré, à une aiguille, à un taquet, une plaque, etc., sur voie impaire ou sur voie paire.

Ces serrures diffèrent entre elles par la forme de l'entrée et du panneton de la clé mobile.

Dans chacune des serrures ainsi agencées, un jeu de pênes horizontaux et verticaux actionnés par la clé mobile et par la clé fixe fait que l'une des clés reste prisonnière lorsque l'autre est dégagée, en sorte que, lorsque l'on a une clé mobile C entre les mains, on a l'assurance que la serrure à laquelle elle s'applique est bien fermée par la clé fixe K, c'est-à-dire que l'appareil est immobilisé. La présence de cette clé mobile à la serrure centrale (fig. 2), où sont enclenchées entre elles les clés de toutes les serrures individuelles, devra donc permettre la libération des autres clés primitivement enclenchées.

L'application des serrures Bouré a été faite non seulement aux stations situées sur les lignes à double voie, mais aussi aux

Digitized by Google

stations de voie unique, puisque, nous l'avons dit, à la Compagnie du Nord, il n'y a plus aucun appareil de voie situé sur une voie principale ou y donnant accès qui n'ait été enclenché avec les signaux de protection.

Or, précisément sur la voie unique, l'intervention de la serrure Bouré a permis de résoudre un problème qui présente un

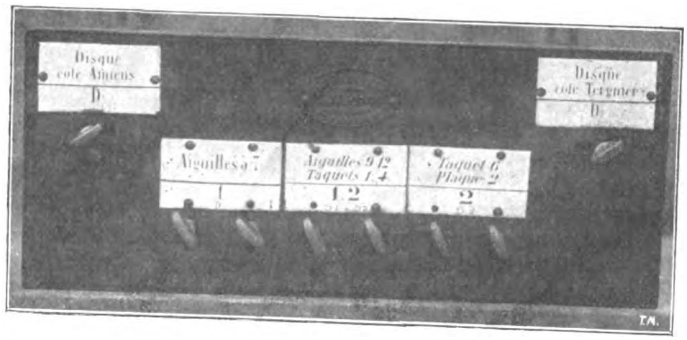


FIG. 2. — Serrure centrale pour lignes à double voie.

sérieux intérêt au point de vue de la commodité et même de la sécurité du service.

Là, nous avons, en effet, pour chaque sens de circulation, une aiguille en pointe inévitable, c'est l'aiguille de dédoublement que franchit le train qui aborde la station.

Il faut avant tout, qu'en cas de croisement, les deux aiguilles de dédoublement soient dans une position telle que les trains croiseurs soient chacun reçus sur une voie distincte, et, pour parer à une erreur dans cet ordre d'idées, le moyen le plus simple consiste à donner aux deux aiguilles de dédoublement une position normale, de manière que les trains, quelle que soit leur nature, entrent toujours en gare sur la même voie suivant leur direction et s'évitent ainsi à gauche comme sur une double voie. Quand les deux trains croiseurs quittent ensuite la station pour continuer leur route, ils abordent en talon les aiguilles de dédoublement à la sortie dans une position qui ne correspond pas à la voie qu'ils suivent : ces aiguilles sont alors mises en jeu automatiquement, et leur contrepoids se trouve soulevé pendant le passage du train pour retomber ensuite et les ramener respectivement dans leur position normale.

C'est la méthode à peu près généralement usitée en France et à l'étranger; elle exige que le chef de station ou son délégué aille, pour chaque train arrivant, visiter l'aiguille d'entrée, quelques minutes avant qu'elle soit prise en pointe, de manière à s'assurer qu'elle colle bien et qu'elle n'a pas été mise dans une position douteuse par le train précédant qui l'a talonnée.

Il en résulte qu'avec cette méthode le chef de station est astreint à un parcours journalier qui peut, si le nombre des trains sur la ligne est considérable, devenir très important.

Or, les croisements réguliers, en vue desquels la mesure est prise, sont plutôt rares : souvent un seul, deux ou trois au plus par jour.

Il n'est donc pas logique de donner en permanence, aux aiguilles de dédoublement d'une gare, un régime qui n'est nécessaire que pendant quelques minutes seulement, dans l'intervalle de vingt-quatre heures, alors que ce régime oblige à tout instant le chef de station à faire des parcours longs et répétés pour vérifier la position des aiguilles en pointe avant l'arrivée de chaque train.

D'ailleurs un régime invariable, pour toutes les circonstances qui se présentent dans l'intervalle d'une journée, ne laisse pas que de présenter d'autres inconvénients.

D'abord, il conduit à recevoir toujours sur la même voie les mêmes trains, eu égard à leur sens de circulation et non quant à leur nature; il en résulte qu'un train de voyageurs peut être reçu sur le quai opposé au bâtiment principal, alors qu'un train de marchandises arrive sur le quai de ce bâtiment, barrant la route aux voyageurs montant ou descendant.

Ces inconvénients sont facilement évités :

(*a*) Quand il n'y a pas de croisement : en recevant tous les trains de voyageurs, quel que soit leur sens, sur la voie contiguë au bâtiment principal et suivant laquelle les aiguilles de dédoublement sont alors dirigées, toutes deux, et immobilisées d'une manière absolue par un boulon de calage muni d'une clavette cadenassée. Les deux aiguilles sont de ce fait annuléees, ce qui dispense le chef de station d'aller les visiter et d'allumer les lanternes des indicateurs de position dont elles sont munies;

(*b*) Quand il y aura croisement : l'évitement se faisant tantôt à gauche, tantôt à droite, suivant le parcours des trains, de manière qu'en cas de croisement d'un train de voyageurs et d'un train de marchandises, on reçoive toujours, quelle que soit leur provenance respective, le train de voyageurs sur le quai contigu au bâtiment principal et le train de marchandises du côté opposé.

De là découlent les régimes différents que peuvent avoir les aiguilles de dédoublement :

1° Elles peuvent être dirigées toutes deux pour donner la voie opposée au bâtiment principal, pour le passage d'un express, et être immobilisées dans cette position par un verrou à un seul trou qui, lorsqu'il est lancé, efface en même temps le disque de ralentissement (au contraire, quand une voie déviée est donnée, comme il y a une courbe qu'on ne doit pas aborder en vitesse, le verrou ne peut être lancé et le disque de ralentissement — 15 ou 30 km à l'heure — reste fermé).

2° Ces aiguilles de déboublement peuvent être dirigées toutes deux pour donner la voie contiguë au bâtiment principal, de manière à faire accoster les trains de voyageurs des deux sens au quai attenant à ce bâtiment. On réduit ainsi le parcours qu'ont à faire les voyageurs, on rend moins pénible le service des agents qui ont à brouetter les messageries et les bagages jusqu'au fourgon du train, etc. Les aiguilles sont alors boulonnées dans cette position, et les agents des stations sont dispensés de les visiter avant le passage des trains qui les abordent en pointe.

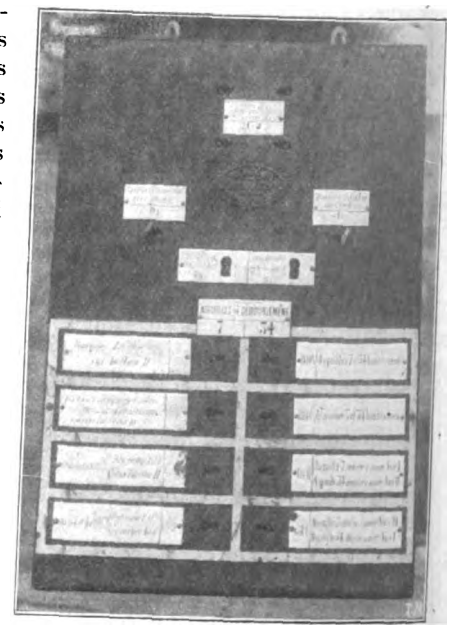


FIG. 3. — Serrure centrale pour lignes à voie unique.

3° et 4° Les aiguilles de dédoublement peuvent être aussi disposées en vue de croisement de deux trains, l'un sur la voie du bâtiment principal, l'autre sur la voie opposée. Dans ce cas, comme les deux aiguilles ne donnent pas la même voie, il faut qu'elles soient talonnables et, à cet effet, que le boulon de calage ou le verrou soit retiré, et qu'on se borne à munir le levier d'une cheville cadenassée. Ces aiguilles sont toutes deux dirigées, à gauche ou à droite, suivant la nature et le sens des trains croiseurs, ce qui fait en somme deux régimes distincts.

Tous ces changements de régime peuvent être effectués sans aucune erreur possible, en ayant recours à la serrure centrale spéciale de concordance qui a été imaginée par les Services

Digitized by Google

Techniques de la Compagnie du Nord (fig. 3), et qui a reçu son application dans toutes les stations de voie unique de cette Compagnie, où une expérience de plus de douze années en a démontré l'intérêt et l'utilité.

Sur les lignes à voie unique munies du block-système, cette serrure centrale comporte deux clés supplémentaires, dites Sem1 et Sem2, afin d'éviter que deux trains de deux sens contraires puissent être reçus sur la même voie dans une station qui n'a pas ses aiguilles de dédoublement disposées en vue d'un croisement.

Un chef de station ne pourra donc autoriser simultanément l'envoi, vers sa gare, de deux trains de sens contraire sans avoir préalablement disposé chaque aiguille de dédoublement pour le régime de croisement, c'est-à-dire sans les avoir munies toutes deux d'une cheville cadenassée pour les rendre talonnables et les avoir dirigées chacune dans la direction d'une voie différente.

La banalité de la gare ainsi obtenue, sans aucun risque, est des plus précieuses et a donné les meilleurs résultats.

Deuxième point de vue. — Dans les gares très importantes où les trains arrivent à de très faibles intervalles, pour prendre des directions différentes, la nécessité des aiguilles en pointe apparaît comme inéluctable et il faut nécessairement enclencher séparément les appareils d'un même trajet avec le signal correspondant (enclenchements de routes), pour éviter les déraillements, et les appareils et les signaux des divers trajets entre eux (enclenchements de convergences), pour éviter les collisions.

Cette abondance d'enclenchements va quelquefois devenir la question dominante dans la construction du poste de concentration lui-même quant au nombre et à la disposition qui en résulte, des leviers individuels.

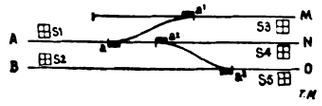


FIG. 4. — Leviers multiples.

Déjà l'appareil Vignier à transmissions mécaniques, le premier venu qui a des enclenchements encombrants, va pour les grands postes se voir délaissé et remplacé par l'appareil Saxby, également à transmissions rigides, mais qui exigera moins de place. Quel que soit le type adopté, on s'ingéniera d'ailleurs à trouver des méthodes permettant de réduire l'encombrement dû aux enclenchements sans toutefois sacrifier aucune des conditions qu'ils doivent réaliser pour la sécurité.

Le moins qu'on puisse faire est d'avoir un levier par signal et un levier par groupe d'aiguilles, c'est-à-dire, au total, comme il y a au moins un signal défendant la zone protégée, pour chacune des m voies aboutissant d'un côté et des n voies de l'autre : $m + n + a$ leviers (a étant le nombre d'aiguilles ou groupes d'aiguilles conjuguées à manœuvrer dans la zone de la cabine).

Malheureusement il n'est pas si facile, et la plupart du temps il est tout à fait impossible, du fait même des conditions requises pour l'enclenchement des leviers entre eux, de s'en tenir à ce minimum minimorum.

Un exemple, en effet, va montrer comment la question se présente la plupart du temps :

Supposons (fig. 4) deux voies A et B en communication avec trois voies M. N. O. au moyen de deux liaisons a-a^1, a^2-a^3. Par mesure de simplification, nous pourrons déjà manœuvrer les deux aiguilles a-a^1 d'une part et a^2-a^3 d'autre part par le même levier, nous n'aurons donc que deux leviers pour quatre aiguilles (le gros trait noir sur la figure indique la position normale adoptée pour ces aiguilles) (1).

Le signal S^1 donnant accès aux trains venant de A devra s'ouvrir aussi bien pour la voie M, pour la voie N, que pour la voie O.

Envisageons, par exemple, l'accès sur la voie N et sur la voie O : dans les deux cas, il faut que le levier des aiguilles a-a^1 soit normal (ce qui va tout seul); pour a^2-a^3, il faut que leur levier soit normal quand on va sur N et, qu'au contraire, il soit renversé quand on va sur voie O (ce qui n'est pas encore une difficulté, attendu qu'on peut très bien enclencher un même levier de signal avec un levier d'aiguille, dans ses deux positions, (normale et renversée); mais la sécurité exige encore quand on va sur N, que le signal S^4 reste fermé et quand on va sur O, que S^4, S^5 et S^2 soient fermés.

Le trajet AO exige donc une condition supplémentaire par rapport au trajet AN : enclenchement des signaux S^5 et S^2.

Pour n'avoir qu'un seul levier actionnant S^1, aussi bien pour le trajet AN que pour le trajet AO, il faudrait enclencher ce levier avec les signaux S^2 et S^5, c'est-à-dire s'interdire tous mouvements sur OB quand on effectuerait un mouvement AN avec lequel ils sont pourtant compatibles : c'est une incommodité à laquelle on ne peut se résoudre, surtout dans une grande gare où les mouvements sont fréquents.

Il faut, par conséquent, si on veut se borner à des enclenchements simples donner, au signal S^1 deux leviers, l'un pour la voie N, qui enclenchera les aiguilles a-a^1 et a^2-a^3 dans leur position normale, et aussi le signal S^4, et un second levier pour la direction AO, qui enclenchera toujours a-a^1 et S^4 dans leur position normale, mais a^2-a^3, au contraire, dans leur position renversée et enclenchera également les signaux S^2 et S^5, ce qui revient à avoir, pour chaque signal, un levier par direction divergente, et finalement on arrive à $2\,mn$ leviers pour les signaux d'accès dans le cas de m voies d'un côté et de n voies de l'autre, aboutissant à la gare.

On peut toutefois éviter cette abondance de leviers en recourant à des enclenchements conditionnels entre trois, quatre leviers et plus, au lieu de se borner aux enclenchements simples que nous avions uniquement considérés jusqu'ici et qui sont simplement binaires, puisqu'ils ne s'exercent qu'entre deux leviers : le levier du signal et chacun des leviers d'aiguilles pris isolément.

Ainsi, par exemple, dans l'exemple que nous avons choisi, on pouvait très bien poser comme condition que le levier unique du signal S^1 enclencherait a-a^1 normal et S^4 normal, a^2-a^3 aussi bien dans leur position normale que dans leur position renversée, avec cette condition supplémentaire que S^2 et S^5 seraient enclenchés à l'arrêt dans le cas où a^2-a^3 serait renversé.

On s'explique qu'on ait ainsi recours sur certains réseaux à ces enclenchements conditionnels qui permettent de n'avoir qu'un levier où, par des organes plus simples, il en faudrait nécessairement plusieurs.

Malheureusement, ces enclenchements conditionnels ne sont pas toujours pratiquement réalisables, et quand ils le sont, ils apparaissent quelquefois, dans leur complication, comme de véritables boîtes à malices, tant il paraît souvent difficile à ceux qui utilisent l'appareil de vérifier si les conditions requises sont bien remplies et de s'assurer du fonctionnement certain des pièces mobiles que comporte le dispositif.

Sur le réseau du Nord, en particulier, on a préféré limiter strictement l'emploi des enclenchements conditionnels, pour s'en tenir, le plus possible, aux seuls enclenchements fondamentaux binaires, en si petit nombre et si simples; et on a cherché ainsi dans une autre voie le moyen de réduire la multiplication des leviers qui est due bien plus aux enclenchements qu'aux appareils à mouvoir.

Au lieu de $2\,mn + a$ leviers que les méthodes ordinaires donnent sans enclenchements conditionnels pour m voies d'entrée et n voies de sortie avec a aiguilles intermédiaires, on a pu arriver à $2(m + n) + a$ leviers, en ayant recours à des leviers auxiliaires dits *leviers directeurs*, qui permettent de décomposer les trajets à suivre par les mouvements en zones successives,

(1) Dans les textes écrits, on indique généralement la position normale d'une aiguille par un trait placé au-dessous, et la position renversée par un trait placé au-dessus ; exemple : a^1 signifie a^1 normal. $\overline{a^1}$ signifie a^1 renversé. Une aiguille est dite à gauche quand, en la regardant par la pointe, elle donne la direction de gauche et à droite quand, de la même façon, elle donne la direction de droite.

Digitized by Google

d'une part de convergence vers un tronc commun et, d'autre part, de divergence de ce tronc commun. Les enclenchements correspondant à la première zone, celle de convergence, sont réalisés par chacun des leviers des signaux dont un seul doit pouvoir être ouvert dans un temps donné, tandis que les enclenchements correspondant à la deuxième zone, celle de divergence, sont réalisés par les leviers directeurs qui n'actionnent pas d'appareils et interviennent seulement pour les enclenchements. Avec cette combinaison (fig. 5), il n'y a qu'un levier pour chaque signal et le nombre des leviers directeurs est seulement égal à celui des destinations, chacun des directeurs jouant le même rôle à l'égard des provenances, quel qu'en soit le nombre.

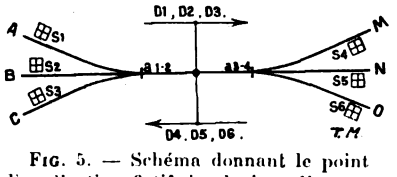


FIG. 5. — Schéma donnant le point d'application fictif des leviers directeurs.

MM. Cossmann et Despons ont développé jusqu'au bout le principe du levier zonalisé, contenu en germe dans celui des leviers directeurs, de manière à utiliser le même levier pour une zone donnée, et à la fois pour les deux sens de la circulation, afin de réaliser les enclenchements nécessaires et les conditions voulues de manœuvre des signaux. On est arrivé ainsi à la méthode dite des *leviers trajecteurs* (gare de Paris, 1900), où on a fait jouer aux leviers directeurs le rôle de leviers de signal pour le sens inverse en ajoutant un seul désengageur pour l'ensemble d'un groupe de directions aboutissant au même point, ce qui a fait réduire le nombre des leviers à $(m + n + 1) + a$.

Malgré ces heureuses simplifications, les enclenchements restent encore encombrants et, en tout cas, ils ne permettent pas d'agencer les leviers comme on voudrait, par exemple de les étager pour gagner de la place dans les cabines où le nombre de leviers va grandissant avec les installations des gares qu'on étend tous les jours. Si ces enclenchements s'adaptent en effet bien aisément et s'ils sont même tout à fait au large dans la tranche verticale du levier auquel ils correspondent, on ne saurait en mettre d'autres, car ils se masqueraient les uns les autres. — Au plus pourrait-on mettre deux rangées de leviers, et encore ne l'a-t-on fait que dans de très rares applications.

Par conséquent, avec les seuls moyens classiques, au moment où la centralisation de la commande, du contrôle et de la protection de tous les mouvements, dans l'étendue d'une grande gare, devient le plus nécessaire, on est plutôt conduit à la division de la gare en plusieurs zones dotées chacune d'une cabine distincte, ces cabines étant, bien entendu, reliées entre elles au moyen de désengageurs, de safety-locks, toute une série de dispositifs qui amènent encore avec eux de nouveaux leviers, mais qu'on est bien heureux d'avoir à sa disposition, si encombrants et si chers qu'ils puissent être.

Nous avions besoin, avant de faire l'examen critique des divers genres de cabines en application, d'être bien édifiés sur l'importance des enclenchements entre les leviers d'aiguilles et de signaux et sur l'influence qu'ils exercent dans la construction même des cabines de concentration d'où sont manœuvrés à distance les appareils de toute une région de gare.

CABINES A TRANSMISSIONS MÉCANIQUES. — Nous n'avons guère en France que deux types, qui se sont un peu modifiés suivant les applications, mais pas d'une manière profonde : c'est d'abord *l'appareil Vignier*, dans lequel, sous sa forme primitive du moins, les enclenchements subissent l'effort de l'aiguilleur, quand ils s'opposent à la manœuvre d'un appareil et s'étendent en surface en prenant beaucoup de place au fur et à mesure que le nombre des leviers augmente. Encore en application pour de nombreux postes petits et moyens, le système Vignier a cédé la place, pour les grandes cabines, au *système Saxby*, dans lequel les organes d'enclenchements sont soustraits à toute violence possible lorsqu'ils entravent la marche d'un levier, et sont disposés de telle façon qu'ils s'aménagent très facilement dans la tranche de 127 mm qu'occupe un levier — on ne saurait toutefois mettre deux étages de leviers (fig. 6).

Tous ces systèmes mécaniques, tels qu'ils sont appliqués à peu près partout, sont exclusifs de contrôle impératif ; mais on a acquis la possibilité de les doter de ce contrôle, et nous donnons à ce sujet la solution expérimentée par les chemins de fer de l'Est, de Paris à Orléans et du Nord.

Elle consiste à adapter un verrou sur le levier de chaque signal, ce dernier ne pouvant être retiré que si les aiguilles en pointe que franchira le train autorisé à passer par ce signal, sont bien dans la position voulue et assujetties exactement dans cette position.

Ce dispositif, dû à la maison Mors, consiste en un verrou robuste, en fer, oscillant autour d'un axe horizontal et sur lequel repose, par son propre poids et suivant ses deux pôles, un électro également oscillant. L'électro peut être soulevé mécaniquement par une armature souple Bowden, à l'extrémité de laquelle on agit par une pédale. Quand un courant passe dans l'électro, un flux magnétique existe dans le verrou en fer constituant l'armature de l'électro qui s'appuie sur lui, et le verrou sera entraîné par l'électro si on soulève mécaniquement ce dernier. Si le circuit de l'électro d'un signal commandant un mouvement passe par le contrôleur de toutes les aiguilles intéressées, ce dernier ne pourra s'ouvrir qu'autant que toutes ces aiguilles seront bien faites; au contraire, si l'une des aiguilles n'est pas correctement assujettie dans la position qui convient, le circuit de l'électro sera coupé en ce point, le courant ne passera pas et, quand l'aiguilleur appuiera sur sa pédale pour retirer le verrou, l'électro obéira bien au Bowden, mais, faute de courant et par suite de flux magnétique dans l'armature, il ne pèchera pas

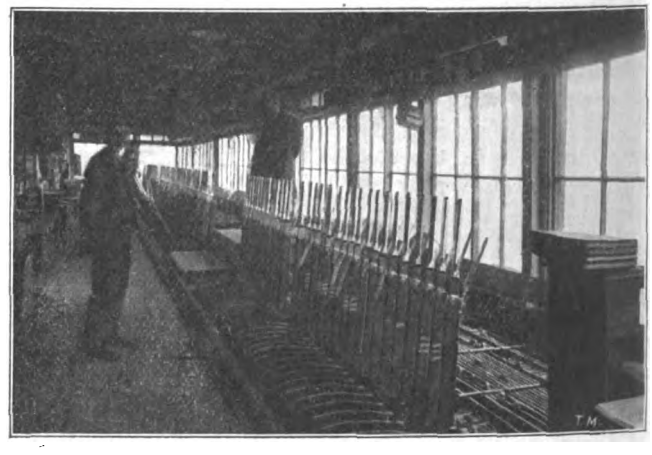


FIG. 6. — Appareil Saxby. — Vue des leviers en cabine.

le verrou, qui continuera, restant dans son encoche, à s'opposer au mouvement de levier.

CABINES A FLUIDES. — Ces cabines, plus nouvelles, mettent en œuvre une énergie auxiliaire pour suppléer à l'insuffisance de l'effort musculaire des agents, car les plus robustes mêmes ne peuvent plus actionner qu'à grand'peine les transmissions dont la longueur s'est accrue avec le développement des gares et qui sont mues d'autant plus souvent que le mouvement de trains est plus intense.

A vrai dire, dans les premières applications de cabines à fluide, c'est le sens constructif des cabines mécaniques connues qui persiste : il y a une commande individuelle par appareil et, par conséquent, les enclenchements restant les mêmes, on ne peut mettre qu'en une seule rangée tous les leviers nécessaires; et

Digitized by Google

encore arrive-t on, tout au plus, à les rapprocher tant soit peu les uns des autres : on ne peut guère, en effet, gagner de ce côté, car l'épaisseur de la main de l'opérateur qui va d'un levier à l'autre donne la limite inférieure d'écartement.

On a simplement ainsi du « Saxby fluidifié » sans aucune donnée nouvelle quant à la construction même.

On ne gagne donc aux premières applications que l'intervention de l'énergie étrangère qui soulage le service manuel des agents; mais, par contre, intervient dans la manœuvre des appareils une certaine lenteur souvent incompatible avec la fréquence des mouvements se succédant dans la gare : le retour du flux moteur (air comprimé, eau sous pression, etc...) comme contrôle, dépassera parfois une minute, tandis que la manœuvre par transmission rigide est presque instantanée; cette attente trop longue des contrôles réflexes à chaque manœuvre, captivera certainement trop l'attention de l'aiguilleur, qui doit avoir toujours présent à l'esprit l'ensemble des manœuvres s'effectuant simultanément ou successivement presque sans transition.

C'est un peu la rançon du *contrôle impératif* qui réalise l'impossibilité matérielle d'envoyer un mouvement sur une aiguille tant que le courant fluide de contrôle qui l'a vérifié dans sa position, après qu'elle a été faite, n'est pas revenu en cabine accuser cette vérification.

A cet égard, il y a à considérer deux sortes de contrôle impératif : le *contrôle impératif, passager* qui n'a lieu qu'au moment même où l'aiguille est changée de position et se fait ainsi séance tenante, une fois pour toutes; et le *contrôle impératif permanent*, qui a lieu non seulement au moment où l'appareil est changé de position, mais pendant tout le temps et chaque fois qu'un signal devra être ouvert pour un mouvement franchissant cet appareil.

Système hydrodynamique. — Nous citerons, tout d'abord, le système à eau sous pression de Bianchi et Servettaz appliqué sur les chemins de fer de Paris à Orléans, du P.-L.-M., du Midi, en Italie, en Russie, etc.

Les caractéristiques de ce système sont d'abord le recours à l'eau sous une forte pression, 50 atmosphères, comme dans les appareils de manœuvres des grues, des cabestans, etc., ensuite l'emploi d'un système de deux pistons différentiels pour la commande des appareils de voie, aiguilles, verrous, taquets, etc., etc., auxquels on assigne, en général, une position normale.

En temps ordinaire, la pression constante sur le plus petit des deux pistons de la commande d'une aiguille maintient cette aiguille dans une position déterminée. Quand il y a lieu de modifier cette position, l'aiguilleur écarte de sa position normale le levier correspondant. Par ce fait, un organe de distribution, solidaire du levier, envoie la pression dans le plus gros des deux cylindres du moteur, et l'aiguille se déplace puis est maintenue dans la position renversée jusqu'à ce que l'aiguilleur mette en décharge le gros cylindre en ramenant le levier à sa position normale : la pression constante exercée sur le petit piston du moteur redevenant prédominante, ramène l'aiguille à sa position initiale.

Dans les deux sens, la manœuvre du levier comporte deux temps : à la commande, il est arrêté au milieu de sa course par une butée qui n'est déplacée que lorsque la pression de contrôle revient en cabine après que l'appareil commandé a dûment obéi à la manœuvre, et ce n'est qu'alors que le deuxième temps peut être effectué et le levier amené dans sa position extrême inverse, telle que les enclenchements qui immobilisent les leviers à faire ensuite soient libérés.

En ce qui concerne les signaux qui sont toujours munis d'un contrepoids de rappel destiné à ramener le voyant et la transmission dans la position qui correspond à l'arrêt, il suffit d'un moteur à simple effet ayant pour objet d'exercer une traction sur le fil de manœuvre quand on dispose le levier pour effacer le signal. Un contrepoids ramène le piston moteur quand l'envoi de la pression cesse.

Le milieu qui sert à la transmission de l'effort (eau glycérinée en hiver pour la rendre incongelable) remplit, à chaque action, le cylindre moteur de l'appareil, ce qui donne lieu à un débit, et par conséquent à une perte de charge dans la conduite de commande : une forte pression initiale (50 à 80 atmosphères)

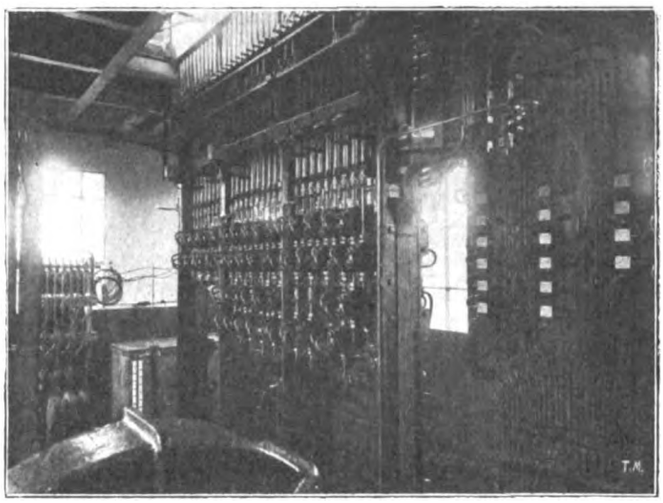


FIG. 7. — Appareil hydrodynamique (sous-sol). — Enclenchements mécaniques à la partie supérieure et connexions fluides au-dessous.

est donc nécessaire pour qu'on ait assez vite, à pied-d'œuvre (le temps étant dans l'espèce un facteur important), la pression persistante nécessaire — 5 à 6 kg par cm² pour mouvoir l'appareil commandé.

Quant à la disposition des leviers, elle est absolument la même que pour des cabines mécaniques. Les enclenchements, qui par leur présence nécessaire influent sur le nombre des leviers, restent donc aussi gênants, on les a faits toutefois ici du type Stevens pour qu'ils prennent un peu moins de place (haut de la fig. 7).

Dans l'application que la Compagnie du Nord a faite de ce genre de cabine, à Armentières, à Valenciennes (fig. 8), par exemple, on est parvenu à réduire le nombre de leviers par les méthodes déjà en application qui exigent très peu d'enclenchements conditionnels.

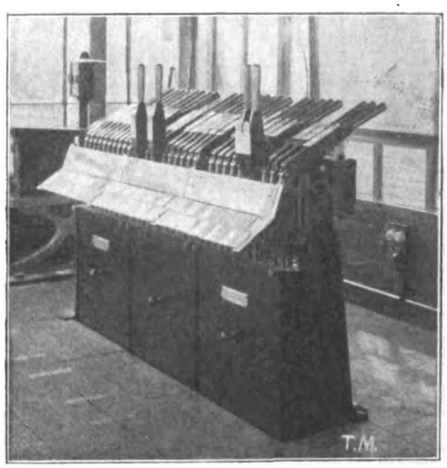


FIG. 8. — Appareil hydrodynamique. — Vue des leviers de commande en cabine.

Aux $(m + n + 1) + a$ leviers qu'exigent, dans la méthode des leviers trajecteurs, les cabines mécaniques du type de celles de Paris-Nord, l'emploi d'une force motrice permet, ici, de supprimer les leviers multiples et individuels d'aiguilles, leur rôle ayant été attribué aux leviers trajecteurs, tandis que la manœuvre des signaux a été attribuée à des leviers dits inverseurs (un par sens de circulation) (fig. 9). C'est ainsi, qu'en définitive, a été réalisée la formule du minimum ou de la logarithmisation des leviers; car, pour un faisceau de voies donné, on arrive pour 2 m n mouvements, à un nombre de leviers égal à $m + n + 1$.

Digitized by Google

Système pneumatique. — Nous retrouvons, dans le système pneumatique (fig. 10), les mêmes organes que dans le système hydrodynamique, c'est-à-dire les distributeurs installés en cabine, les moteurs d'aiguilles à double effet, le contrôle impératif, etc.

Les différences essentielles portent sur les points suivants :

Les moteurs sont de plus grandes dimensions, car, tandis que l'eau est suffisamment incompressible pour que l'action se transmette presque immédiatement de la cabine à l'organe à manœuvrer en campagne, l'air, n'agissant que par détente, de proche en proche, il importe que la pression nécessaire à pied-d'œuvre soit aussi faible que possible (1 kg 1/2 environ), pour éviter une trop longue attente, et la dépense d'énergie considérable qui correspond au remplissage par l'air comprimé, à 2 kg, de la conduite d'alimentation des moteurs.

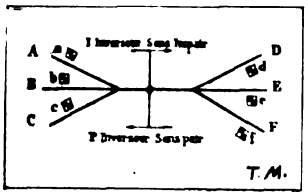


Fig. 9. — Schéma des leviers trajecteurs.

La dépense d'air comprimé pour le remplissage et la vidange alternatifs des conduites de commande et de contrôle, en raison du volume de celles-ci comparé à la cylindrée des moteurs, peut être, en effet, si ces conduites sont tant soit peu longues, dix fois supérieure à la dépense nécessitée pour la manœuvre propre des aiguilles ou des signaux qu'actionnent les moteurs; tandis que le cheminement très lent de cet air dans ces longues canalisations est toujours la cause d'une perte de temps appréciable.

L'emploi de basses pressions permet de remplacer les leviers de commande des distributeurs en cabine par de simples manettes à tirage qui sont d'une manœuvre très douce.

Dans le système pneumatique, il n'y a pas de dispositifs différentiels; les moteurs, tant d'aiguilles que de signaux, sont à double effet, avec presse-étoupes du côté de la tige, l'admission ayant lieu

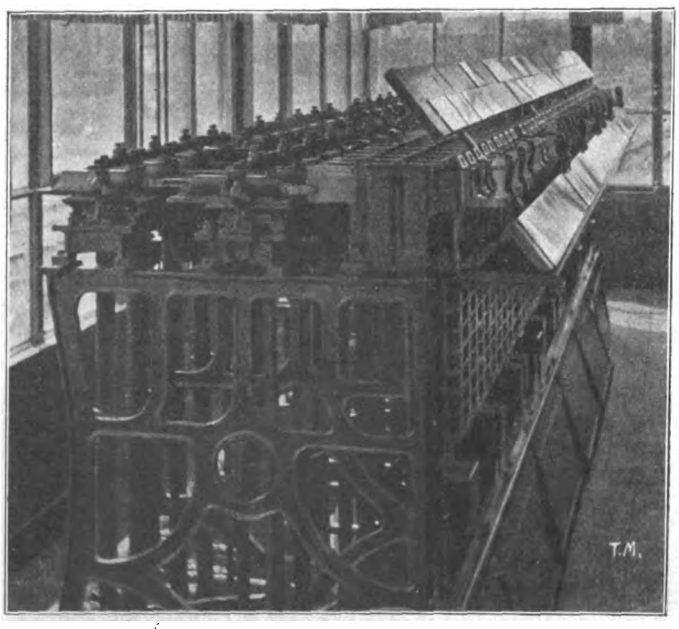


Fig. 10. — Appareil pneumatique.
Vue des manettes et enclenchements en cabine.

d'un côté ou d'autre du piston, selon la position donnée à la manette. (La présence des presse-étoupes nuit à l'étanchéité.)

Le contrôle impératif pneumatique présente cette particularité, que le retour d'air en cabine, agissant sur un piston, provoque automatiquement l'achèvement de la course de la manette.

L'aiguilleur n'a donc pas à intervenir pour le deuxième temps de la manette qui permet de libérer les enclenchements; mais il doit néanmoins attendre cet achèvement automatique de la course pour passer aux appareils suivants qui jusque-là restent enclenchés.

Le système pneumatique comporte, en dehors de la conduite générale d'alimentation des moteurs d'aiguille (air à 2 kg), deux conduites de commande, une pour chaque sens de mouvement, et aussi deux conduites de contrôle, une pour chaque position de l'aiguille; pour un signal, il n'y a que trois conduites, le contrôle impératif n'étant jamais appliqué, le cas échéant, que pour la position de fermeture du signal.

Les enclenchements par levier sont disposés suivant la tranche du levier; ils sont du type Stevens.

Les appareils pneumatiques sont surtout employés en Amérique. Quelques applications en ont été faites en Europe, notamment en Angleterre; deux cabines de ce système ont été installées sur le réseau du Nord, à la gare d'Ermont, près de Paris, où la manœuvre des aiguilles et des signaux s'effectue suivant la méthode des trajecteurs comme aux cabines hydrodynamiques existant sur le même réseau.

Système électro-pneumatique Westinghouse. — Nous retrouvons dans les appareils électro-pneumatiques de la Compagnie Westinghouse des moteurs à presse-étoupes, à double effet, pour les aiguilles et pour les signaux, dont la distribution est effectuée par des tiroirs circulaires.

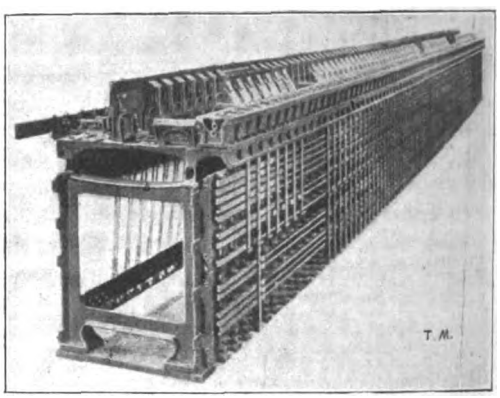


Fig. 11. — Appareil Westinghouse. — Table des commandes et enclenchements en cabine.

Seulement ces tiroirs sont, ainsi que le contrôle électrique en retour, commandés par des électros fonctionnant avec un courant de 1/20 ampère sous 12 volts. On évite ainsi la lenteur et la perte d'énergie dues au cheminement de l'air comprimé dans de longues conduites de commande.

Les leviers de manœuvre en cabine, réduits à la dimension d'une simple manette, ne sont pas autre chose que des commutateurs enclenchés entre eux, encore par tranches, à la manière des leviers Saxby (fig. 11) et dont la course s'effectue, comme pour les leviers hydrodynamiques, en deux temps successifs séparés par l'attente du contrôle impératif dont la production a pour effet de libérer un enclenchement par encliquetage électrique.

L'installation électro-pneumatique ne comporte qu'une seule conduite d'air comprimé à 4 ou 5 atmosphères, celle qui alimente les moteurs à pied-d'œuvre, et, pour les aiguilles, 4 conducteurs électriques, sans compter les fils de retour, dont un pour la manœuvre de renversement des aiguilles, un pour le contrôle de cette manœuvre et deux autres pour la manœuvre et le contrôle inverses.

Le système électro-pneumatique a été appliqué en Amérique surtout, puis en Angleterre et en Allemagne; en France, il existe une cabine de ce type à la gare de Paris-Est, etc.

Passons maintenant aux systèmes purement électriques.

Système électrique de la Compagnie du Nord. — Le premier système, appliqué au chemin de fer du Nord, était très simple. Il comportait une dynamo placée dans l'intérieur de la voie et dont la rotation effectuait le déplacement des lames d'aiguille par l'intermédiaire d'un arbre portant un tambour formant vis sans fin.

Ce dispositif, complété par un contrôle en retour et un indicateur, a parfaitement fonctionné pendant plusieurs années en un

Digitized by Google

point auquel passaient près de cent trains par jour; il n'a cependant pas été généralisé parce que son application à une véritable cabine n'a pas été poursuivie.

Système électrique Taylor. — Le système Taylor est celui qui paraît avoir été le premier appliqué en grand aux Etats-Unis. Deux installations isolées ont été réalisées en Europe, à la gare de Petange, dans le Luxembourg, et à celle de Bercy, au raccordement de la Ceinture avec le P.-L.-M.

Les caractéristiques du système Taylor sont que le contrôle en retour est produit par le moteur d'aiguille ou de signal. A cet effet, lorsque l'appareil a obéi à une manœuvre du levier en cabine (fig. 12), ce moteur, qui est une dynamo, continuant à tourner en vertu de la vitesse acquise, et étant désaccouplé, fonctionne comme génératrice; la polarité du moteur se trouve inversée par un commutateur et lorsqu'un appareil commandé a été amené à fond de course, les circuits sont disposés de manière à correspondre à une manœuvre future d'un sens inverse de celle qui vient d'être effectuée.

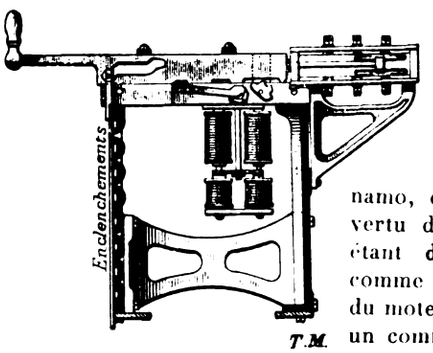


Fig. 12. — Appareil Taylor. — Élément d'une commande en cabine.

Système électrique de Crewe. — Ce système, dû à MM. Webb et Thompson, qui n'a, croyons-nous, été appliqué qu'à la gare de Crewe, du London and North Western R., présente cette particularité que les aiguilles sont manœuvrées au moyen d'une dynamo, tandis que le moteur des signaux est constitué par un électro-aimant à longue course et à armature intérieure (fig. 13).

Fig. 13. — Appareil de Crewe. — Leviers et enclenchements en cabine.

Système Guénée. — Le principe de l'emploi, comme moteurs, des électros à longue course, a été étendu à la manœuvre des aiguilles dans le système Guénée, que la Compagnie de l'Ouest a appliquée sur la section de Courcelles aux Invalides. La cabine électrique de cette dernière gare comporte en effet des moteurs à noyau dont le solénoïde est formé de galettes successives, dispositif imaginé par M. Guénée.

Système électrique Siemens. — Les appareils Siemens sont appliqués en Allemagne et dans plusieurs grandes gares de l'Etat belge, Anvers, Bruxelles, etc.

Les appareils Siemens (fig. 14) ont été étudiés et réalisés avec des soins tout particuliers, de manière à réduire au minimum les aléas que peut présenter l'emploi des courants électriques. Ainsi les enclenchements entre manettes dépendent, non seulement de la position donnée en cabine à celles-ci, mais du contrôle en retour, et les circuits d'effacement des signaux sont coupés pour que ce contrôle soit révélé en permanence tant que l'aiguille reste dans une de ses positions extrêmes. Par suite, les appareils Siemens sont fort complexes, et quoique l'électricité y soit uniquement employée, il y a deux natures de courant utilisés, celui qui agit comme force motrice (120 volts) et celui qui fait fonctionner les organes de contrôle (25 volts).

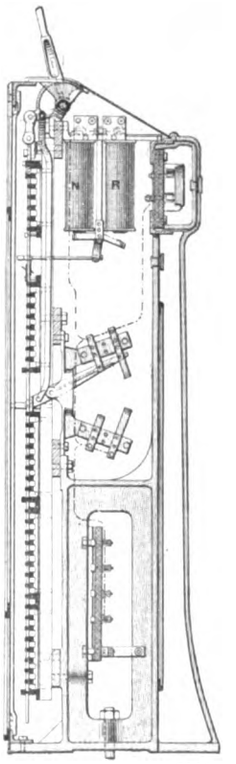


Fig. 14. — Appareil Siemens. — Élément d'une commande en cabine.

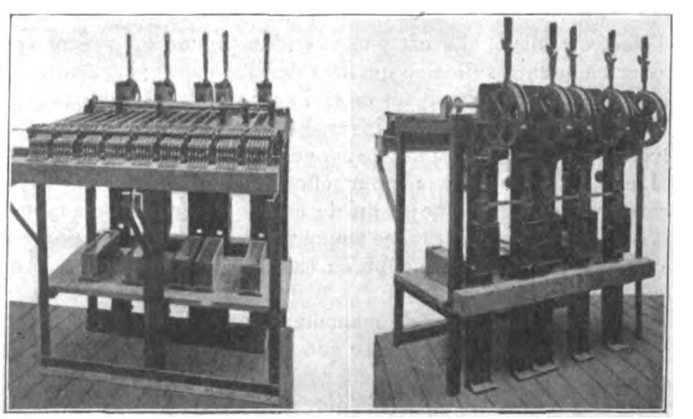
Appareils de la Société industrielle des Téléphones construits pour les applications du système Descubes. — La Compagnie des chemins de fer de l'Est a employé, pour la manœuvre des aiguilles et des signaux que comporte l'application du système Descubes, à Nancy notamment, des appareils construits par la Société industrielle des Téléphones (fig. 15).

Ces moteurs ne présentent pas de particularités nécessitant, après ce que nous avons déjà dit, de mention spéciale.

Nous rappellerons ici, toutefois, que le système Descubes comporte la réalisation d'une conception dans laquelle, pour effectuer un mouvement déterminé, il faut manœuvrer deux leviers, l'un correspondant à la provenance du mouvement, l'autre à sa destination. Les mêmes leviers sont disposés de manière à jouer le rôle de levier de provenance ou de levier de destination, selon la position qui leur est donnée, en avant ou en arrière d'une position neutre.

Système électro-dynamique Bleynie et Ducousso. — C'est en 1901 que ces appareils ont fait l'objet d'applications.

Le système comporte, à pied-d'œuvre, la commande et le contrôle impératif de tous les appareils et signaux; chaque aiguille est commandée par un moteur distinct qui actionne une vis sans fin en prise sur une roue dentée dont l'amplitude de mouvement est de 270° environ; cette roue porte un bouton excentrique dont le mouvement entraîne un levier à coulisse solidaire de la transmission de l'aiguille



Vue arrière. Fig. 15. — Appareil Descubes. *Vue avant.* Leviers et enclenchements en cabine.

Digitized by Google

Selon que le courant envoyé du poste de commande est positif ou négatif, le moteur tourne à droite ou à gauche et dispose l'aiguille pour l'une des deux positions qu'elle doit occuper; dès que l'aiguille est à fond de course, le moteur s'arrête automatiquement.

Le contrôle de position de l'aiguille consiste en un commutateur comportant, pour chaque position de l'aiguille, un double contact; l'axe vertical de cet organe est actionné par la tringle de manœuvre de l'aiguille, de sorte que le contrôle est permanent, tout déplacement intempestif des lames d'aiguilles se révélant immédiatement en cabine; lorsque l'aiguille doit être verrouillée, l'appareil de contrôle constitue un organe distinct de l'appareil de manœuvre; il accuse alors la position, non seulement de l'aiguille, mais encore du verrou d'immobilisation.

Le moteur de signal est disposé de telle sorte que le voyant du signal se met automatiquement à l'arrêt dès que le courant est interrompu, soit volontairement, soit accidentellement; le mouvement est donné par un moteur-série, une vis sans fin et une roue dentée portant un électro-aimant; l'ensemble constitue un train à mouvement non réversible; l'armature de l'électro-aimant forme un organe à embrayage, fou sur l'axe commun à la roue et

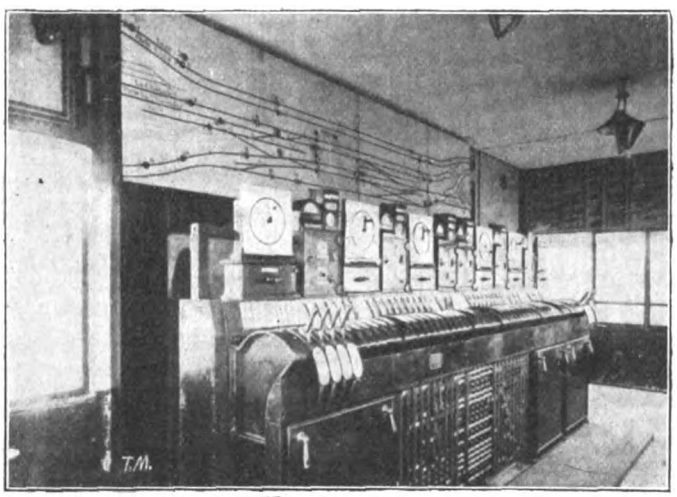


FIG. 16. — Appareil Bleynie et Ducousso.
Table des leviers et enclenchements en cabine.

à l'électro-aimant; elle est pourvue d'un pignon engrenant avec un secteur denté solidaire du bras de commande; l'armature, le pignon et le secteur forment un train réversible que commandent alternativement et en sens inverse le mouvement du train non réversible et le contrepoids de rappel.

L'envoi du courant a pour effet d'actionner le moteur et l'embrayage magnétique; à fin de course, le courant du moteur est seul coupé et l'embrayage magnétique continue d'agir jusqu'à ce que le courant soit coupé en cabine; le contrepoids ferme alors le signal.

En cabine, les leviers de manœuvre sont soumis à l'action du contrôle impératif, c'est-à-dire que leur manœuvre ne peut être achevée que lorsque l'appareil commandé a pris réellement la position qu'il doit occuper; en outre, un trembleur et un voyant révèlent aux sens de l'aiguilleur tout défaut de concordance entre un appareil en campagne et son levier en cabine.

Les leviers peuvent, suivant les différents cas, actionner isolément des appareils distincts ou des groupes d'appareils; dans un cas comme dans l'autre on est amené à réaliser entre ces leviers des combinaisons d'enclenchements, qui sont obtenues soit mécaniquement, soit électriquement, et dont le but est de ne permettre le renversement du levier ouvrant le signal d'accès à un itinéraire que lorsque tous les leviers commandant les appareils de voie intéressés occupent la position convenable, ce qui n'est d'ailleurs possible, en vertu du contrôle impératif, que si les appareils de voie eux-mêmes sont disposés et immobilisés pour la direction voulue.

La figure 16 montre un poste central en cabine; à la partie supérieure, est disposé un schéma des voies et signaux; au-dessous sont placés les appareils de contrôle et de correspondance électriques, puis, à l'avant et à un niveau inférieur, les leviers de manœuvre.

Les panneaux enlevés laissent voir les barres portant les taquets d'enclenchement.

Système M. D. M. universel (fonctionnant indifféremment par leviers d'itinéraires et leviers individuels).

Dans tous les systèmes qui précèdent, les enclenchements nécessaires entre les leviers sont toujours appliqués à une barre ou à un axe qui se profile verticalement ou horizontalement dans la tranche même de chaque levier, sur une longueur et une épaisseur d'autant plus grandes que la cabine est plus importante et que, par conséquent, les enclenchements réalisés par barres horizontales sont plus nombreux. On ne peut donc étager les leviers comme on le voudrait, car il y aurait alors, dans la même place, plusieurs dispositifs d'enclenchements superposés rendus ainsi, au moins en partie, inaccessibles.

En ce qui concerne la manœuvre proprement dite, il faut toujours manœuvrer au moins deux leviers pour un mouvement, celui qui commande les aiguilles de la route à suivre et celui qui actionne le signal qui convient suivant le sens du mouvement.

Il faut attendre successivement, pour passer d'un levier à l'autre, que le contrôle de retour dans chaque phase de l'opération ait produit son plein effet.

Enfin, les aiguilles doivent être, après chaque manœuvre, ramenées à leur position normale à laquelle se rapportent tous les enclenchements, et, par conséquent, on pourrait avoir tendance, en fin de mouvement, à les mouvoir trop tôt avant que le train les ait complètement franchies.

Les inventeurs de l'M. D. M. ont pensé qu'en présence des nombreux *desiderata* à envisager pour remédier à toutes ces imperfections, il convenait de faire « peau neuve » à l'égard des anciens procédés et de se dégager complètement de l'ambiance constructive des anciennes cabines, le recours à une source d'énergie étrangère venant complètement changer la face des choses et donner de nouvelles facilités dans le choix des moyens.

Reprenant alors le côté purement objectif de la question, ils ont cherché tout d'abord à bien déterminer ce qui conviendrait le mieux à ceux qui se servent des appareils; ce n'est qu'ensuite qu'on devait chercher à supputer les moyens de réalisation en toute indépendance; il ne s'agissait plus alors de s'efforcer à imiter telle ou telle disposition, fût-elle devenue classique, de systèmes plus ou moins connus, de s'arrêter à un seul mode d'énergie, si, suivant les effets à produire, plusieurs avaient simultanément un rôle à jouer, etc., etc.; la première chose à faire était de s'affranchir de la gêne des enclenchements qui, sous la forme mécanique qu'on leur avait donnée jusque-là, empêchaient de disposer à sa guise, en vue du plus petit encombrement possible et de la plus grande commodité pour ceux qui s'en servent, tous les leviers de commande.

Le succès a dépassé les espérances, car on a pu arriver à rendre ces enclenchements mécaniques tout à fait inutiles, du moins en ce qui concerne la sécurité, et à borner leur rôle à de simples mémentos pour éviter que les aiguilleurs aient la possibilité d'esquisser simultanément deux itinéraires incompatibles dont les signaux d'accès ne pourraient toutefois s'ouvrir.

Il a suffi pour cela de recourir à un dispositif de leviers d'itinéraire où on commande, en parallèle, par le même levier, tous les appareils d'un même trajet, un seul contrôle impératif venant ensuite vérifier, en série, chacune des aiguilles sur l'itinéraire et ouvrir finalement lui-même le signal dont la valve avait été

Digitized by Google

ouverte, mais sans y envoyer le fluide moteur, en même temps que la commande des aiguilles.

Les enclenchements mécaniques de route en cabine disparaissent, en effet, ainsi, puisque le contrôle impératif ne se fait pas par appareil sur les leviers individuels en cabine, mais se cumule sur le terrain même, d'appareil en appareil, jusqu'au signal qui doit être ouvert.

Les enclenchements de convergence sont eux-mêmes inutiles, si on considère que deux itinéraires quelconques incompatibles diffèrent au moins par la position d'une aiguille commune (qui doit être à gauche pour l'un, par exemple, et à droite pour l'autre, et qui est, par conséquent, commandée et contrôlée d'une manière toute différente dans les deux cas). Dans ces conditions, si, par suite d'une erreur, l'aiguilleur venait à tirer à la fois les leviers de deux itinéraires convergents incompatibles, l'aiguille commune se fixerait dans un sens ou dans l'autre, ou pas du tout, et il ne pourrait alors y avoir qu'un seul itinéraire contrôlable, c'est-à-dire un seul signal qui puisse s'ouvrir ou pas du tout, par conséquent, pas d'itinéraires incompatibles simultanés. (Si des itinéraires se coupent simplement par traversées sans interposition d'appareils, il suffira de considérer cette traversée comme un appareil fictif avec ses deux commandes conjuguées intervenant non pour agir sur un moteur absent, mais pour annuler ou assurer la continuité du contrôle.)

L'absence de préoccupations touchant les enclenchements mécaniques, spéciaux, qui étaient jusqu'ici la cause de toutes les complications, laisse donc le champ absolument libre; et si on arrive à en mettre plus tard, ce sera uniquement pour éviter qu'un aiguilleur s'expose à faire « chou blanc » en esquissant simultanément deux itinéraires incompatibles et, en tout cas, on n'y aura recours que si on peut les réaliser, de telle sorte qu'ils n'exigent aucun organe complémentaire des pièces constitutives pour la commande des appareils ou peuvent être disposés sans gêne aucune pour la construction.

On va donc pouvoir adopter pour le levier la forme convenant le mieux à l'aiguilleur qui s'en sert, et on pourra associer ces leviers les uns aux autres sans se préoccuper, en aucune façon, des pièces de liaisons entre eux et les étager à volonté sans qu'ils se gênent mutuellement du fait des impedimenta qu'on n'avait pu jusqu'ici élaguer.

L'idée qui est venue alors tout naturellement a été de donner aux leviers la forme d'une clé placée dans une alvéole parallélipipédique plus ou moins allongée et présentant une face de 10 à 15 cm de côté, ces parallélipipèdes pouvant être assemblés les uns à côté des autres et les uns au-dessous des autres, empilés comme des moellons, de façon à pouvoir, par exemple, en mettre 100 où on en aurait mis 10 par les anciens procédés.

On s'est même ingénié à les disposer suivant un ordre facile à saisir, et tout naturellement on a eu recours à la table de Pythagore, les voies d'accès de la gare étant indiquées en abscisses et celles de l'autre côté en ordonnées, de manière que les clés afférentes à un itinéraire, entre deux points extrêmes, se trouvent précisément à la rencontre de la rangée et de la colonne correspondantes.

Toutes les aiguilles d'un même trajet étant commandées simultanément en parallèle et le contrôle se faisant cumulativement par appareil sur le terrain, l'aiguilleur qui aura trouvé facilement la clé qui lui était nécessaire pour faire un itinéraire déterminé, n'aura qu'à la tourner dans un sens ou dans un autre, suivant le mouvement à effectuer, et comme il n'aura plus à attendre aucun contrôle reflexe, l'observation générale qu'il doit toujours faire de tous les mouvements qui s'exécutent dans la zone de son poste, ne sera nullement distraite par une attention trop prolongée sur un point déterminé. Enfin, une fois le mouvement terminé, quand on ramènera la clé à sa position de repos, les aiguilles ne seront pas actionnées; elles resteront dans la position où elles avaient été placées pour le dit mouvement.

Cette dernière condition s'accommode facilement de l'obligation de contrôler et de manœuvrer les aiguilles au moment où l'on s'en sert, tandis que, sous le régime des positions normales, on passe sur des aiguilles dont le contrôle remonte, quelquefois, à plusieurs heures auparavant et qui auraient même pu être avariées dans l'intervalle sans que le fait ait été révélé en cabine. En outre, on écarte ainsi la possibilité de faire des aiguilles sous un train engagé dans un trajet, par la remise prématurée d'un levier à sa position de repos. Enfin, on gagne sur la dépense d'énergie en évitant des manœuvres d'aiguilles superflues.

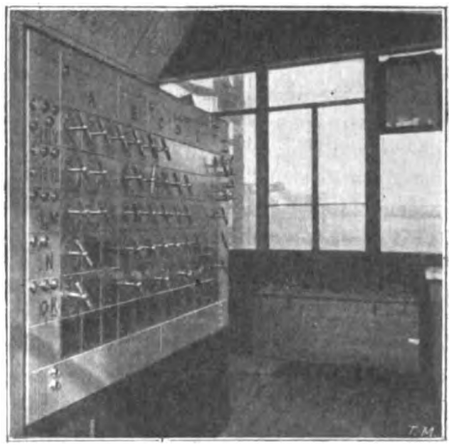


FIG. 17. — Appareil hydropneumatique M.D.M. — Tableau des clés en cabine.

Le combinateur M. D. M., construit par la Société l'Aster, réalise précisément ces conditions.

Il est de forme rectangulaire. Sur la façade avant sont les inscriptions utiles à l'aiguilleur et les manettes ou poignées des clés d'itinéraires.

Il y a une clé par itinéraire. La même clé sert aux deux sens de circulation.

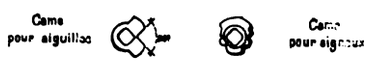
Les clés, qui au repos sont inclinées à 45°, forment un quadrillage dont les rangées horizontales correspondent aux voies d'entrée et les colonnes verticales aux voies de sortie, ou réciproquement.

L'ensemble constitue une table à double entrée (fig. 17).

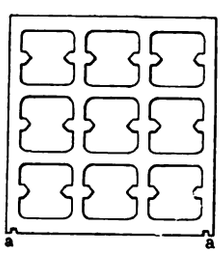
Pour effectuer un itinéraire reliant une voie d'entrée et une voie de sortie, il suffit de regarder la colonne et la rangée intéressées et de tourner d'un seul coup vers la verticale ou l'horizontale, selon le sens du mouvement, la clé placée à leur intersection.

Clé d'itinéraire.

Le choix de la clé à tourner et le sens de la rotation sont donc à la portée de la personne la moins avertie.



Pour faciliter la lecture, les rangées et les colonnes sont numérotées : chaque clé est désignée à la fois par le numéro de sa rangée et celui de sa colonne. Ainsi, la clé 1-2 par exemple est celle de l'itinéraire qui relie la voie d'entrée figurée par la rangée 1 avec la voie de sortie figurée par la colonne 2.



Plan rigide pour aiguilles et signaux.

FIG. 18. — Organes de commande de l'appareil M. D. M.

Chaque rangée ou colonne porte à son extrémité un répétiteur du signal d'entrée de la voie correspondante.

Les clés traversent des plans parallèles à la façade (fig. 18), tous semblables, comportant des fenêtres au droit de chaque case et actionnant chacun en *a* une valve-tiroir dite « connecteur » pour envoyer le fluide moteur en campagne.

Il y a un plan par aiguille (plan d'aiguille) et un plan par voie

Digitized by Google

d'entrée ou de sortie comportant ou non un signal (plan de voie ou de signal). Lorsqu'une clé doit commander un plan, elle comporte une came en regard de ce plan. Dans le cas contraire, on met une rondelle de remplissage.

Pour faire un itinéraire, on tourne sa clé vers le répétiteur du signal à ouvrir : cette clé est munie de cames qui, en agissant sur les plans rigides, produisent, par le jeu des connecteurs qui leur sont conjugués, les actions voulues en campagne.

Tout plan ainsi maintenu, à droite par exemple, sous l'action d'une clé, empêche de tourner toute autre clé dont la rotation aurait pour effet de le ramener vers la gauche.

Les itinéraires convergents sont donc enclenchés entre eux parce que leurs aiguilles communes ne peuvent être commandées de deux côtés opposés à la fois.

L'enclenchement qui se révèle ainsi découle tout bonnement des dispositions mêmes, adoptées pour la commande des appareils. Il tient au seul fait qu'un même plan, c'est-à-dire une même aiguille, ne peut être en même temps à droite et à gauche. Il surgit pour ainsi dire comme pour calmer les inquiétudes de ceux qui ont conservé leur confiance au *rigide*, alors que le *fluide* est bien autrement commode et sûr, et, en tous cas, pour tous, il a cet avantage incontestable d'éviter à l'aiguilleur d'esquisser à la fois plusieurs itinéraires qui, étant incompatibles, ne pourraient s'ouvrir simultanément.

(Pour le cas de commande directe par valves où les clés fonctionneraient comme servo-moteurs, la disposition en forme de table de Pythagore permet d'ailleurs de recourir à un dispositif d'enclenchements mémento, qui a déjà reçu une application, et qui se maintient sans épaisseur dans un seul plan s'épanouissant sur toutes les cases du tableau.)

L'enclenchement entre les deux sens de circulation sur un même itinéraire est encore plus simple, attendu qu'une même clé ne pouvant être simultanément horizontale et verticale, il n'est pas possible de faire un même itinéraire dans les deux sens à la fois.

Ce qui précède explique comment on a pu dire que dans le système M. D. M. l'étude des enclenchements est supprimée.

Avec ce combinateur mécanique, on peut d'ailleurs faire instantanément toutes les transformations corrélatives de toute modification des voies auxquelles il s'applique.

Les cames étant essentiellement amovibles, on peut, en changeant leur nombre et leur position, modifier à son gré le tracé d'un itinéraire. En ajoutant une clé, avec ses cames appropriées, on crée de toutes pièces un itinéraire nouveau et cela sans jamais se préoccuper des enclenchements.

Il nous reste maintenant à parler du mode de liaison des plans avec les aiguilles et les signaux qui leur correspondent.

Tous les fluides peuvent être choisis aux convenances de chacun, eu égard aux circonstances locales (ressources, conditions climatériques, etc.).

Jusqu'ici, on emploie l'eau (glycérinée en hiver) pour la commande des moteurs à distance et l'air comprimé à basse pression comme énergie motrice; ces fluides sont économiques, évitent les courts-circuits et ne donnent pas de courant dérivé dangereux.

L'eau incompressible joue le rôle d'une bielle liquide entre le combinateur et les moteurs; elle est à une pression de 8 kg environ par centimètre carré pour transmettre (instantanément) la commande.

Quant à l'air, on l'utilise à 3 kg environ, pour la manœuvre des aiguilles et des signaux : il agit surtout par détente.

Il sert également à maintenir la pression de l'eau des bielles liquides au moyen d'un appareil simple et peu encombrant, à pistons différentiels, en sorte que, dans les cabines M. D. M. hydropneumatiques actuelles, la source d'énergie à constituer est l'air comprimé.

Si les compresseurs électriques venaient à manquer, il suffirait, pour les remplacer, d'utiliser la pompe de la première locomotive venue munie du frein à air. On peut d'ailleurs, en cas de nécessité, manœuvrer les moteurs des aiguilles à l'aide d'une manivelle à main sans dételer aucun appareil et en conservant le verrouillage des aiguilles.

Le moteur à air des appareils en campagne (fig. 19) mérite une mention spéciale : il est composé d'un cylindre alésé dans toute sa longueur, muni d'une enveloppe et fermé par les fonds. L'intervalle qui sépare le cylindre de son enveloppe forme réservoir d'air comprimé, alimenté par la conduite générale d'air sous pression.

Cette enveloppe a un double effet :

1° D'ordre dynamique, en ce sens que le moteur a toujours près de lui, disponible pour une action instantanée, une grande quantité d'air comprimé, au lieu de la puiser dans la conduite générale avec la lenteur inévitable due aux pertes de charge. Ce réservoir intermédiaire se remplit pendant les intervalles où le moteur ne travaille pas et la lenteur d'alimentation est alors sans influence sur la marche du système;

2° D'ordre thermique, en ce sens que la couche d'air contenue dans l'enveloppe sert d'écran entre les organes intérieurs du moteur et l'atmosphère.

Dans le cylindre se meuvent deux pistons faisant corps avec la coulisse. On a ainsi un moteur à double effet constitué par

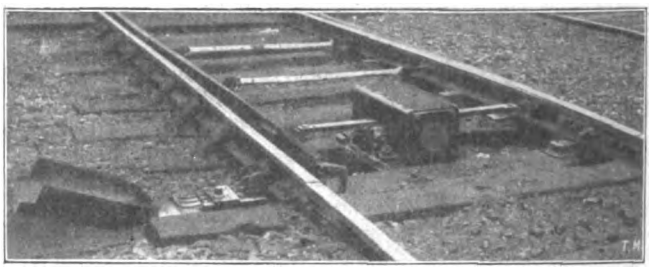


Fig. 19. — Vue d'un moteur d'aiguille sur la voie.

deux moteurs à simple effet, ce qui est très important puisque cela supprime les presse-étoupes.

Les aiguilles sont ainsi verrouillées directement, sans appareils intermédiaires, par la coulisse de commande de leur barre de manœuvre.

Les moteurs à air comprimé sont certainement les meilleurs de tous pour la manœuvre des aiguilles, en ce sens qu'ils sont parfaitement auto-régulateurs sans le concours d'aucun organe auxiliaire ou de toute disposition spéciale : en effet, si au moment où l'air est introduit pour la manœuvre de l'aiguille, celle-ci a beaucoup de résistance, elle ne démarrera que lorsque la pression sera suffisante et marchera lentement sous la pression qui lui convient. Au contraire, si l'aiguille est peu résistante, elle est comme chassée par la moindre pression, mais en raison de sa vitesse il y a vite détente dans le moteur. Finalement, l'aiguille arrive toujours s'appliquer sur le rail contre aiguille, avec la même allure, en pressant bien sur ce dernier et sans jamais, pour ainsi dire, le gifler par un coup brusque.

Le contrôle d'itinéraire s'obtient en envoyant, de la cabine à la voie de sortie de l'itinéraire, une pression dite pression de contrôle par une bielle liquide qui passe sur le terrain par toutes les aiguilles dudit itinéraire, successivement, et en sens inverse du train (c'est-à-dire allant de la voie de sortie vers la voie d'entrée).

Lorsque cette pression a atteint la voie d'entrée, elle revient en cabine, puis est dirigée sur le signal.

C'est donc la pression de contrôle qui ouvre le signal.

En cabine, le départ et la rentrée de la pression de contrôle s'opèrent de la manière suivante :

En tournant la clé d'un itinéraire, on déplace simultanément le plan de sa voie d'entrée et celui de sa voie de sortie.

Digitized by Google

Le déplacement du plan de sortie ouvre le passage de la pression de contrôle qui va sur le terrain parcourir l'itinéraire comme on vient de le voir.

Le déplacement du plan d'entrée dirige vers le signal d'accès de l'itinéraire la pression de contrôle à son retour de la voie.

Entre la voie de sortie et la voie d'entrée, la pression de contrôle chemine comme suit :

Chaque lame d'aiguille est munie d'un contrôleur, sorte de robinet ouvert quand la lame d'aiguille est collée du côté commandé par le combinateur, mais seulement pendant qu'il y a commande de cette aiguille, et fermé dans tout autre cas.

Lorsque le robinet est ouvert, la pression peut passer. Lorsqu'au contraire il est fermé, elle ne passe pas et le signal d'accès de l'itinéraire est fermé.

Les contrôleurs figurent les aiguilles. Ils sont reliés par des tuyaux figurant les voies.

Le circuit de contrôle est donc la représentation exacte du réseau de voies.

Il s'ensuit que la pression de contrôle, arrivant aux contrôleurs d'une aiguille, est dirigée sur la suivante et gagne ainsi, de proche en proche, l'extrémité de l'itinéraire.

Si une aiguille n'est pas dans les conditions voulues, elle arrête la pression et le signal ne peut s'ouvrir.

Si, à un moment donné, pour une cause quelconque, un dérangement survient, la pression cesse d'être transmise et le signal revient à l'arrêt.

En résumé, pour que le signal d'accès d'un itinéraire se mette à voie libre, il faut que la clé de cet itinéraire soit tournée dans le sens voulu et que les aiguilles de cet itinéraire soient toutes commandées et collées du côté de leur commande.

Le contrôle est ainsi impératif et permanent.

Il est facile de remarquer que dans ce procédé :

1° Si la pression de contrôle trouve un passage continu pour joindre la sortie et l'entrée, les voies offrent également un passage continu en état d'être parcouru par un train.

2° Par le fait qu'une aiguille ne saurait être à la fois à droite et à gauche, il existe sur le terrain un enclenchement naturel, dérivant de la position des aiguilles, du même ordre que celui que donnent les plans d'aiguilles du combinateur et qui, en quelque sorte, le double ; ce qui revient à bien prouver qu'il est aussi impossible d'obtenir simultanément sur le terrain les contrôles d'itinéraires incompatibles — c'est-à-dire différant par une aiguille commune — qu'il est impossible au combinateur de provoquer des commandes également incompatibles.

Cette propriété, jointe à l'individualité des commandes, permet d'effectuer de suite, même sans clés d'itinéraires, des trajets détournés, non prévus d'avance, pour unir les entrées et les sorties.

C'est un avantage précieux dans le cas de transformation des voies ou de changement subit du régime d'exploitation : on munit à cet effet chaque plan d'un levier individuel.

On complète le contrôle par l'installation dans la cabine d'un tableau électrique représentant les voies et la position des aiguilles. Cet appareil n'exerce aucune action sur la position des aiguilles et des signaux ; mais il décèlerait immédiatement à l'aiguilleur celle des aiguilles d'un itinéraire qui resterait entrebâillée et qui empêcherait par suite l'ouverture du signal.

L'autocombinateur comporte aussi le contrôle de transit qui a pour but d'empêcher qu'on remette à la position de repos la clé d'un itinéraire, à partir du moment où le train est engagé sur cet itinéraire et jusqu'à ce qu'il en soit sorti.

A cet effet, le train lui-même verrouille l'un des deux plans de voie de l'itinéraire, tant qu'il est engagé sur cet itinéraire. Ce verrouillage est obtenu à l'aide d'électros-aimants déjà utilisés pour le contrôle de fermeture du signal et qui se placent au-dessus du plan à immobiliser.

La connexion entre les entrées et les sorties s'établit, au combinateur, à l'emplacement même de la clé.

Les conditions complémentaires qu'il y a lieu de réaliser pour la conjugaison avec les circuits du block système des lignes sur lesquelles se trouve branché le poste n'offrent d'ailleurs aucune difficulté étant donnée l'existence, dans le combinateur, d'organes représentant individuellement soit les signaux, soit le trajet lui-même, et l'extrême facilité qu'il y a d'établir toutes les connexions possibles par la simple rotation de la clé spéciale à chaque itinéraire.

En fait, l'autocombinateur M.D.M a réalisé l'intégralité de ses promesses, et l'utilisation qu'on en fait de plus en plus sur le chemin de fer montre suffisamment l'intérêt qu'il y suscite.

Après les trois cabines de Paris (Landy), les cabines de Lens, de Beaumont, de Saint-Quentin, de la gare des Usines, d'Hirson, etc., c'est maintenant la cabine 4 desservant la grande bretelle de Paris-Nord qui a été mise en service. La cabine de Lille suivra bientôt.

On voit ainsi que les efforts des Compagnies ne sont pas restés stériles, en matière de signalisation locale, et qu'elles ont fait faire à la question un pas très décisif, tout en se tenant toujours à la hauteur des événements et des responsabilités.

Block-système. — Il me faudrait maintenant vous parler longuement du block-système, qui a pour but d'empêcher que deux trains se suivant sur une même voie puissent jamais se rencontrer : vous savez qu'à cet effet on divise la ligne en un certain nombre de sections dans lesquelles, d'après les dispositions prises, il ne pourra jamais y avoir qu'un train, ce qui rend les collisions impossibles.

Malheureusement, le temps qui m'est dévolu ne me permet pas de vous donner la description de tous les appareils de block appliqués en France : Regnault, Tyer, Lartigue, etc., et qui sont dotés de l'enclenchement de dépendance de section à section, afin d'éviter qu'on puisse « manger » un train suivant l'expression pittoresque qui veut dire : en oublier un.

Le block-système est établi sur de nombreuses lignes en France. Son installation se poursuit partout. Il existe sur toutes les lignes à double voie du réseau du Nord et la moitié des lignes à voie unique de ce réseau en est déjà munie.

Nous parlerons pour mémoire du block électrique automatique, tel le block Hall, en usage sur bien des lignes métropolitaines et utilisé aussi sur quelques lignes de la Compagnie du Midi.

Enfin, comme corollaire de l'électrification des chemins de fer, il faut noter le block-système électrique, par courant alternatif (forme de courant que l'on peut toujours choisir, de caractéristiques nettement différentes de celles du courant de traction, que ce dernier soit lui-même continu ou alternatif). Dans le cas d'une ligne à traction par courant alternatif, fréquemment à 25 périodes, on peut recourir, pour les circuits de voie, à un courant alternatif de fréquence supérieure, par exemple 60 périodes.

On distingue les circuits de voie, suivant que le retour du courant de traction se fait par un seul rail ou par les deux rails.

Quand le retour du courant de traction a lieu par un seul des deux rails de roulement, l'autre constitue le rail de block, comme pour les circuits de voie sur les lignes à traction à vapeur.

Quand les deux rails sont utilisés pour le retour du courant de traction, les deux files de rails de roulement sont divisées en un certain nombre de sections au moyen de joints isolants. Les rails d'une même file, de chaque côté du joint isolant, sont connectés entre eux, ainsi qu'à ceux de l'autre file, au moyen d'une « connexion inductive » offrant très peu de résistance au courant continu de retour, c'est-à-dire de résistance ohmique très faible, mais offrant au contraire une très grande résistance (autrement dit réactance relativement élevée) au courant alternatif du circuit de voie.

Les circuits de voie à courant alternatif sont alimentés par des transformateurs statiques, d'un type spécial, dont le secondaire

Digitized by Google

est branché entre les deux rails de la section. Les circuits de voie se divisent encore, à ce point de vue, en deux groupes, suivant que le transformateur est branché à la fin de la section « alimentation en bout » ou bien au milieu de la section, en vue de permettre l'établissement de circuits de voie de plus grande longueur « alimentation centrale ».

Sur les lignes à voie unique, le block sert non seulement à éviter que deux trains, se suivant dans le même sens, puissent se rejoindre, mais que deux trains de sens contraire puissent se tamponner.

Déjà cette dernière cause d'accident a été éliminée par l'usage des cloches électriques qui sont installées dans les gares et les stations, ainsi qu'à certains passages à niveau, et qui fonctionnent de la manière suivante :

Avant d'expédier un train vers une station, ou au moment du passage des trains qui ne s'arrêtent pas, le chef de gare, ou l'agent délégué à cet effet, manœuvre l'appareil électrique afin de donner à la station vers laquelle se dirige le train, ainsi qu'aux passages intermédiaires munis d'une cloche, l'avis qu'un train est ou va se mettre en marche en se dirigeant vers eux.

Les trains sont annoncés au moyen d'une ou deux séries de coups de cloche, selon le sens de leur marche, et tout garde sédentaire qui a reçu ainsi l'annonce d'un train arrêtera tous ceux qui pourraient se présenter en sens contraire.

Nous ne pouvons non plus passer sous silence les cloches d'annonce que la Compagnie du Nord emploie sur toutes ses lignes à double voie, car, si elles ne constituent pas des signaux fondamentaux, elles n'en sont pas moins des adjuvants très précieux de sécurité. Leur rôle consiste, en effet, à annoncer de gare à gare les trains à marche relativement rapide, de manière que les gares cessent leurs manœuvres devant les trains qui vont se présenter et accélèrent au besoin les garages des trains à marche plus lente qui doivent s'effacer devant eux. On évite de cette façon bien des retards, bien des négligences, et par conséquent bien des chances d'accidents.

L'établissement de toutes les installations de sécurité, sur le détail desquelles nous venons de jeter un rapide coup d'œil, a coûté des sommes énormes.

L'ensemble des lignes d'intérêt général françaises représente une valeur d'établissement qu'on peut évaluer actuellement à un minimum de 20 milliards.

Cette somme comprend toutes les installations de voies, bâtiments, signaux, mobilier, outillage, matériel moteur et roulant; il est bien difficile d'en dégager avec une précision mathématique la part afférente aux seules installations de sécurité, mais on peut cependant indiquer que la valeur de ces seules installations n'est certainement pas inférieure à 1 milliard.

S'il était possible d'entrer dans de plus amples détails, nous serions amenés à constater que pour de nombreuses grandes gares, la valeur des installations de sécurité atteint et dépasse même la valeur de l'ensemble des autres installations.

Quant aux dépenses annuelles d'exploitation, qui pour toutes les Compagnies françaises à l'exception des lignes exploitées par l'Etat, s'élèvent à environ 700 millions, elles comprennent plus de 100 millions pour les travaux d'entretien dans lesquels les seuls travaux intéressant la sécurité absorbent au minimum 65 millions; ces chiffres devraient être considérablement augmentés si on y ajoutait ceux afférents aux lignes exploitées par l'Etat, et c'est aux environs de 80 millions qu'il faudrait évaluer les dépenses annuelles d'exploitation pour les seules installations de sécurité.

Nous pensons avoir ainsi montré à tous ceux qui voyagent de quelle sollicitude constante ils font l'objet de la part des hommes de chemins de fer; si, néanmoins, il pouvait subsister quelque crainte dans leur esprit, quant à l'avenir, qu'ils méditent cette remarque qu'un accident coûte encore beaucoup plus cher que les mesures de sécurité qui l'auraient évité.

A défaut de philanthropie l'intérêt bien compris des exploitants devrait suffire à rassurer les plus incrédules.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VI, N° 2, 15 Janvier 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

COMPTE RENDU DES VISITES-CONFÉRENCES

FAITES A LA IVe EXPOSITION INTERNATIONALE DE LA LOCOMOTION AÉRIENNE ET AU XIIIe SALON DE L'AUTOMOBILE

AU GRAND PALAIS DES CHAMPS-ÉLYSÉES, LE JEUDI 7 NOVEMBRE 1912
ET LE SAMEDI 21 DECEMBRE 1912

I. — LE MOTEUR D'AVIATION A LA IVe EXPOSITION INTERNATIONALE DE LA LOCOMOTION AÉRIENNE

Par M. Léon LETOMBE

Professeur du Cours de machines thermiques à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Le Salon d'Aviation de 1912 est caractérisé, en ce qui concerne les moteurs, par une sélection de tous les systèmes essayés jusqu'ici.

Les dispositions vraiment nouvelles et originales sont rares, mais on constate, dans la construction des moteurs, des perfectionnements importants : modes de distribution, procédés d'alimentation des moteurs, etc.

Simple coïncidence peut-être, on remarque que les suppressions et les perfectionnements constatés se sont faits presque exactement suivant les prévisions que nous avons formulées antérieurement.

C'est ainsi que certains mécanismes ingénieux mais compliqués, pour lesquels l'épreuve de la pratique était à redouter, ont à peine pu être essayés et ont disparu.

D'autres inventeurs, découragés sans doute par une mise au point trop délicate, ont abandonné des dispositifs pourtant logiques, mais peut-être insuffisamment étudiés.

1. Alimentation des cylindres par pompes a essence. — On peut rappeler à ce sujet le moteur Antoinette, dont on s'était proposé d'assurer l'alimentation par refoulement direct de l'essence dosée aux boîtes à soupapes. Tout en approuvant le principe de cette distribution, nous avions critiqué vivement l'emploi d'une seule pompe de refoulement pour toute une série de soupapes, parce que, dans ces conditions, il était pratiquement impossible de réaliser une répartition égale de combustible dans chacun des cylindres du moteur.

L'alimentation inégale en essence des cylindres des moteurs polycylindriques a été du reste la cause principale de beaucoup d'échecs.

Heureusement, à l'inverse de ce qui se passe pour tous les autres combustibles, l'introduction d'une certaine proportion d'essence en excès dans les cylindres ne nuit pas à la formation d'un diagramme nourri; en effet, sans cet artifice, la plupart des procédés d'alimentation, non seulement des moteurs d'aviation, mais encore des moteurs d'automobiles, n'auraient jamais donné que de mauvais résultats.

Alimentation par le carter. Avantages. — Dès 1911, nous avions attribué les bons résultats donnés par les moteurs « Gnome » à leur remarquable construction, à certains détails de construction fort ingénieux qui leur sont particuliers, mais surtout à ce que les sept cylindres, qui tournent dans un même plan, sont alimentés, aussi rigoureusement que possible, d'un mélange tonnant homogène. Le carburateur n'est, dans ce cas particulier, qu'un simple gicleur, projetant l'essence dans l'air introduit par l'arbre creux, d'une façon un peu quelconque, mais le brassage, qui se fait ensuite dans le carter, grâce au fouettement des bielles et aux aspérités des parois chaudes, donne un mélange tonnant parfait. Celui-ci se répartit dès lors uniformément entre les cylindres, car les soupapes d'aspiration, placées dans les pistons, fonctionnent toutes dans des conditions identiques, et à une distance uniforme du centre du carter.

Les difficultés d'une alimentation égale réapparaissent avec l'emploi de quatorze cylindres, répartis en deux étoiles, dans deux plans parallèles : la puissance obtenue ainsi n'est en général pas le double de celle des moteurs correspondants à sept cylindres, parce que, précisément, la répartition de l'essence dans les deux carters reste facilement inégale.

D'autre part, tous les moteurs en étoile, à cylindres fixes ou tournants, et à aspiration par soupapes placées dans le fond des cylindres n'ont donné que des résultats incertains tant que l'amenée de gaz a eu lieu par des tuyauteries extérieures plus ou moins symétriques, partant d'un carburateur ordinaire.

Or, cette année, on peut voir que, dans un bon nombre de types en étoile paraissant être d'une grande sûreté de marche, on a précisément adopté l'alimentation par le carter, où tous les conduits d'aspiration aboutissent directement.

2. Inconvénients du procédé d'alimentation par le carter. — L'aspiration par le carter permet aux moteurs de marcher sans faiblesse, ce qui est d'une importance capitale; le procédé n'est pourtant pas parfait et il ne faudrait pas le considérer comme tel. Ce mode d'alimentation gêne en effet considérablement le graissage qu'on ne peut assurer qu'au moyen d'une huile, comme l'huile de ricin qui dissout peu l'essence. Or, l'huile de ricin est sujette à des altérations rapides qui en font un produit acide et il faut en employer de grandes quantités, car elle se décompose facilement à la chaleur.

Refroidissement des cylindres. — Dans les moteurs refroidis à l'air, on force la répartition de l'huile qui, par vaporisation, concourt, plus qu'on ne croit, au rafraîchissement des cylindres.

Digitized by Google

Les moteurs à refroidissement par l'air consomment, en poids, de *50 à 150 fois plus d'huile* pour le graissage des cylindres, que les moteurs fixes de même puissance.

Le refroidissement par l'air, qui est toujours précaire, est un obstacle à l'emploi des gros alésages; aussi les constructeurs sont-ils plutôt disposés à augmenter le nombre des cylindres des moteurs que leur alésage pour réaliser des puissances importantes.

On doit considérer comme une légende la supériorité de rendement thermique attribuée aux moteurs sans refroidissement d'eau, grâce à la perte moindre de chaleur par les parois. Étant donnée la vitesse à laquelle marchent tous les moteurs modernes, à égalité de correction de diagramme et de compression, on a toujours constaté : 1° que les moteurs mal refroidis ne consommaient pas moins de combustible par cheval-heure *indiqué* que les moteurs bien refroidis; 2° qu'ils consommaient, par contre, souvent plus par cheval effectif, parce que leur rendement mécanique était moins bon; 3° que leur consommation en huile de graissage était toujours élevée.

L'allongement des courses par rapport aux alésages facilite le refroidissement, car il y a augmentation simultanée du rapport de la surface des cylindres à leur volume; le graissage se faisant dès lors dans de meilleures conditions, le rendement mécanique augmente.

Légèreté du moteur. — Une dernière remarque, c'est que, tout en cherchant à faire des moteurs légers, on tient, néanmoins, à les faire robustes; les allègements excessifs et dangereux de pièces essentielles, pour gagner quelques grammes par cheval, ne sont plus de mise.

Les moteurs actuels.

A part de très rares exceptions, les moteurs actuels d'aviation se répartissent en trois catégories principales :

1° Moteurs en étoile à cylindres tournants;
2° Moteurs en étoile à cylindres fixes;
3° Moteurs fixes en V.

A titre d'exemples, on examinera successivement les dispositions principales de quelques types de moteurs dans chaque catégorie.

3. Moteurs en étoile a cylindres tournants. — Dans cette catégorie, le *moteur Gnome* occupe toujours la première place, tant par les succès qu'il a obtenus, que par le nombre de ses applications. Il est inutile de revenir en détail sur la construction de ce moteur, aujourd'hui très connu.

Comme perfectionnements, on remarque sur les moteurs exposés :

Le remplacement, par un réglage d'air sur le carburateur, du simple réglage d'essence, qui donnait trop facilement des écarts de carburation considérables.

Adoption d'une mise en marche à main entraînant une magnéto de démarrage à étincelle continue.

L'aspiration se fait toujours par le piston, dont l'étanchéité est obtenue par une petite cornière circulaire en laiton, rappelant le fonctionnement des cuirs emboutis.

On a reproché aux moteurs Gnome d'être anémiques (expression mal choisie du reste), parce que leur pression moyenne reste basse, ce qui veut dire que leur puissance par cylindrée est faible. Mais, comme dans ces conditions, leur *poids-cheval* reste encore plus faible que celui de n'importe quel autre moteur, cette pauvreté est plutôt une qualité, car elle prouve que ces moteurs marchent avec une détente relativement prolongée par rapport au volume d'aspiration (1); on empêche ainsi les échauffements excessifs, causes d'allumages prématurés, et le rendement thermique s'améliore, eu égard aux faibles compressions en usage pour ce type de machines.

En effet, ce qui compte pour l'abaissement des consommations, c'est surtout la valeur de la détente totale, et l'excellence d'une compression élevée, dans les moteurs à fort remplissage, n'est que la conséquence du rapport volumétrique élevé de détente qu'on obtient ainsi (1).

On peut donc dire que le moteur Gnome est un moteur « sobre » : il a assez prouvé, par ses performances, qu'il était loin d'être anémique.

Le *moteur Verdet* offre la particularité d'avoir des cylindres d'acier avec chemise en fonte rapportée à l'intérieur, ce qui donne un meilleur frottement et, par conséquent, une moindre dépense d'huile de graissage que les cylindres tout en acier.

Le moteur Burlat, qui fut le premier type de moteur à cylindre tournant avec aspiration dans le carter, comporte une manivelle de mise en marche.

On sait que, dans ces moteurs, l'arbre tourne deux fois plus vite que les cylindres et dans le même sens qu'eux : grâce au mouvement cinématique adopté, le moteur ne comporte pas de bielles.

Les *moteurs Clerget*, à soupapes d'admission extérieures et commandées, aspirent dans le carter.

Un ingénieux « mouvant » excentré, avec culbuteur roulant, permet d'actionner successivement les tiges de soupapes une fois tous les deux tours, sans l'emploi d'un arbre à demi-vitesse commandé par engrenages.

La difficulté dans ce genre de distribution est d'obtenir l'attaque des soupapes sans chocs.

Dans un nouveau moteur rotatif « *Le Rhône* », qui a déjà fait ses preuves, les constructeurs, pour arriver à des puissances importantes, ont préféré porter le nombre des cylindres à 18 plutôt que de forcer les alésages. On est arrivé ainsi à un moteur composé de deux étoiles de 9 cylindres.

Les difficultés d'alimentation ont été élégamment résolues ici par la méthode signalée plus haut :

La prise de gaz, pour les soupapes d'aspiration commandée placées dans les fonds de cylindre, se fait par des tuyaux identiques partant du carter commun *entre* les deux lignes de cylindres : c'était la vraie solution pour obtenir une égale répartition d'essence sous l'aspiration des pistons.

4. Moteurs fixes en étoile. — Dans ces moteurs, la difficulté à vaincre, lorsque les cylindres sont disposés dans un plan vertical, est un graissage excessif des cylindres inférieurs.

On remédie aujourd'hui presque complètement à ce défaut par l'emploi de cylindres prolongés dans le carter et de pistons couverts.

Le *moteur Samson* (*système Canton-Unné*), lorsqu'il est disposé dans un plan à peu près horizontal, est à l'abri du graissage inégal des cylindres; d'ailleurs, d'autres dispositions ingénieuses ont été adoptées dans le même but.

Dans ces machines, grâce à un curieux dispositif de roulement intérieur, toutes les bielles des cylindres en étoile sont identiques : on supprime ainsi l'ennui de la bielle maîtresse qui gêne beaucoup l'équilibrage aux grandes vitesses.

Le *moteur Anzani*, à deux lignes de cylindres, est remarquablement aplati : pour ce type de moteurs, l'aspiration se fait aussi maintenant dans le carter.

On trouve encore parmi les moteurs en étoile, les moteurs Laviator et les Dansette-Gillet à deux temps, à pistons différentiels pour la charge des cylindres.

Ces derniers moteurs du type sans soupapes, doivent présenter le même inconvénients que la plupart des moteurs à deux temps : perte d'une partie du mélange tonnant à l'échappement.

Moteurs fixes en V. — Le plus connu des moteurs de cette catégorie est le *moteur Renault*, qui a du reste fait largement ses preuves. Les dispositions adoptées sont celles ordinairement en usage sur les moteurs d'automobiles. La particularité la plus saillante est le refroidissement des cylindres par un ventilateur.

Ici encore, pour ne pas augmenter les alésages, les moteurs de grande puissance sont à 12 cylindres. On emploie un carburateur spécial pour chaque ligne de cylindres.

Pour assurer l'homogénéité du mélange tonnant, les carburateurs sont placés très loin des cylindres. Les gaz se rendent donc aux soupapes par de longs conduits concentriques à l'un des tubes d'échappement; la composition des gaz chauffés et brassés

(1) Cet effet est dû à l'emploi de soupapes automatiques qui ne permettent jamais qu'un remplissage assez imparfait des cylindres.

(1) Rapport qui est identique au rapport de compression dans le cycle Beau de Rochas.

Digitized by Google

par ce long parcours varie peu, ce qui est indispensable pour l'alimentation d'un moteur polycylindrique.

Le seul défaut des moteurs Renault est d'être relativement un peu lourds; par contre, ils sont extrêmement robustes et conviennent pour des vols de longue durée. On n'a guère pu les appliquer qu'à des biplans.

Le nouveau *moteur Panhard* en V, à refroidissement par eau, qui a un aspect remarquablement robuste, paraît devoir bien convenir pour des services continus.

Dans cette machine, l'arbre des cames joue le rôle d'arbre porte-hélice : le système n'est pas nouveau, mais l'arbre porte ici une double commande à pignons à denture, hélicoïdale qui empêche les jeux si funestes quand un organe, commandé par engrenage, subit des efforts importants.

Moteurs divers. — La place manque pour l'examen des moteurs très spéciaux, tels que Favata, S. L. B., Siva, etc., dont les dispositions cinématiques très curieuses n'ont pas encore fait suffisamment leurs preuves.

Quant aux moteurs *gavés* par des additions d'explosifs ou de mélanges tonnants sous pression ou chargés d'oxygène, il ne paraît plus en être question, ainsi que nous l'avions fait prévoir.

Progrès possible. — Un progrès important très attendu, et qui ne s'est pas encore fait jour, c'est l'emploi, pour les moteurs d'aviation, de combustibles à densité élevée, comme le pétrole lampant ou les huiles lourdes en général : il faudrait arriver pour cela à un dispositif de moteur à combustion genre Diesel. Il en résulterait un double avantage, savoir : une économie de combustible augmentant le rayon d'action des aéroplanes, et la disparition des incendies qui, trop souvent déjà, ont été la cause d'une mort atroce pour quelques-uns de nos plus valeureux pilotes.

On a déjà pu considérablement diminuer le poids des moteurs Diesel en vue de leur application aux sous-marins, et on connaît en particulier les beaux résultats obtenus dans cette voie par la maison Harlé et C^ie^ à la suite des études de M. A. Bochet.

Bien des difficultés restent à vaincre pour faire du moteur à combustion un moteur d'aviation, mais le problème est loin d'être insoluble.

Dans tous les cas, les résultats que ce moyen permettrait d'atteindre ont une telle importance qu'on ne saurait dépenser ni trop de temps ni trop d'argent à la recherche de leur solution pratique.

II. — LE MOTEUR D'AUTOMOBILE AU XIII^E^ SALON DE L'AUTOMOBILE

Par M. G. LUMET

Chef du Laboratoire d'essais de l'Automobile-Club de France.

S'il est vrai que, désormais, les grandes données caractéristiques du moteur semblent définitives, il faut, cependant, noter avec intérêt, dans la construction, des progrès certains, que nous nous proposons d'exposer ici.

1. Bloc-moteur. — Comme on ne peut considérer les châssis comme rigoureusement indéformables, malgré l'emploi d'aciers spéciaux et d'entretoises, on relie les organes principaux de la voiture par des liaisons élastiques. De plus, il faut graisser les organes et les préserver de la poussière par des carters étanches.

Ces deux nécessités de la construction ont suggéré à certains constructeurs de grouper plusieurs organes dans un même carter, pour éviter les liaisons élastiques, d'une part, et pour diminuer le nombre des carters, d'autre part.

C'est ainsi qu'est né le *bloc-moteur*, qui se présente dans deux solutions de groupements d'organes :

Ou bien la boîte des vitesses rejoint le moteur à l'avant : c'est la solution française réalisée pratiquement d'abord par la firme *Motobloc* et que l'on retrouve chez Panhard-Levassor, Hispano-Suiza, Piccard-Pictet; ou bien la boîte des vitesses rejoint le différentiel à l'arrière, solution américaine présentée par les firmes Overland, R. C. H., etc.

Dans la première solution, les commandes du changement de vitesses étant simples et courtes, le rendement de ce groupement d'organes est amélioré.

Dans la deuxième solution, on fait supporter à l'arbre-cardan des efforts moindres et moins variables que lorsqu'il fait suite à la boîte des vitesses.

Par contre, les commandes des trains baladeurs sont plus difficiles à établir, puisqu'il faut tenir compte des déplacements de la boîte par rapport au levier fixé au châssis. Les blocs-moteurs sont suspendus, en trois points, sur le châssis. Chez Panhard et Levassor, ces trois points sont constitués, à l'avant, par deux pattes d'attache du moteur et, à l'arrière, par une rotule concentrique à l'arbre secondaire de la boîte de vitesses.

2. Moteur. — Ce mode de suspension se retrouve sur certains châssis, alors que le moteur est indépendant de la boîte de vitesses. Chez Peugeot, par exemple, le moteur est suspendu, à l'avant, par une rotule, et, à l'arrière, par un axe qui peut tourner dans des colliers.

Les moteurs se présentent sous la forme de blocs de plus en plus compacts. Ils sont, le plus généralement, à quatre cylindres, même pour les voiturettes, comme chez Sigma; quelques châssis sont munis des deux cylindres, mais on rencontre de moins en moins des moteurs monocylindriques.

Les six cylindres ne sont pas très nombreux et sont quelquefois groupés en V comme chez Delahaye. Sous cette forme se présentent les huit cylindres de Dion-Bouton de 20 et de 35 chevaux.

Les quatre cylindres sont presque toujours monoblocs, et l'on peut dire que la caractéristique bien spéciale de ce Salon, pour les moteurs, est la suppression presque complète des tuyauteries, sur certains châssis. Du côté de l'admission, les conduits de gaz sont venus de fonderie avec l'enveloppe des cylindres et se trouvent ainsi noyés dans l'eau de refroidissement. Il y a là une très heureuse solution du problème du réchauffage du mélange gazeux.

Du côté de l'échappement, la culotte qui, trop souvent, se disloquait sous l'influence de la dilatation, fait corps avec le moteur. Il n'est pas jusqu'à la magnéto ou le carburateur qui, comme chez Sizaire et Naudin, ne se dissimulent dans le carter.

Si l'on ouvre le moteur, on y rencontre assez généralement un palier central et même, parfois, un palier à chaque coude du vilebrequin. La course du piston semble ne pas avoir augmenté, malgré le grand intérêt que présente l'accroissement de la vitesse linéaire, sans exagération de la vitesse angulaire.

Il existe, à l'accroissement de la course, une limite imposée par des considérations d'encombrement.

Le carter du moteur ne peut être trop près de la route, d'une part, et, d'autre part, le thermosiphon ne peut atteindre une hauteur nuisible à l'esthétique de la voiture, ou susceptible d'accroître la maîtresse section des voitures de vitesse; en effet, la grande résistance à l'avancement résultant de l'air ainsi déplacé, gaspillerait ainsi en pure perte le bénéfice de l'accroissement de puissance dû à la longueur de la course.

La distribution, dans les moteurs, est assurée soit par des soupapes, soit par des tiroirs.

Le Salon de 1910 semblait annoncer le grand succès de ce dernier mode de distribution. Cependant, en 1912, si on enregistre de nouveaux progrès pour le type Knight (désormais adopté par les firmes Ariès, Clément-Bayard, Daimler, Grégoire, Mercédès, Minerva, Mors, Panhard-Levassor), on constate que les autres solutions des moteurs sans soupapes proposées sont en nombre décroissant.

Dans le moteur à vapeur, la surchauffe, désormais adoptée, a rendu plus difficile, du fait de l'élévation de la température du fluide, le problème du graissage des surfaces frottantes des tiroirs.

Digitized by Google

C'est pourquoi on emploie, dans les machines à vapeur modernes, la distribution par soupapes.

Le moteur à mélange tonnant, nouveau venu dans l'industrie, utilisa d'abord les soupapes et, par un processus inverse, adopte, aujourd'hui, la distribution par tiroirs.

Or, les parois étant à des températures élevées, comment est-il possible d'expliquer cette contradiction apparente des tendances de la construction?

Dans le moteur à mélange tonnant, les conditions de fonctionnement sont très différentes de celles du tiroir de la machine à vapeur, pour lequel on devait assurer une parfaite étanchéité des surfaces frottantes. De plus, ici, la pression du fluide ne s'exerce pas directement dans le tiroir.

On peut dire que les parois métalliques coulissantes, dans le moteur à mélange tonnant, ne frottent pas l'une sur l'autre, mais que ce sont les couches minces d'huile entraînées par ces parois qui entrent en friction.

Les « sans-soupapes » offrent l'avantage d'un moindre laminage des gaz; le remplissage de la cylindrée y est plus parfait. C'est ainsi qu'avec de tels moteurs, il est facile d'atteindre et de dépasser même des pressions moyennes calculées de 8 kg par centimètre carré, et de réaliser des consommations spécifiques de 215 gr par cheval-heure.

La complication de la commande et l'emploi d'articulations nouvelles qu'elle nécessite, peuvent être opposés au bénéfice du remplissage plus parfait.

Un autre avantage du « sans-soupapes » est la diminution très sensible du bruit pendant le fonctionnement. Mais le moteur à soupapes, concurrencé, se défend; le calage des soupapes se perfectionne, le profil des cames de commande est mieux étudié, des marteaux s'interposent entre les cames et les poussoirs, comme chez Panhard-Levassor et chez Chenard et Walcker. On obvie par ces perfectionnements aux difficultés qu'entraîne l'obtention d'un remplissage plus parfait. On atteint des pressions moyennes de 8 kg par centimètre carré, et le moteur a un fonctionnement silencieux.

C'est toujours dans ce but que l'on enferme, d'une façon générale chez tous les constructeurs, les tiges et les ressorts de soupapes dans des carters facilement démontables à la main. Non seulement on ne perçoit plus aucun bruit, mais les organes sont protégés contre la poussière et leur usure est moindre.

Les organes de commande des soupapes sont maintenant tous placés d'un même côté du moteur, sauf dans le cas des petits alésages, car on ne pourrait juxtaposer de larges soupapes dans un espace trop réduit. La commande des arbres à cames se fait par pignons ou par chaînes silencieuses.

Les culbuteurs, attaquant les soupapes à la partie supérieure du moteur, deviennent rares à cause du bruit qu'entraîne ce mode de commande, malgré ses nombreux avantages, dont la diminution de l'espace mort dans la culasse des cylindres n'est pas un des moindres.

A signaler le dispositif adopté par la firme d'Hespel, qui consiste à commander par culbuteur la soupape d'admission, placée immédiatement au-dessus de la soupape d'échappement, commandée comme ordinairement par came et poussoir. On a exposé plusieurs moteurs à deux temps et le fait d'être sans soupapes a certainement contribué à leur donner une faveur nouvelle.

3. Carburation. — La recherche de l'automaticité est toujours poursuivie, mais surtout par l'emploi de deux gicleurs, satisfaisant à l'alimentation du moteur, l'un pour la marche très ralentie, l'autre pour l'allure normale. Panhard-Levassor emploie un troisième gicleur pour l'allure accélérée.

On tend à mélanger l'air à l'essence dans le gicleur lui-même, car il résulte de ce dispositif un freinage du débit d'essence quand la succion est plus énergique. La firme Longuemare frères préconise ce procédé.

On rencontre fréquemment la commande à la main de l'appareil d'injection d'air additionnel, chargé d'assurer le bon dosage, dans le cas de variations possibles du poids spécifique de l'essence ou de l'air ambiant.

4. Allumage. — La magnéto à haute tension est employée partout. Au début de l'automobilisme, on se trouva en présence de cette difficulté, que cet organe ne donne l'étincelle énergique que pour une position bien déterminée de l'induit au moment de la rupture du courant primaire. Aussi la manœuvre de l'avance à l'allumage devenait-elle très compliquée, si l'on s'imposait la réalisation de cette condition à tous les degrés d'avance.

Dès lors on déclara inutile l'avance à l'allumage.

On est revenu de cette erreur, mais les moteurs poussés, cognent ou ralentissent, dans le cas d'excès d'avance, et il fallut bien trouver une solution à ce problème.

C'est ainsi que naquit l'avance à l'allumage automatique.

Un régulateur à force centrifuge, adjoint à la magnéto, provoque le décalage de l'induit par rapport à l'arbre de commande.

La dynamo d'éclairage, souvent exigée désormais, entraîne l'utilisation d'une batterie-tampon d'accumulateurs.

Jusqu'ici, on considère la dynamo comme un organe accessoire; sa place est cependant prévue sur certains châssis, et sa commande est assurée par courroie.

Bientôt on l'installera à poste fixe, et on la commandera par engrenages ou par chaîne silencieuse.

Mais, passant par l'étape du double allumage, ne trouvera-t-on pas, alors, que, disposant d'une source de courant primaire continu, il est bien inutile de conserver une source de courant alternatif?

Ne logera-t-on pas le bobinage secondaire de la magnéto dans une boîte; et, bénéficiant des progrès de cet organe au point de vue du rupteur, n'abandonnera-t-on pas tout simplement la magnéto, en lui substituant la dynamo et la batterie tampon?

L'avenir nous démontrera si cette solution ne doit pas s'imposer.

5. Refroidissement. — Il est assuré par pompe, ou par thermo-siphon.

Le thermo-siphon gagne des partisans et a été adopté notamment par la firme de Dion-Bouton.

Les radiateurs, quelquefois suspendus sur des rotules pour éviter leur dislocation, sont maintenus, parfois, par de larges équerres qui les soutiennent dans la partie moyenne, le radiateur étant placé en partie au-dessous du plan supérieur du châssis.

Les ventilateurs, qui ont fait de grands progrès, ne consistent plus en palettes de tôle, plus ou moins solidement fixées sur un moyeu. Les ailes sont des hélicoïdes en aluminium. Delahaye a même adopté une petite hélice Chauvière à deux pales.

La commande du ventilateur se fait par courroie et même par chaîne, et dans le cas de la courroie, les tendeurs par excentriques se généralisent.

6. Graissage. — L'accroissement de la vitesse linéaire des pistons a conduit à de très intéressants perfectionnements dans le graissage, qui se fait soit par circulation sous pression à l'aide d'une pompe à engrenages, soit par barbotage perfectionné.

Dans ce dernier cas, les bielles ne barbotent plus dans le carter, mais prennent l'huile dans des augets à niveau constant où elle arrive, soit par pompe, soit par des rampes ménagées dans le carter. On assure aussi le graissage par un procédé mixte : barbotage pour les têtes de bielles et pour les cylindres; circulation sous pression pour les pieds de bielles et pour les portées du vilebrequin.

Il est intéressant de noter les précautions prises pour que le graissage ne fonctionne que modérément quand le travail du moteur diminue.

Quand la pompe est commandée par l'arbre moteur, le débit est fonction de la vitesse angulaire et non pas forcément du travail; aussi certains constructeurs rendent-ils la commande du graissage solidaire du débit des gaz, et ainsi, dans une certaine mesure, du travail développé par le moteur.

Le Gérant : E. Pinat.

Paris. — L. Marethieux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Supplément de « La Technique Moderne », t. VI, N° 12, 15 Juin 1913.

CONFÉRENCES DE "LA TECHNIQUE MODERNE"

LES TENDANCES LES PLUS RÉCENTES DE LA CONSTRUCTION NAVALE

CONFÉRENCE FAITE LE MERCREDI 9 AVRIL 1913

Par M. Max BAHON

Ingénieur en chef du Génie Maritime, de la section technique des Constructions navales,
Professeur du Cours de Construction du Navire à l'Ecole d'application du Génie Maritime.

Sous la Présidence de M. DOYÈRE, *Directeur du Génie Maritime,*
Chef du Service technique des Constructions Navales au Ministère de la Marine, Représentant M. le Ministre de la Marine,

Assisté de M. MAURICE, *Ingénieur en chef du Génie Maritime, Directeur de l'Ecole d'Application du Génie Maritime*
et de M. le Commandant FRANCK, *Représentant M. le Ministre de la Guerre.*

Cette année encore, l'aimable directeur de *La Technique Moderne* a voulu que dans la série des conférences, dont il est l'organisateur si averti, figure une conférence sur la marine et il m'a demandé de vous parler de l'architecture navale.

N'est-ce pas là, en effet, un sujet qui rentre entièrement dans le cadre des études de *La Technique Moderne?*

Dans un très vieil annuaire de la Marine, un tout petit livre qui s'intitule : *Etrennes maritimes pour l'année 1763*, la préface contient les quelques lignes que voici :

« Toutes les branches de la Marine sont si intéressantes et si étendues, qu'on a de quoi se satisfaire dans le choix de celles qu'on voudrait embrasser, suivant le goût dont on se sent dominé.

« L'architecture navale, ou la science de construire les vaisseaux m'a extrêmement frappé; et lorsque j'ai vu ces machines flottantes, qu'on prendrait pour des villes, et que j'ai connu les moyens pour les faire agir, j'ai toujours admiré l'effort de l'esprit humain et les ai regardés comme son chef-d'œuvre, auquel certainement il ne peut être parvenu que par degrés et à l'aide de plusieurs autres sciences. »

Plusieurs autres sciences! Si l'éditeur du vieil annuaire pouvait visiter un cuirassé de nos jours, il constaterait en effet que les ingénieurs de la marine ont fait appel à plusieurs autres sciences, pour édifier les navires modernes. Ai-je besoin de vous rappeler à ce propos la magistrale conférence que faisait ici même, l'an dernier, mon savant camarade M. Marbec, sur *La Science et la Marine?*

On aime la Marine en France et on l'a toujours aimée. De nos jours, plus que jamais, le public français s'intéresse à tout ce qui touche la Marine; c'est un sujet de brûlante actualité. Mais les problèmes maritimes sont si particuliers et si complexes qu'il est bien permis, même au public intellectuel, de ne les connaître qu'un peu superficiellement.

Je vous dirai donc, en quelques mots, quelles sont aujourd'hui les tendances de la construction navale, et si j'ai accepté l'honneur de faire cette conférence, c'est que j'ai compté pour obtenir l'indulgence de mon aimable auditoire sur l'intérêt qu'il porte au sujet que je vais traiter devant lui.

A la vérité, ce sujet est si vaste qu'il serait impossible de le traiter dans une seule conférence. Il me faut donc me limiter; je laisserai de côté la marine de commerce, malgré le très grand intérêt que son étude pourrait présenter et je ne m'occuperai que de la construction des navires de la marine militaire, qui constituent les armées navales : Cuirassés, Croiseurs de bataille, Éclaireurs, Torpilleurs et Sous-Marins.

La stratégie navale assigne à chacun de ces navires un rôle parfaitement défini; de ce rôle découlent les données de ce qui constitue le problème du bâtiment de combat.

Dans son livre célèbre : *La Guerre sur mer*, M. le contre-amiral Darrieus écrit à ce propos :

« Peu de problèmes sont aussi difficiles à résoudre, car il comporte en apparence une infinité de solutions. Il ne suffit pas, en effet, de placer des armes sur un navire de guerre, encore faut-il les protéger contre les coups de l'adversaire. Il faut aussi protéger le bâtiment lui-même, de façon qu'un coup malheureux ne supprime pas instantanément les armes, en détruisant l'assiette ou la flottabilité du flotteur qui les porte.

« Il n'est pas moins indispensable de doter ce flotteur de qualités de mobilité durables, qui permettent de l'amener au moment propice sur le lieu de l'action.

« Jusqu'à ce point, tout le monde est d'accord, mais où les difficultés commencent, c'est lorsqu'il s'agit de fixer dans quelle mesure le bâtiment de combat sera pourvu des diverses qualités que nous venons d'énumérer, quand on doit, en un mot, doser chacune d'elles, pour arriver à l'équilibre final qu'est précisément le bâtiment de guerre. »

Ceci s'applique aux cuirassés; mais la difficulté n'est pas moindre quand il s'agit de résoudre le problème de l'éclaireur, celui du contre-torpilleur ou du sous-marin.

La solution que l'on adopte finalement pour chaque type de navire, est un compromis entre maintes conditions contradictoires. L'art du constructeur consiste à régler ce compromis de façon à assurer au navire les qualités maîtresses que la stratégie lui assigne.

Cuirassés. — Le cuirassé, c'est le vaisseau de ligne, dont le rôle est d'affronter l'ennemi en haute mer, dans la lutte des

Digitized by Google

escadres contre les escadres. Les Anglais le désignent du nom de *battleship*, qui traduit à la lettre le rôle que je viens de définir.

Le cuirassé doit être puissant par ses qualités offensives, mais aussi robuste par les qualités défensives de sa protection. Il doit pouvoir frapper fort et loin, mais il ne peut pas se défendre uniquement par l'intensité du feu de son artillerie. On a fait à ce propos une comparaison sportive, en disant qu'un bon boxeur doit, non seulement, et avant tout, avoir des poings vigoureux, mais aussi une résistance suffisante pour être à même de recevoir, sans faiblir, les coups de son adversaire.

Donc, ce qui caractérise un cuirassé, c'est un armement puissant et une protection efficace. Quant à sa vitesse, elle est comprise, pour les cuirassés actuels, entre 20 et 22 nœuds.

L'arme du cuirassé, c'est le canon. La tactique moderne envisage le combat à grande distance, et vous savez que nos marins s'y exercent avec le plus grand succès. Rappellerai-je les tirs, si particulièrement brillants que l'armée navale a faits, au mois de mars dernier, en présence des ministres de la Marine de France et d'Angleterre ?

L'augmentation des distances de combat a eu pour conséquence l'augmentation du calibre, les gros canons permettant seuls de tirer des projectiles : assez lourds, pour conserver à grande distance une puissance vive capable de produire sur les blindages des effets de perforation suffisants ; assez grands, pour contenir une forte charge d'explosif, tout en gardant, par l'épaisseur de leurs parois, la solidité nécessaire pour la perforation.

Mais, d'autre part, on se propose de couvrir l'ennemi de projectiles dès le début de l'action, de façon à le mettre hors de combat ; il faut donc pouvoir tirer, dans un temps aussi court que possible, le plus grand nombre possible de projectiles.

Ces diverses considérations nous conduisent à cette conclusion que le cuirassé moderne doit porter des canons de gros calibre, dont le nombre et la rapidité de tir doivent atteindre le maximum compatible avec les dimensions de cette artillerie.

Enfin, le réglage du tir des canons d'un même bâtiment se trouve grandement facilité quand tous les canons sont du même calibre. Et c'est ainsi que l'on est venu à la conception du *all big guns ship*, du cuirassé n'ayant pour le combat d'escadres que de gros canons tous pareils et réalisé pour la première fois, en 1906, par la marine anglaise.

Le *Dreadnought*, qui est le prototype de ces cuirassés, porte une artillerie composée de dix canons de 30 cm, en tourelles doubles, *sans aucune pièce d'artillerie moyenne*. L'artillerie légère destinée exclusivement au tir contre les torpilleurs, ne dépasse pas le calibre de 76 mm.

Le « big gun » du *Dreadnought* est donc le canon de 30 cm, une bouche à feu, qui, sans son affût, sans aucun accessoire, pèse plus de 50 tonnes, mesure près de 15 m de longueur et tire des projectiles de près de 450 kg.

La protection du bâtiment qui porte ces bouches à feu colossales, doit évidemment être proportionnée à la puissance de cette artillerie. Cette protection est réalisée par des blindages, dont l'épaisseur est, en gros, à peu près égale au calibre des canons, et dont nous étudierons tout à l'heure les dispositions générales.

Artillerie formidable, protection adéquate, vitesses de 21 et 22 nœuds, analogues par conséquent à celles des paquebots, ces éléments réunis ont amené cette montée des tonnages, dont M. Bertin caractérise la rapidité, en disant : « Qu'il a suffi d'une carrière de constructeur — la sienne — pour voir les déplacements des cuirassés passer de 5 000 à 25 000 tx et plus. »

Cette montée des tonnages n'a d'ailleurs pas été progressive. Si l'on trace la courbe des déplacements en fonction des années, on est frappé de la rapidité avec laquelle cette courbe se relève dans la dernière période de dix ans.

Je voudrais, par quelques dates et par quelques noms, vous montrer les étapes successives de ce que l'on a si justement appelé la course au déplacement.

La *Gloire*, construite sur les plans du grand Dupuy de Lôme, lancée en 1859, déplaçait 5 600 tx environ.

L'accroissement du tonnage commença en Angleterre avec l'*Achille*, lancé en 1864, et dont le déplacement de 9 700 tx environ parut, à l'époque, formidable.

Dix ans plus tard, en 1873, — il y a quarante ans, — on lançait en France le *Friedland* et, en 1876, le *Redoutable*, tous deux de 9 000 tx environ.

En Angleterre, on lançait en 1875, un cuirassé appelé le

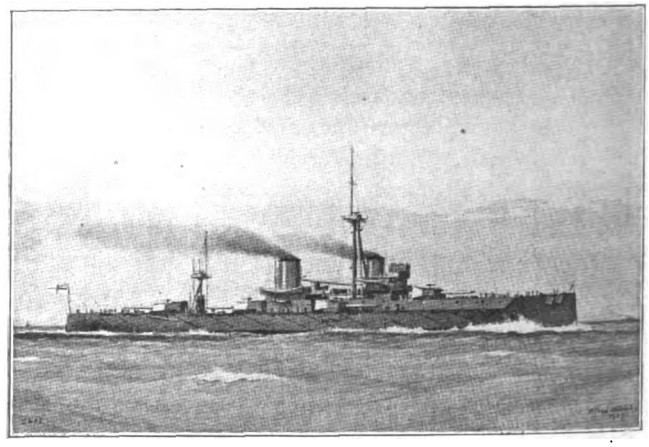


Fig. 1. — Vue du cuirassé anglais *Dreadnought*.

Dreadnought, de 10 900 tx, et, en 1876, l'*Inflexible*, de 11 400 tx.

Vers la même époque, l'Italie construisait le *Duilio* et le *Dandolo* de 10 500 tx, fameux par le calibre énorme des deux grosses pièces qu'ils portaient : des canons de 45 cm, du poids de 100 tonnes, tirant des obus de 900 kg.

La Russie, enfin, en 1872, lançait le *Pierre-le-Grand* de 9 700 tx.

Avançons de dix ans ; nous sommes en 1883 ; la marine française lance l'*Amiral-Baudin* de 11 600 tx. L'Angleterre s'en tient aux cuirassés de 11 000 tx, et c'est l'Italie qui donne le signal de l'accroissement des tonnages avec le *Lepanto* et l'*Italia* qui atteignent 15 000 tx.

Dix ans plus tard encore, en 1893, il y a vingt ans, on lançait en France le *Jauréguiberry* et le *Charles-Martel* de 11 900 tx. On arrivait, en Angleterre, au déplacement de 14 000 tx avec les huit cuirassés de la classe *Royal-Sovereign*, et on atteignait 15 000 tx avec le *Magnificent*.

Pendant ce temps, les Etats-Unis, qui n'avaient pas encore l'ambition de posséder le *biggest Ship in the World*, s'en tenaient à des déplacements de 10 000 à 12 000 tx.

Somme toute, avant 1903, le maximum du déplacement dans les diverses marines était à peu près de 15 000 tx.

En quarante ans, le tonnage s'était élevé de 10 000 tx environ :

Digitized by Google

dans les dix années qui suivent, c'est-à-dire dans une période quatre fois moindre, la montée va dépasser 15 000 tx.

De 1903 à 1905, l'Angleterre lançait les huit cuirassés de la classe *Edward-VII* de 16 000 tx, puis construisait l'*Agamemnon* et le *Lord Nelson* de 16 750 tx.

En France, on atteignait 15 000 tx avec les deux cuirassés du type *Patrie* et les quatre du type *Justice*.

C'est alors que se produisit la révolution de l'architecture navale due à l'apparition du *Dreadnought* anglais de 1906, dont le déplacement officiel était de 18 000 tx, mais qui eut à l'exécution un tonnage notablement plus élevé (fig. 1).

Cinq ans après, nous arrivons aux déplacements monstres de 23 000 à 28 000 tx. C'est, en Angleterre, le *King George V*, de 24 000 tx; en Russie, le *Gangout*, de 23 000 tx; en Allemagne, le *Kaiser*, de 24 500 tx; en Italie, le *Duilio*, de 25 000 tx; aux Etats-Unis, l'*Oklahoma*, de 27 500 tx; en Argentine, le *Moreno*, de 28 000 tx.

Chez nous, ce sont les *Jean Bart* et les *Bretagne* de 23 000 tx et aujourd'hui les *Normandie* de 25 200 tx.

Je ne saurais parler de ces puissants cuirassés, sans rappeler les noms des éminents auteurs de leurs plans; pour les *Jean-Bart* et les *Bretagne*, M. le directeur du Génie maritime Lyasse, dont le départ prématuré a laissé dans la marine de si unanimes regrets; pour les *Normandie*, M. le directeur du Génie maritime Doyère, si connu déjà par tant de travaux antérieurs et qui nous fait ce soir l'honneur de présider cette séance.

Cette augmentation constante et formidable du déplacement des cuirassés n'est pas sans préoccuper toutes les nations. Les prix énormes de ces navires, leurs dimensions colossales, qui exigent de jour en jour des bassins de radoub plus vastes, un outillage plus monstrueux dans les chantiers de construction, sont acceptés parce qu'on se trouve devant une nécessité inévitable, mais soulèvent de vives controverses.

La question a été traitée l'an dernier par M. Bertin.

Tout dernièrement encore, dans la réunion des Naval Architects qui s'est ouverte le 12 mars à Londres, Mr. Alan H. Burgoyne prophétisait une augmentation continue du déplacement et une élévation continue des prix, pendant que le comte Brassey déclarait, de son côté, qu'il ne pouvait admettre l'augmentation sans limite du poids et du prix du cuirassé.

Une discussion de cet ordre sortirait du cadre de cette causerie; je me bornerai à vous expliquer, en quelques mots, comment les augmentations de puissance offensive, de protection ou de vitesse conduisent à des accroissements aussi rapides du tonnage. Sans entrer dans aucun calcul, je voudrais vous dire un mot du problème si important des variations du déplacement, en fonction des variations des principales caractéristiques du navire.

L'équation fondamentale du déplacement est la simple traduction du principe d'Archimède : le déplacement du navire est égal à son poids, c'est-à-dire à la somme des poids élémentaires qui le composent.

Ces poids élémentaires dépendent eux-mêmes des données du programme que l'on s'est imposé.

Ainsi, le poids de la coque dépend du degré de solidité que l'on veut obtenir, et, pour une solidité donnée, des formes adoptées.

Le poids total des installations relatives à l'artillerie dépend, non seulement du calibre, du type et du nombre des canons qui constituent l'armement, mais aussi de leur hauteur de commandement, c'est-à-dire de la distance verticale entre le niveau de la mer et la bouche des pièces. Il dépend du degré de protection que l'on veut atteindre pour mettre les canons à l'abri du feu de l'ennemi (dans des tourelles, par exemple). Il dépend, enfin de l'approvisionnement en munitions, poudres et projectiles.

Le poids de la protection de la coque dépend du dispositif adopté pour son cuirassement (cuirasse de ceinture, ponts blindés, etc.) et de l'épaisseur de ces blindages.

Le poids de l'appareil moteur et évaporatoire dépend de la vitesse maximum à réaliser, des types des machines et des chaudières, de la consommation par cheval-heure, de la consommation par mille parcouru, de l'approvisionnement en combustible nécessaire pour donner au navire la distance franchissable nécessaire.

Et ainsi de suite.

Lorsqu'on établit le projet d'un navire répondant à un programme donné, tous ces éléments entrent en jeu et l'on conçoit ainsi combien il est important de pouvoir déterminer à l'avance, au moins approximativement, qu'elle est l'influence sur le déplacement, de la variation d'une des données du programme.

Le problème qui se pose est, en somme, le suivant :

Etant donné, par exemple, un cuirassé de 20 000 tx, sur lequel le poids total des installations relatives à l'artillerie atteint, je suppose, 5 000 t, quel déplacement faut-il donner à un cuirassé présentant les mêmes caractéristiques de vitesse, de protection, etc., mais sur lequel le poids de l'artillerie sera porté de 5 000 à 6 000 t?

Certains seront tentés, je crois, de répondre que, puisque le poids de l'artillerie augmente de 1 000 t, le déplacement doit augmenter de la même quantité et qu'il doit passer, par conséquent, de 20 000 à 21 000 tx.

Il n'en est rien; en réalité, le déplacement du nouveau cuirassé devra atteindre environ 22 500 tx, accusant sur le premier une augmentation de 2 500 t.

En effet, pour porter ces 1 000 t supplémentaires, le nouveau bâtiment doit avoir un déplacement plus grand que le premier; mais alors le poids de coque augmente et cette augmentation s'ajoute à celle de l'artillerie.

Puisque le navire grandit, ses surfaces cuirassées se développent : nouvelle augmentation de tonnage.

Enfin, puisque le déplacement croît, il faut, pour conserver la même vitesse, accroître en conséquence la puissance — et par suite le poids — de l'appareil moteur et évaporatoire.

Des calculs, d'ailleurs relativement simples, permettent de déterminer approximativement pour chaque type de bâtiment, les coefficients de majoration du déplacement correspondant aux variations de l'une quelconque des caractéristiques du programme.

Nous venons de voir que, pour un cuirassé de 20 000 tx, analogue aux cuirassés français actuels, toute augmentation de 1 t sur le poids de l'artillerie, entraîne une augmentation de 2 t, 5 pour le déplacement.

Pour le type que j'ai pris comme exemple, on trouve de même qu'un accroissement de vitesse de 1 nœud entraîne un accroissement de 600 t; qu'une augmentation d'épaisseur de 1 cm sur la cuirasse de ceinture conduit à un accroissement de 200 t environ.

Ces quelques chiffres expliquent immédiatement la rapidité de la montée des tonnages.

Mais revenons au *Dreadnought*. Pour bien comprendre ce qui caractérise ce nouveau type de cuirassé, il faut le comparer aux

Digitized by Google

cuirassés anglais de la classe *King Edward*, dont les derniers furent lancés un an seulement avant le *Dreadnought*, c'est-à-dire en 1905 (fig. 2 et 3).

Les *King Edward* déplacent 16 500 tx. Leur vitesse est de 19 nœuds environ. L'épaisseur de leur cuirasse de ceinture est de 23 cm.

Leur armement se compose de :

4 canons de 30 cm; 4 de 23 cm; 10 de 15 cm; 14 de 76 mm; 14 de 47 mm.

Le *Dreadnought* déplace plus de 18 000 tx et file 21 nœuds. L'épaisseur de sa cuirasse est portée à 28 cm. Son armement comprend 10 canons de 30 cm et 24 canons de 76 mm.

En d'autres termes, sur les *King Edward*, nous avons de la grosse artillerie, de l'artillerie moyenne, et de l'artillerie légère. Il y a deux calibres différents pour la grosse artillerie et deux calibres pour l'artillerie légère; au total, 5 calibres différents.

Sur le *Dreadnought* (fig. 2), il n'y a plus que deux calibres : de la grosse artillerie, de même calibre, pour le combat d'escadres; et de l'artillerie légère, de même calibre, pour la défense contre les torpilleurs. L'artillerie moyenne a disparu, la marine anglaise la considérant — du moins en 1906 — comme inefficace pour le combat d'escadres, comme trop lourde et trop peu souple pour le tir contre les torpilleurs.

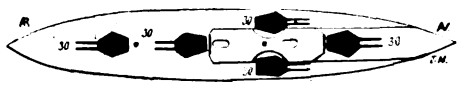


Fig. 2. — Schéma du cuirassé anglais *Dreadnought*.

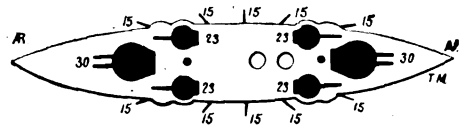


Fig. 3. — Schéma du cuirassé anglais *King Edward VII*.

L'accroissement de l'épaisseur de ceinture, 28 cm au lieu de 23, est la conséquence logique de l'adoption exclusive du gros calibre.

Enfin, la marine britannique, en poussant la vitesse à 21 nœuds, tenait à prendre la tête des marines pour la vitesse des cuirassés.

L'apparition du *Dreadnought* fut un fait historique et c'est pourquoi ce bâtiment a donné son nom à tous les cuirassés de toutes les marines, porteurs d'une artillerie principale, composée exclusivement de pièces de 30 cm.

Le canon de 30 cm a, pendant de longues années, été considéré partout comme la pièce parfaite de gros calibre; et de fait, par son long emploi, et ses perfectionnements successifs, ce canon était devenu une arme admirable.

Mais les résultats excellents obtenus dans les tirs à grande distance avec le canon de 30, ont conduit peu à peu à envisager l'ouverture du feu à une distance plus grande encore, et c'est ainsi qu'on a été amené à accroître le calibre et à passer au canon de 34 ou de 35 cm, en attendant que, dans un avenir prochain, on en arrive à des calibres encore plus grands

L'usage s'est établi, au moins dans la presse, de désigner sous le nom de *super-dreadnoughts* les cuirassés dont l'armement de gros calibre comprend des canons de 34 cm ou au-dessus.

En ce qui concerne l'artillerie moyenne, les Dreadnoughts des diverses marines diffèrent beaucoup.

Les uns, suivant l'exemple de l'Angleterre, n'en comportent pas du tout. A côté des gros canons, ne se trouvent que des pièces de 76 ou de 88 mm, 100 mm au plus, pour la défense contre les torpilleurs.

Les autres, au contraire, portent dans ce but, non plus de l'artillerie légère, mais de l'artillerie moyenne proprement dite de 12, 14, ou 15 cm. On y perd, sans doute, un peu en rapidité, mais on y gagne beaucoup en efficacité.

Voyons maintenant comment est disposé sur les Dreadnoughts et les Super-Dreadnoughts ce formidable armement de gros canons.

Nous sommes loin des vaisseaux de l'ancienne marine qui portaient 80, 100 ou 120 canons installés dans des batteries superposées et tirant par les sabords. Le nombre de ces canons était très grand, mais leur efficacité était faible. Ce qu'on appelait à cette époque un canon de 30, était un canon de 16 cm environ de calibre, qui lançait — et avec quelle lenteur de chargement — un boulet sphérique de 30 livres.

Sur les cuirassés modernes, les gros canons sont au nombre de 10 ou 12. Ils sont placés sur le pont supérieur, dans des tourelles blindées tournantes, qui portent les canons, abritent les affûts et les mécanismes, ainsi que l'officier de tir et les servants.

La charpente qui supporte la tourelle tournante, ainsi que les conduits servant au passage des munitions qui arrivent des soutes, sont eux-mêmes protégés par des blindages qui constituent ce qu'on appelle la partie fixe de la tourelle.

Les premières tourelles que l'on a construites ne portaient qu'un seul canon. Mais bientôt quand la tourelle, protégée d'une façon efficace, devint très lourde, on construisit des tourelles à deux canons — dites tourelles doubles — parce qu'une tourelle double est moins encombrante et pèse moins lourd que deux tourelles simples.

Naturellement, on ne s'en tint pas là : L'Italie inaugura les tourelles triples, reproduites ensuite, dans plusieurs autres marines étrangères, et la marine française sera la première à construire des tourelles quadruples. Les quatre cuirassés du type *Normandie*, dont les deux premiers vont être mis en chantier dans quelques jours, porteront des tourelles quadruples.

Comment ces tourelles sont-elles disposées sur le pont?

Etant donné le poids énorme que l'on consacre à chaque tourelle (la partie mobile d'une tourelle double de 30 cm pèse à elle seule plusieurs centaines de tonnes) on cherche naturellement à réaliser une disposition qui permette, autant que possible, d'utiliser toutes les tourelles du bâtiment au moment de l'action.

On peut arriver à ce résultat en s'arrangeant de façon que toutes les pièces puissent tirer à la fois par le travers — en ménageant d'ailleurs à chaque tourelle, un champ de tir aussi grand que possible sur l'avant et sur l'arrière.

De là deux dispositions principales : Dans la première, toutes les tourelles sont placées sur une même ligne dans l'axe du navire; dans la seconde, quelques-unes des tourelles sont placées dans l'axe; les autres sont en abord, mais décroisées, de façon à pouvoir tirer par le travers d'un bord ou de l'autre.

Cette dernière disposition est d'ailleurs beaucoup moins bonne parce qu'elle réduit le champ de tir des tourelles qui tirent du bord opposé à celui où elles sont placées, et parce que le tir de ces tourelles produit sur le pont des effets de souffle d'autant plus fatigants pour la charpente que le souffle se fait alors sentir sur toute la largeur du navire.

Il n'est pas sans intérêt de noter que la première solution, qui est maintenant adoptée partout, n'est pas nouvelle et qu'elle a été employée en France, il y a trente ans, sur les cuirassés *Formidable* et *Amiral-Baudin*, qui portaient sur le pont, dans l'axe, trois tourelles de 37 cm. Cette disposition fut ensuite abandonnée et remplacée par une disposition où seules les deux tourelles des

Digitized by Google

extrémités restaient dans l'axe, les autres tourelles étant placées en abord, symétriquement deux à deux, disposition qui fut conservée tant que l'on attribua au tir en chasse une importance particulière.

A côté de l'artillerie principale se trouve l'artillerie secondaire, destinée à la défense contre les torpilleurs, et dont le calibre, comme je l'ai dit, est très variable dans les diverses marines.

Il faut noter toutefois une tendance générale à accroître ce calibre jusqu'à la limite qui permet un tir vraiment rapide et la manipulation à bras des munitions (14 ou 15 cm).

En France, nous avons adopté le 14, dès le *Jean-Bart*, et nous nous y tenons.

Les marines étrangères, qui, comme la marine anglaise, avaient d'abord supprimé toute artillerie moyenne, augmentent progressivement le calibre et arrivent aux calibres de 12 et de 15 cm.

L'Angleterre elle-même a fini par suivre le mouvement, et ses cuirassés de 1912, de la classe *Iron-Duke* de 26 000 tx, porteront des canons de 15 cm.

Les canons de défense contre les torpilleurs ne sont pas en tourelles comme les grosses pièces. Lorsque leur calibre est faible, 76 mm par exemple, ils sont installés sur les ponts supérieurs ou dans les batteries, sans aucune protection. Lorsque le calibre augmente, il devient nécessaire de protéger ces canons par des blindages. Les canons d'artillerie moyenne, sont, à cet effet, placés dans des casemates blindées disposées dans les entreponts supérieurs. Le cuirassement de ces casemates sert alors, en outre, à assurer la protection générale des hauts du navire.

Les figures 4 à 13 présentent quelques silhouettes de navires et montrent la disposition de l'artillerie sur quelques-uns des cuirassés les plus récents.

Superdreadnought français *Bretagne* (fig. 4 et 5) : 23 500 tx :

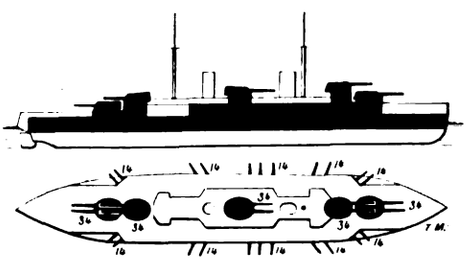


Fig. 4. — Schéma du cuirassé français *Bretagne*.

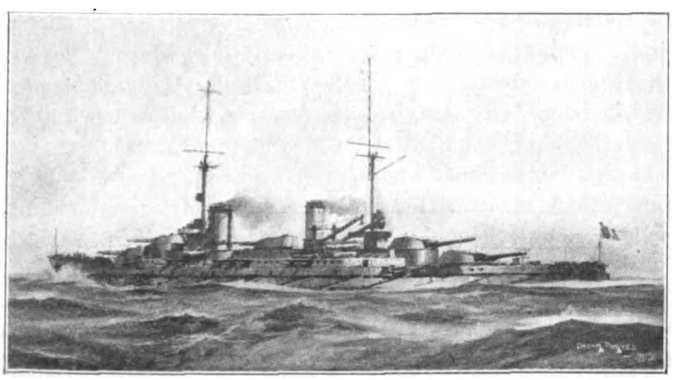


Fig. 5. — Vue du cuirassé français *Bretagne*.

10 canons de 34 cm en 5 tourelles axiales. Les 2 tourelles avant peuvent tirer l'une au-dessus de l'autre, de telle sorte que l'on a 4 canons tirant en chasse. Même disposition à l'arrière ; armement secondaire : 22 canons de 14 cm en casemates.

Superdreadnought anglais *King George V* : 24 000 tx (fig. 6 et 7 :

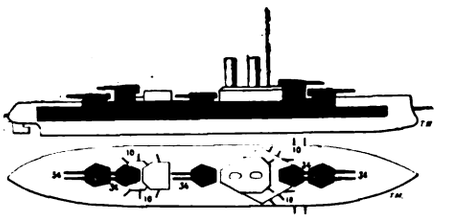


Fig. 6. — Schéma du cuirassé anglais *King George V*.

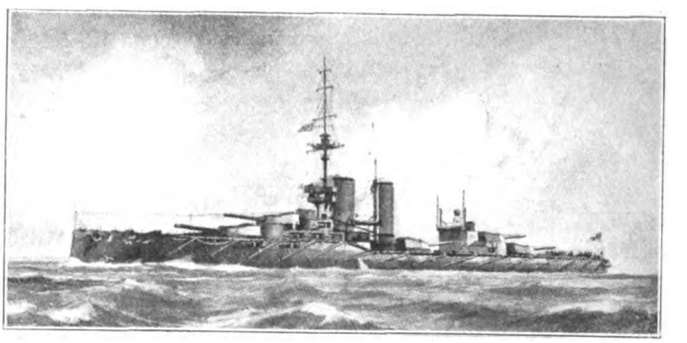


Fig. 7. — Vue du cuirassé anglais *King George V*.

même armement en grosse artillerie que la *Bretagne* et même disposition de ses tourelles. Artillerie secondaire : canons de 10 cm sans protection.

Superdreadnought américain *Oklahoma* : 27 500 tx (fig. 8 et 9) ;

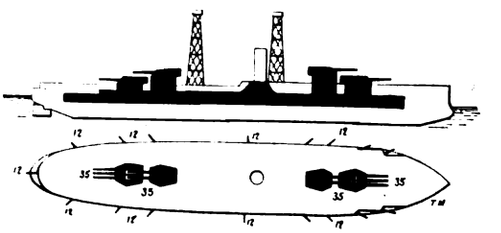


Fig. 8. — Schéma du cuirassé américain *Oklahoma*.

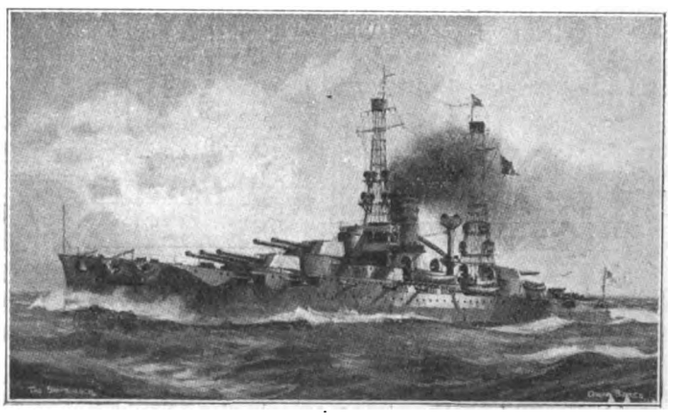


Fig. 9. — Vue du cuirassé américain *Oklahoma*.

armement principal : 10 canons de 35 cm en 4 tourelles axiales (2 triples et 2 doubles) ; armement secondaire : 21 canons de 12 cm.

Digitized by Google

Dreadnought italien *Conte di Cavour* (fig. 10) : 22 500 tx; armement principal : 13 canons de 30 cm en 5 tourelles axiales, dont 3 triples et 2 doubles; armement secondaire : 18 canons de 12 cm protégés.

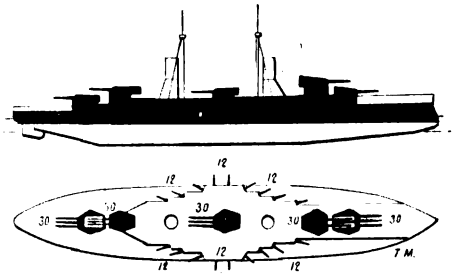


FIG. 10. — Schéma du cuirassé italien *Conte di Cavour*.

Dreadnought allemand *Kaiser* (fig. 11) : 24 500 tx; armement principal : 10 canons de 30 cm, en 5 tourelles doubles, dont 3 dans l'axe et 2 en abord, décroisées; armement secondaire : 14 canons de 15 cm protégés et 12 canons de 88 mm.

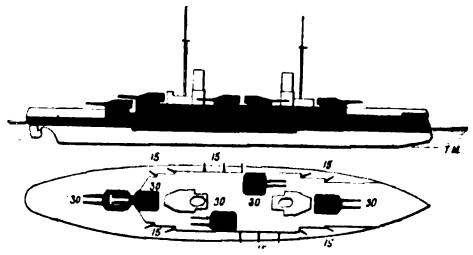


FIG. 11. — Schéma du cuirassé allemand *Kaiser*.

Dreadnought russe *Gangout* (fig. 12) : 23 000 tx; armement principal : 12 canons de 30 cm en 4 tourelles triples; armement secondaire : 16 canons de 12 cm protégés.

Superdreadnought français la *Normandie* (fig. 13) : 25 200 tx; armement plus puissant que tous les précédents : 12 canons de 34 cm en 3 tourelles quadruples axiales (d'un champ de tir particulièrement dégagé) et 24 canons de 14 cm en casemates blindées.

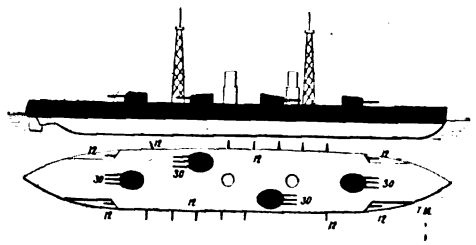


FIG. 12. — Schéma du cuirassé russe *Gangout*.

TUBES LANCE-TORPILLES. — Pour terminer ce qui a trait à la puissance offensive des cuirassés, je ne dirai qu'un mot de leur armement en torpilles. Les cuirassés possèdent des tubes lance-torpilles, toujours installés au-dessous de la flottaison sur les bâtiments modernes.

Le nombre de ces tubes est de 3 sur le *King George V*, de 6 sur les cuirassés allemands, de 4 sur les *Bretagne* et de 6 sur les *Normandie*.

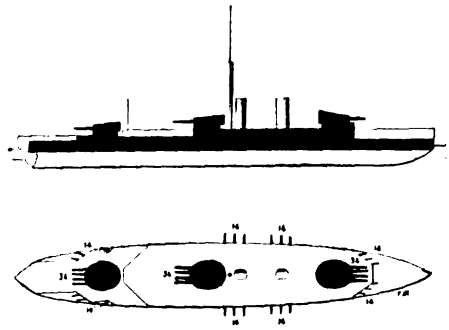


FIG. 13. — Schéma du cuirassé français *Normandie*.

PROTECTION. — Examinons maintenant comment est disposée la protection des dreadnoughts.

L'objet du cuirassement est triple, il sert :

1° à assurer, au combat, la flottabilité, la stabilité et l'assiette du navire;

2° à protéger l'artillerie, ses accessoires et ses servants;

3° à protéger le commandement.

J'ai parlé de la protection de l'artillerie en étudiant l'armement.

Pour protéger le commandement, on munit le cuirassé d'un blockhaus, c'est-à-dire d'un réduit cuirassé installé à la hauteur des passerelles, dans lequel se trouvent réunis, autour du commandant du bâtiment, le personnel et les organes nécessaires pour assurer la conduite du navire, ainsi que la conduite du tir.

Enfin, la protection du flotteur est obtenue par la ceinture cuirassée et les ponts blindés.

La ceinture a environ 4 m de hauteur; elle enveloppe le navire dans la région de sa flottaison, s'étendant au-dessus et au-dessous de celle-ci.

Dans le dispositif-type, les deux ponts blindés correspondent : l'un, au can supérieur, l'autre, au can inférieur de la ceinture; on forme ainsi un caisson blindé, compartimenté à l'intérieur par des cloisons étanches, dont le rôle est de conserver au cuirassé sa flottabilité et sa stabilité.

Les ponts blindés servent, en outre, à protéger contre les effets de l'artillerie tous les organes vitaux du navire installés dans la cale : appareil moteur et évaporatoire, soutes à munitions, appareils à gouverner, etc.

Naturellement, le schéma de protection qui vient d'être indiqué comporte de nombreuses variantes, mais les dispositions adoptées sur les différents navires peuvent se ramener, en fin de compte, à ce schéma.

Ce qui caractérise la protection des dreadnoughts, c'est d'abord l'augmentation de l'épaisseur des cuirassements; il va de soi que cette épaisseur doit être proportionnée au calibre des canons contre lesquels le bâtiment aura à se défendre, c'est-à-dire, en l'espèce, des canons que le cuirassé porte lui-même, puisqu'il doit toujours être prêt à se mesurer avec un adversaire de puissance égale.

En gros, on peut dire qu'on protège les tourelles par une épaisseur de blindage sensiblement égale au calibre des canons qu'elles portent. La même règle s'applique à peu près aux blindages des casemates d'artillerie moyenne.

La protection des blockhaus est du même ordre que celles des grosses tourelles.

Quant à la ceinture, son épaisseur a fortement augmenté à partir du *Dreadnought*; on en est maintenant à 300 mm environ, du moins dans la région centrale, et au voisinage de la flottaison.

Les ponts blindés ont naturellement une épaisseur beaucoup moindre (quelques centimètres seulement) puisque les projectiles ne les rencontrent qu'avec une très grande obliquité. Le pont blindé inférieur, en outre, ne peut recevoir que des projectiles, ou des éclats de projectiles, ayant déjà traversé, soit la ceinture, soit le pont blindé supérieur.

Une seconde caractéristique de la protection des dreadnoughts, c'est le développement des surfaces cuirassées au-dessus de la flottaison, dans cette région du navire, qu'on appelle l'œuvre morte. La guerre russo-japonaise avait mis en évidence les ravages que l'explosion des projectiles peut produire dans des régions non cuirassées, et montré tout l'intérêt qu'il y avait à protéger, dans la mesure du possible, les panneaux de descente, les manches à air, et surtout les cheminées dont les déchirures, en détruisant le tirage, paralysent en partie les chaudières.

Les figures de 4 à 13 montrent bien le développement des surfaces blindées sur les cuirassés modernes.

L'épaisseur des blindages des hauts, au-desus de la ceinture,

Digitized by Google

est plus faible que pour cette ceinture — en exceptant, bien entendu, les cuirassements spéciaux relatifs à l'artillerie principale. Elle est réalisée par les blindages extérieurs des casemates d'artillerie moyenne, et par des plaques de même épaisseur, qui réunissent ou prolongent ces blindages.

On conçoit, sans peine, que tous ces cuirassements pèsent un poids énorme — le total des poids affectés à la protection atteint le tiers du déplacement — et l'on comprend ainsi quel intérêt il y a à répartir judicieusement le poids auquel on s'est arrêté pour la protection d'un navire en projet.

Ce sont des considérations de cet ordre qui ont conduit la marine anglaise à décuirasser les extrémités avant et arrière et à se contenter d'une ceinture partielle qui n'occupe guère que les 4/5 de la longueur totale du bâtiment. Les poids, ainsi économisés, peuvent être utilisés à rendre plus efficace le cuirassement des œuvres mortes dans la région de l'artillerie et des cheminées.

Cette pratique, déjà ancienne dans la marine britannique, avait été abandonnée pour le *Dreadnought*, qui possède une ceinture complète, allant de bout en bout. Elle a été reprise pour les cuirassés de la classe *Orion* et de la classe *King George V*, non sans soulever des objections, même en Angleterre, où les *Soft ended Battleships* ont été critiqués. Il faut croire que ces critiques ont été entendues, car la cuirasse complète doit être reprise pour les cuirassés anglais de 1912.

En France, et dans toutes les autres marines, à part les Etats-Unis, on a conservé, et avec raison, la ceinture complète.

Appareil moteur. — Passons maintenant à l'appareil moteur; si les déplacements ont suivi un progrès rapide, que dire des puissances des machines motrices! *La Gloire* de Dupuy de Lôme avait un appareil de 800 chx; nous en sommes aujourd'hui à 30 000 ou 40 000 chx et l'ensemble des appareils moteurs et évaporatoires d'un cuirassé de 23 000 tx occupe à lui seul — sans compter les soutes à charbon — plus du tiers de la capacité de la cale, au-dessous du pont blindé inférieur!

Les appareils moteurs des cuirassés sont à vapeur dans toutes les marines. On peut reprocher aux appareils à vapeur d'exiger des chaudières dont l'ensemble présente un encombrement considérable, et qui, au point de vue militaire, ont l'inconvénient de nécessiter des cheminées.

Ces cheminées de grande section et de grande hauteur causent sur le pont une gêne très appréciable pour l'installation des tourelles. En outre, la fumée, que l'on s'efforce d'atténuer dans la mesure du possible, peut déceler à longue distance la présence du navire, et peut, dans certaines circonstances de vent, gêner la vue pour le tir de l'artillerie.

Les cheminées enfin sont vulnérables aux coups des obus ennemis, et nécessitent par suite, comme je l'ai indiqué, un surcroît de protection.

Aussi peut-on remarquer la tendance générale à réduire autant que possible le nombre des cheminées.

Pour les mêmes raisons, on songe partout à remplacer les moteurs à vapeur par des moteurs à combustion interne. Dans son récent discours, M. Winston Churchill a dit : « Nous ne sommes pas très éloignés de machines à combustion interne pour les marines de guerre... »

Si l'on prenait ces paroles à la lettre, ce serait proprement prendre un rêve pour la réalité. Le problème, certes, est à l'étude, mais il est loin d'être résolu; on en est encore à la période des tâtonnements — en usine — et des accidents. Chacun se rappelle l'explosion d'un cylindre d'essai de 1 000 à 1 200 chx survenue l'an dernier en Allemagne. L'énorme puissance à développer, la nécessité d'avoir à la fois des machines relativement légères et pourtant d'une endurance parfaite, constituent des difficultés telles qu'il est encore impossible de prévoir quand la vapeur sera détrônée.

Cela dit, quelles sont les principales caractéristiques des chaudières et des machines des Dreadnoughts?

Chaudières. — Les chaudières sont, depuis bien des années déjà, du type à tubes d'eau qui possède seul la souplesse nécessaire pour le service d'un bâtiment de guerre.

En France, ce sont soit des chaudières Belleville ou Niclausse, soit des chaudières à petits tubes genre du Temple-Guyot.

En Angleterre, ce sont soit des chaudières à gros tube du type Babcock, soit des chaudières à petits tubes, du type Yarrow.

Si l'on veut même à toute puissance s'en tenir à des taux de combustion modérés, aux environs par exemple de 150 kg par mètre carré de grille et par heure, la surface totale de grille d'un cuirassé devient si grande que l'appareil évaporatoire acquiert un poids et un encombrement excessifs.

Or, la préoccupation constante de développer sur les bâtiments de combat tout ce qui a trait à l'artillerie oblige à chercher tous les moyens de réduire le poids et l'encombrement des chaudières.

On est ainsi amené à accepter, aux grandes allures, un taux très élevé de combustion, qu'il serait difficile de réaliser dans de bonnes conditions sur un grand navire quand on chauffe au charbon. De là l'adoption de dispositifs permettant d'employer pour les chaudières la chauffe au pétrole.

Aux allures modérées, on emploiera le charbon; lorsqu'on voudra lancer les machines à toute vitesse, on passera à la chauffe au pétrole. On sait d'ailleurs que ce pétrole est du mazout, c'est-à-dire un résidu lourd de naphte laissé par le pétrole après extraction des huiles d'éclairage et de graissage, qui n'émet pas de vapeurs inflammables au-dessous de 100 ou 120°.

Pour faire brûler ce mazout dans les chaudières, on le pulvérise après l'avoir réchauffé au moyen de pulvérisations mécaniques (genre Kœrting par exemple), accouplés à des tuyères qui injectent dans les foyers l'air nécessaire pour la combustion du pétrole.

On voit que la chauffe au pétrole ne sera employée qu'exceptionnellement. L'approvisionnement de mazout sur un bâtiment est donc modéré. Ce n'en est pas moins — comme le disait à la Chambre le ministre de la Marine — un passager plutôt incommode.

Le charbon, lui, se trouve à bord en quantités considérables. On embarque dans les soutes d'un cuirassé de 2000 à 3000 t de charbon, et c'est une difficulté très sérieuse pour le constructeur de disposer ces soutes et leurs accès de façon à permettre l'embarquement rapide du charbon et son envoi facile des soutes aux parquets de chauffe.

Machines. — En ce qui concerne les machines elles-mêmes, le problème de l'appareil moteur d'un cuirassé est des plus complexes.

Les qualités essentielles de ces machines consistent en une grande endurance et une parfaite sûreté de fonctionnement. L'appareil moteur d'un cuirassé doit être robuste, et doit permettre de manœuvrer le navire avec précision. Il doit, enfin, être toujours prêt à être lancé à toute allure.

Mais, d'autre part, la distance franchissable constitue un facteur militaire des plus importants; il est indispensable qu'à l'allure

Digitized by Google

ordinaire de route, le bâtiment puisse faire une longue traversée sans être obligé de se ravitailler en charbon.

Par suite, comme les conditions de poids et d'encombrement limitent impérativement la quantité de combustible que l'on peut embarquer, il y a le plus sérieux intérêt à avoir des machines économiques aux allures moyennes.

Ni les machines alternatives ni les turbines ne possèdent à la fois ces qualités.

Les machines alternatives sont économiques aux allures ordinaires de route et permettent une précision absolue de manœuvre. Par contre, elles nécessitent une surveillance spéciale lorsqu'on les lance à grande allure, en régime très poussé.

Les turbines, au contraire, offrent les plus grands avantages pour la marche soit instantanée, soit prolongée à grande allure. Lancées à toute vitesse, elles ne demandent aucune surveillance particulière.

A la vitesse maximum, leur consommation est analogue à celle des machines alternatives et même moindre dans les derniers types perfectionnés. Mais aux allures modérées, ainsi que pendant les renversements de marche nécessaires pour la manœuvre du navire, elles deviennent de très gros consommateurs de vapeur.

Finalement, machines alternatives et turbines ont les unes et les autres des partisans convaincus.

La marine anglaise a entièrement et exclusivement adopté les turbines Parsons pour la propulsion de ses cuirassés, en cherchant, par des procédés divers, à améliorer la consommation aux allures modérées.

La solution aujourd'hui à l'ordre du jour est celle des turbines à engrenages. L'économie de ce système consiste à atteler sur l'arbre, par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs, des turbines qui peuvent ainsi tourner à très grande vitesse, quel que soit le régime de marche du navire, et qui permettent en même temps de ramener le nombre de tours de l'hélice à des valeurs convenables pour la bonne utilisation de ces appareils.

L'Allemagne a mis longtemps à remplacer les machines alternatives par des turbines Parsons, et n'a adopté ces dernières sur des cuirassés qu'à partir du *Kaiser*.

Aux Etats-Unis, on ne semble pas encore fixé sur le type à adopter. L'*Oklahoma* porte des machines alternatives; son frère le *Nevada* des turbines Curtiss.

En France, les cuirassés des types *Danton*, *Jean-Bart* et *Bretagne* ont des appareils moteurs à turbines Parsons, actionnant 4 hélices. Les cuirassés du type *Normandie* présentent sur ce point encore une disposition originale et des plus heureuses : des 4 hélices, 2 sont actionnées par des machines alternatives, et les 2 autres par des turbines.

Aux petites et aux moyennes allures, on se servira exclusivement des machines alternatives, profitant ainsi de leur fonctionnement économique et de leurs qualités manœuvrières. A grande vitesse, les turbines fourniront un appoint de puissance suffisant pour que, même à cette allure, les machines alternatives n'aient pas besoin d'être poussées au delà de leur régime de croisière.

LES CROISEURS DE BATAILLE. — A côté des cuirassés, l'Angleterre et l'Allemagne se sont mises à construire des bâtiments d'un tonnage encore plus grand. Les Anglais les nomment « battle-cruisers », ce qui les a fait appeler croiseurs de bataille ou croiseurs de combat. En réalité, c'est « cuirassés-croiseurs » qu'il faudrait dire, et c'est bien là leur définition véritable : ce sont des cuirassés qui se caractérisent par des vitesses de croiseurs.

Le croiseur de bataille se déduit du cuirassé proprement dit en augmentant sa vitesse de 6 ou 7 nœuds et en compensant, en partie, l'augmentation de déplacement qui en résulte par une diminution du nombre des canons (mais non de leur calibre), et par une réduction de l'épaisseur de la ceinture cuirassée.

Comme je viens de le dire, cette compensation n'est que partielle, aussi arrive-t-on aux énormes déplacements de 29 000 tx pour le *Tiger* anglais et de 28 000 tx pour l'*Ersatz-Kaiserin-Augusta* de la marine allemande.

En raison de la moins grande importance de leur armement et de la réduction de leur protection, les croiseurs de bataille ne sont pas des vaisseaux de ligne. Leur rôle est de constituer des divisions rapides destinées à venir faire une diversion au moment opportun pendant ou après l'action.

C'est donc la *vitesse* qui est leur caractéristique essentielle, une vitesse très nettement supérieure, de 6 ou 7 nœuds par exemple à celle des cuirassés.

Les croiseurs de bataille deviennent ainsi des navires particulièrement chers, des bâtiments de luxe, pourrait-on dire, qui ne peuvent convenir qu'aux marines possédant déjà de puissantes escadres cuirassées.

Les croiseurs de bataille se distinguent d'ailleurs nettement des croiseurs cuirassés du type actuellement abandonné et que l'on construisait en grand nombre il y a quelques années.

La différence provient de ce que le croiseur de bataille possède les qualités offensives du cuirassé quant au calibre des canons, et conserve une protection importante.

Sur les croiseurs cuirassés, on s'était maintenu dans des déplacements relativement modérés, toujours inférieurs à ceux des cuirassés de la même époque, et, dès lors, il avait fallu sacrifier l'armement et la protection à la vitesse, dans des proportions exagérées.

Et, en effet, on réduisait, non seulement le nombre, mais aussi le calibre des canons; quant à la cuirasse, la réduction de son épaisseur à 15 cm environ rendait la protection illusoire en présence des pièces de 30 cm des cuirassés contemporains de ces croiseurs.

Enfin, l'écart entre les vitesses des croiseurs cuirassés, et des cuirassés — 2 ou 3 nœuds — n'était pas non plus suffisante.

Le prototype du croiseur de bataille est le *Lion* de la marine anglaise, lancé en 1910, et actuellement en service. C'est le contemporain du dreadnought anglais *Orion*.

Le *Lion* déplace 26 300 tx; l'*Orion*, 23 500. Le *Lion* porte 8 canons de 34 cm en 4 tourelles doubles axiales; l'*Orion* en porte 10, en 5 tourelles doubles également axiales.

Sur les deux navires, il y a 16 canons, de 10 cm. La cuirasse du *Lion* est de 22 cm, celle de l'*Orion* de 30.

La vitesse prévue pour l'*Orion* était de 21 nœuds environ; elle a été légèrement dépassée aux essais.

Le *Lion* a été prévu pour 26 nœuds, vitesse qui a été largement dépassée aux essais.

En Allemagne, les contemporains du *Lion* sont les croiseurs de bataille *Moltke* et *Goeben*, eux-mêmes contemporains du *Kaiser* dont j'ai parlé tout à l'heure.

Le *Moltke* a 23 000 tx, porte 10 canons de 28 cm, 12 canons de 15 cm et 12 canons de 88 mm.

L'épaisseur de cuirasse est de 20 cm.

La vitesse prévue de 27 nœuds a été franchement dépassée aux essais.

Digitized by Google

L'armement est disposé comme sur le *Kaiser* et n'en diffère que par le calibre (28 cm au lieu de 30). Rappelons que sur le *Kaiser* la vitesse prévue est de 20 nœuds et l'épaisseur de cuirasse 28 cm.

Les croiseurs de bataille suivent les lois de la progression des tonnages.

En Angleterre, le *Queen-Mary*, lancé en 1912, atteint 27 500 tx et porte 16 canons de 15 cm à la place des 16 canons de 10 du *Lion*.

Le *Tiger* atteindra, dit-on, 29 000 tx.

En Allemagne, l'*Ersatz-Kaiserin-Augusta* déplacera 28 000 tx et portera 10 canons de 30 cm.

Le Japon a lui aussi commandé en Angleterre un croiseur de bataille, le *Kongo*, de 27 500 tx, cuirassé à 25 cm, armé de 8 canons de 35 cm et de 16 canons de 15 cm. Il doit filer 28 nœuds.

En ce qui concerne leurs appareils moteurs, tous les croiseurs de bataille sont munis de turbines qui sont parfaitement indiquées pour ce type de navires.

J'ai tout à l'heure mis en regard les caractéristiques de l'*Orion* et du *Lion*, du *Moltke* et du *Kaiser*; je voudrais préciser cette comparaison par un élément qui donne une idée du prix du bâtiment rapporté à sa puissance offensive. Cet élément, c'est le tonnage par bouche à feu de gros calibre.

Si nous prenons, par exemple, des bâtiments munis de canons de 30 cm, on trouve les chiffres suivants :

Conte di Cavour	1 730 tx
Viribus Unitis (Autrichien)	1 833
Gangout	1 916
Jean-Bart	1 950
Colossus (Anglais)	2 060
Kaiser	2 450

en moyenne 1990 t environ.

Or, sur l'*Ersatz-Kaiserin-Augusta*, on arrivera au chiffre de 2809 t.

Si nous passons aux bâtiments qui portent au 34 cm, on trouve :

L'Orion	2 350
La Bretagne	2 340
Le King George V	2 400
La Normandie	2 080

au lieu de 3300 tx sur le *Lion* et 3800 sur le *Queen-Mary*.

Ces chiffres parlent d'eux-mêmes. Aussi M. Winston Churchill disait-il dans son récent discours :

« Les croiseurs de bataille ont graduellement augmenté en vitesse et en puissance, si bien qu'ils sont devenus le type du navire le plus cher du monde. Ils sont plus dispendieux que les cuirassés, mais dans l'action ils ne sont pas les égaux des cuirassés contemporains.

« *Nous avons posé comme principe que le navire le plus cher doit être aussi à tous points de vue le navire le plus fort.*

« Nous avons donc établi le plan d'un navire moins rapide que les croiseurs de bataille les plus récents..»

On entrevoit ainsi pour l'avenir la fusion du cuirassé et du croiseur de bataille en un seul type de navire : un cuirassé, à vitesse plus grande que celle des dreadnoughts d'aujourd'hui.

Les Scouts. — On désigne sous le nom de scouts de petits croiseurs à grande vitesse destinés à remplir le service d'éclaireurs d'escadres.

Le programme naval qui fait l'objet de la loi du 31 mars 1912 prévoit la mise en chantier de bâtiments de ce type dans la marine française. L'Angleterre et l'Allemagne en possèdent dès maintenant.

En Angleterre, ce sont les croiseurs de la classe dite des villes, dont les cinq premiers (*Bristol*, *Glasgow* et *Gloucester*) sont entrés en service à la fin de 1910 et au commencement de 1911.

Ils ont un déplacement de 4 800 tx, ont donné 26 nœuds environ aux essais, et sont armés de 2 canons de 15 cm et de 10 canons de 10. Ils portent enfin 2 tubes lance-torpilles sous-marins.

Leur protection consiste en un pont protecteur de 5 cm d'épaisseur.

Les 4 scouts suivants, de la classe *Weymouth*, de 5 200 tx (avec 131 m de longueur sur 14m,75 de large environ), ne diffèrent des précédents que par leur armement, qui est plus puissant, et se compose de 8 canons de 15 cm.

Les 3 scouts de la classe *Chatham* de 5 500 tx qui viennent ensuite sont absolument analogues.

L'Allemagne a mis en chantier, en 1910, 4 scouts de 4 600 à 4 700 tx — qui portent également des noms de villes — *Breslau*, *Magdebourg*, *Stralsund* et *Strasbourg*.

Ces bâtiments ont 140 m de longueur sur 13m,70 environ de large. Ils filent 27 nœuds 5; portent 12 canons de 10 cm et 2 tubes lance-torpilles.

Ils sont donc moins armés que les scouts anglais de la classe *Chatham*. Par contre, ils ont une légère ceinture cuirassée, de 10 cm environ d'épaisseur dans la région centrale et de 6 cm aux extrémités. Une tranche cellulaire complète cette protection.

Il serait prématuré de se prononcer sur la valeur de ces bâtiments au point de vue de leur endurance et de leur bonne tenue à la mer. Leur grande longueur et leur extrême finesse peuvent donner quelques craintes à cet égard.

Les caractéristiques des scouts allemands mis en chantier en 1911 et 1912 ne sont pas encore connues. On parle d'un déplacement de 5 000 tx et d'un armement composé de canons de 15 cm comme sur les scouts anglais.

Les Torpilleurs. — La France a construit un nombre considérable de torpilleurs.

Les torpilleurs numérotés, d'abord de tonnage très réduit (30 tx environ en 1878, avec 18 nœuds; 50 tonnes et 20 nœuds en 1883) atteignent en 1893 le tonnage de 80 tx et filent 23 nœuds.

Le type définitif du torpilleur proprement dit s'est établi il y a dix ans, en 1903 : déplacement 100 tx, longueur 38 m, puissance 2 000 ch, vitesse 26 nœuds.

Les bâtiments de ce type portent 3 tubes lance-torpilles et 2 canons de 37 mm.

Parallèlement on construisit des torpilleurs de plus grand tonnage, dits de haute mer. Parmi eux, le *Forban*, de 152 tx, construit par Augustin Normand, donna aux essais en 1895 la vitesse remarquable de 31m,03.

Actuellement la France ne construit plus de ces torpilleurs. Les derniers furent commandés en 1904; il en est de même dans les autres marines.

Cela tient à ce que les torpilleurs de faible tonnage sont incapables de toute action efficace en haute mer. Leur rôle se bornerait donc à la défense des côtes, et là ils feraient double emploi avec les sous-marins.

Digitized by Google

CONTRE-TORPILLEURS. — Le torpilleur a fait naître le contre-torpilleur, le *destroyer* comme l'appellent les Anglais, qui doit avoir plus de vitesse et plus d'endurance à la mer que le torpilleur, de façon à toujours être maître de le poursuivre; qui doit porter quelques canons pour pouvoir couler le torpilleur.

Comme il est tout naturel d'utiliser le cas échéant le contre-

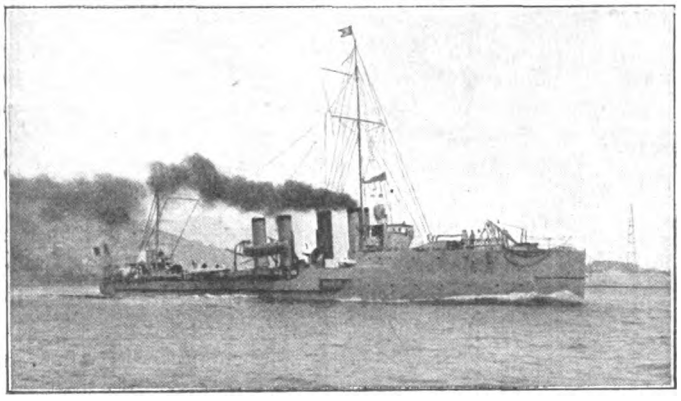


FIG. 14. — Vue du contre-torpilleur à turbines *Bouclier*.

torpilleur pour lancer une torpille, on l'a armé, lui aussi, de tubes lance-torpilles.

Bientôt, en raison de ses dimensions et de ses qualités nautiques, le contre-torpilleur a remplacé le torpilleur de haute mer, il est devenu le *torpilleur d'escadre*, nom que la marine française vient de lui donner officiellement.

Les premiers contre-torpilleurs français furent la *Durandal* et la *Hallebarde*, construits par Augustin Normand, et lancés en 1899.

Ils déplacent 308 tx, ont 55 m de longueur et filent 26 nœuds.

Ils portent deux tubes lance-torpilles et 7 canons : un de 65 mm et 6 de 47 mm.

Toute une série de bâtiments presque identiques furent construits ensuite. La vitesse des derniers atteint 28 m, leur déplacement 338 tx.

Ils ont les formes d'un torpilleur de grandes dimensions, avec cette particularité que la circulation à l'extérieur se fait sur un pont ajouré — appelé pont caillebotis — construit en quelque sorte sur pilotis, $0^m,55$ au-dessus du pont métallique qui ferme le contre-torpilleur, et qui laisse un passage libre aux lames entre les deux.

Le type des contre-torpilleurs français changea en 1906. A partir de cette date, ces bâtiments deviennent réellement des bâtiments de haute mer. Leur tonnage s'accroît, leur solidité augmente, leurs formes sont dessinées pour affronter le gros temps : il n'y a plus de pont caillebotis, inhabitable lorsque la mer devient dure, et l'avant est défendu par une teugue.

En 1906, le déplacement est de 450 tx. L'armement comprend 6 canons de 65 mm et trois tubes lance-torpilles. La vitesse, de 28 à 30 nœuds, dépasse 31 nœuds sur le *Voltigeur*.

En 1908, le déplacement atteint 750 tx. L'armement comporte 2 canons de 10 mm et 4 de 65. Les tubes lance-torpilles sont au nombre de 4. La vitesse est de 31 nœuds.

Maintenant, nous en arrivons aux déplacements de 800 et 900 tx, et il est certain que l'on ira encore plus loin.

La figure 14 représente le contre-torpilleur *Bouclier*, de 800 tx environ, construit par les ateliers Normand, et qui a atteint aux essais la vitesse remarquable de 35 nœuds 43 (fig. 14).

Les appareils moteurs et évaporatoires des contre-torpilleurs modernes atteignent des puissances considérables, plus de 16 000 ch sur les derniers bâtiments de ce type : c'est la puissance des machines du cuirassé *Suffren*!

Et ces appareils doivent être tels qu'on puisse passer brusquement à la vitesse maximum, et rester à grande allure tant que l'état de la mer n'oblige pas à ralentir.

De là l'emploi :

1° De chaudières à petits tubes, type du Temple-Guyot ou Normand, chauffant exclusivement au mazout et permettant ainsi, par un simple jeu des robinets des brûleurs, de passer immédiatement du régime le plus tranquille au régime le plus poussé;

2° De turbines pour les machines motrices, car les turbines sont par excellence le type d'appareils toujours prêts à être lancés, sans préparation, à leur allure maximum. En France, ces turbines sont de divers systèmes : turbines Rateau, Bréguet, Parsons ou Zoelly.

Mais, d'autre part, le contre-torpilleur étant devenu un bâtiment de haute mer et devant avoir, par conséquent, une distance franchissable satisfaisante, la question de la consommation de combustible prend pour lui une grande importance.

On cherche donc là aussi à trouver une solution permettant de réduire la consommation des turbines aux allures modérées, et, dans cet ordre d'idées, on envisage comme pour les grands navires l'adoption des turbines à engrenages.

Ce que je viens de dire pour les contre-torpilleurs français s'applique entièrement à ceux des autres marines. Les déplacements y sont encore plus grands que les nôtres et dépassent 1 000 t en Angleterre.

SOUS-MARINS. — Comme le contre-torpilleur, le sous-marin voit chaque jour son tonnage augmenter.

Si l'on met à part les petits sous-marins français du type *Naïade*, dont le déplacement est de 70 tx seulement, le tonnage des sous-marins que l'on mettait en chantier il y a une dizaine d'années n'atteignait que 200 tx.

Il passa bientôt à 400 tx avec le type *Emeraude* et le type *Pluviôse* et atteignit près de 600 tx avec *l'Archimède* (fig. 15) lancé en 1909.

Aujourd'hui, le *Gustave-Zédé* et la *Néréide* ont 800 tx de dépla-

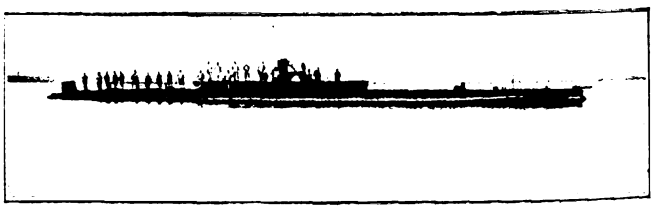


FIG. 15. — Vue du sous-marin français *Archimède*.

cement; les deux sous-marins qui viennent d'être mis en chantier à Toulon en ont 833.

La même progression se retrouve à l'étranger. En Angleterre, par exemple, les sous-marins A_3 et A_{13} lancés de 1902 à 1905 déplaçaient une centaine de tonneaux. Les deux sous-marins type D lancés en 1911, ont 500 tx; le type E de 1912 dépasse 700.

Aux Etats-Unis, les tonnages ont passé de 100 à 400, de 1902 à 1911.

Cet accroissement de tonnage provient de la tendance actuelle à employer le sous-marin en haute mer; cette conception oblige à augmenter la masse du sous-marin pour lui permettre d'af-

Digitized by Google

fronter la mer au large, et à étudier ses formes dans le même esprit pour la navigation en surface.

Elle oblige à augmenter l'habitabilité, en vue des traversées de longue durée qui peuvent être imposées aux sous-marins.

FIG. 16. — Embarquement d'une tourelle sur le cuirassé *Courbet*.

Elle donne une importance croissante à la distance franchissable, eu surface.

Enfin, l'augmentation du déplacement conduit à un accroissement rapide de la puissance des appareils moteurs en surface ou en plongée, accroissement surtout sensible pour les moteurs de surface, parce qu'on demande, en outre, au sous-marin de haute mer, une plus grande vitesse en surface.

En fait, c'est dans la construction des moteurs de surface que réside actuellement la difficulté du problème du grand sous-marin.

Ces moteurs sont : ou bien des moteurs à vapeur, avec chaudières à pétrole (et à propos de ces chaudières, je ne saurais passer sous silence l'intéressante chaudière Maurice du *Charles-Brun*) ; ou bien des moteurs genre Diesel.

Les moteurs à vapeur ne présentent aucune difficulté particulière de construction.

Les machines sont du type alternatif, du genre de celles des torpilleurs ; on sait les réaliser avec une perfection très grande. Aussi, malgré l'encombrement de l'ensemble d'un appareil moteur et évaporatoire à vapeur et l'inconvénient qu'il présente de ne pouvoir être mis en marche instantanément si la pression est tombée aux chaudières, la sécurité du fonctionnement des machines à vapeur permet de résoudre le problème sans aléa.

Si les moteurs à combustion interne, du type que l'on peut employer sur les sous-marin, présentaient une sécurité de fonctionnement comparable à celle des appareils à vapeur, leurs avantages militaires les feraient passer incontestablement au premier rang.

Et c'est pourquoi on a adopté ce type de moteurs, sur un grand nombre de sous-marins français et sur tous les sous-marins étrangers.

Mais il importe de remarquer qu'un moteur de sous-marin n'a rien de commun avec ceux que l'on emploie à terre ou sur certains cargos. Les raisons d'encombrement et de poids, qui prennent sur un sous-marin une importance si particulière, exigent l'emploi de moteurs relativement légers et très ramassés, à allure rapide, dont la construction devient de plus en plus difficile, à mesure que la puissance des appareils augmente — et sur les grands sous-marins modernes, elle atteint plusieurs milliers de chevaux.

RÉSUMÉ. — Nous avons examiné au cours de cette causerie des types de navires bien différents, par leur rôle, par leurs formes et par leurs dimensions. Il y a cependant une caractéristique commune pour tous : c'est la tendance générale à l'accroissement des tonnages. Cet accroissement dans les cinq dernières années a dépassé 30 °/₀ pour tous les types de navires.

Autre caractéristique : tous ces navires sont ou deviennent des bâtiments de haute mer ; leurs formes et leur architecture accusent nettement cette tendance, et il y aurait une intéressante étude à faire pour comparer, à ce point de vue, les navires d'aujourd'hui aux bâtiments du même type, d'il y a vingt ans.

Les cuirassés de haut bord ont remplacé les cuirassés aux extrémités surbaissées, comme le *Hoche* ou le *Brennus*. Leur artillerie a un commandement aussi élevé que possible pour n'être jamais mangée par la mer.

Ce développement énorme des tonnages a eu naturellement une répercussion profonde sur les installations et l'outillage des ports, des arsenaux et des chantiers de construction.

Les cuirassés ont aujourd'hui 170 à 180 m de longueur ; 27 ou 28 m de largeur.

Les croiseurs de bataille atteignent 220 m avec une largeur égale à celle des cuirassés.

Seul, le tirant d'eau reste limité, à 8 ou 9 m environ, ce qui n'est pas sans causer une gêne sérieuse pour l'établissement des plans de navires d'une si grande longueur.

Les constructeurs sont malheureusement obligés de subir cette limitation des tirants d'eau, parce que s'il est toujours possible de construire des bassins longs et larges à souhait, il est impossible de gagner beaucoup sur la profondeur de certaines rades.

La construction de bassins de radoub immenses suit parallèlement la construction des dreadnoughts. On y ajoute dans certaines marines, en Angleterre et en Allemagne notamment, des docks flottants capables de soulever des navires dont le déplacement peut atteindre 30 000 tx. Mais le défaut de ces outils gigantesques est de ne pouvoir être passés sous les cuirassés qu'ils doivent soulever que dans des endroits où la profondeur de la mer permet des tirants d'eau considérables.

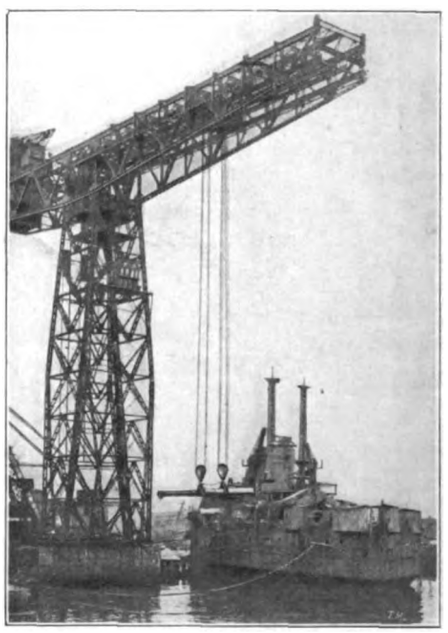


FIG. 17. — Embarquement d'un canon de 30 cm sur le cuirassé *Courbet*.

En France, en Allemagne, en Angleterre, on a construit des docks destinés au relevage des sous-marins. Les docks français actuels permettent de soulever 1 000 t.

Digitized by Google

Les chantiers de construction, les arsenaux, et toutes les usines qui travaillent pour la marine se voient obligés de développer la puissance de leur outillage pour suivre de jour en jour l'accroissement continuel des cuirassés et de leur armement.

Pour tourner, avec la précision nécessaire, les plates-formes des tourelles, les constructeurs ont installé dans leurs ateliers des tours horizontaux de plus de 10 m de diamètre!

Que dire de l'outillage nécessaire pour usiner un canon de 34 cm, une plaque de blindage de 20 t?

Les principales pièces des tourelles ou des turbines des cuirassés atteignent les poids énormes de 90, 100, 140 t, et il faut déposer ces pièces dans l'axe de navires qui ont 27 m de largeur! De là l'emploi de ces grues gigantesques, fixes ou flottantes, que l'on trouve dans tous les grands chantiers de construction; les figures 16 et 17 représentent la grue de 150 tx de l'arsenal de Lorient embarquant une tourelle et un canon du *Courbet*.

Ce n'est pas seulement la puissance et les dimensions de l'outillage qu'il a fallu développer, c'est aussi la capacité de production des chantiers et des usines. Plus que jamais, il est indispensable de construire *vite*, *le plus vite possible*, tant est rapide l'évolution constante de la marine.

Dans son discours sur le budget de la marine anglaise de 1912, M. Winston Churchill s'écriait : « Jusqu'au moment où l'on signe le marché d'un cuirassé, le navire est l'héritier de toute la science navale du monde entier, mais le jour où le tracé a été définitivement arrêté, il devient suranné. Près de trois ans de sa brève existence se sont écoulés lorsqu'il vient au monde même avant qu'il soit lancé, les navires qui sont capables de le détruire sont déjà projetés. »

Evidemment il ne faut pas prendre à la lettre ce qui n'est qu'une boutade, volontairement exagérée. Il n'en est pas moins vrai que ces quelques mots mettent en lumière, d'une manière saisissante, l'absolue nécessité de ne pas retarder d'un seul jour la construction d'un navire en chantier. Et à ce point de vue n'est-il pas réconfortant de constater combien les chantiers français sont aujourd'hui à la hauteur de leur tâche ?

Nos deux dreadnoughts *Jean-Bart* et *Courbet* construits par les arsenaux de Brest et de Lorient, prennent la mer ces jours-ci; ils vont commencer leurs essais deux ans et huit mois seulement après leur mise en chantier.

Les deux dreadnoughts suivants, *France* et *Paris*, sont à flot dans les chantiers de l'industrie, et nul doute que ces chantiers n'arrivent aux mêmes résultats que les chantiers de la marine.

Enfin, dans dix jours, le 19 et le 20 avril, vous savez que le ministre de la Marine ira présider à la mise à l'eau à Lorient et à Brest, des deux superdreadnoughts, *Provence* et *Bretagne*, dont la mise en chantier remonte seulement au 1er mai 1912.

Le Gérant : E. PINAT.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Production de la Force Motrice

Les Moteurs Électriques

et leurs applications industrielles

Digitized by Google

Digitized by Google

Bibliothèque de " La Technique Moderne "

FASCICULE VI

Production de la Force Motrice

Les Moteurs Électriques

ET LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

PAR

A.-R. GARNIER

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

AVEC LA COLLABORATION DE **V. SYLVESTRE**

INGÉNIEUR DES ARTS ET MÉTIERS ET DE L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE DE GRENOBLE

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

—

1913

Digitized by Google

Digitized by Google

Supplément au Numéro du 15 Décembre 1913

Bibliothèque de " La Technique Moderne " — Fascicule VI

PRODUCTION DE LA FORCE MOTRICE

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES

ET LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

PAR

A.-R. GARNIER

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

AVEC LA COLLABORATION DE **V. SYLVESTRE**, INGÉNIEUR DES ARTS ET MÉTIERS ET DE L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE DE GRENOBLE

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

A ne considérer que les applications industrielles du moteur électrique, il convient de remonter à l'année 1884 pour observer la première manifestation électromécanique, à l'occasion d'un tramway urbain mû par le courant continu. C'est d'ailleurs vers cette époque que l'éclairage par l'arc, puis par le filament de charbon incandescent, permit à l'électricité de conquérir définitivement l'opinion publique. Dès lors les lignes de transmission se multiplièrent, et l'idée se développa rapidement de tenter l'adaptation de cette nouvelle forme de l'énergie, aux engins mécaniques tributaires des anciens générateurs de force motrice.

Parmi les premiers moteurs stationnaires, certains atteignaient 10 et exceptionnellement 20 chevaux; la plupart, limités à des applications minuscules, n'excédaient pas quelques dixièmes de cheval et actionnaient modestement un ventilateur d'appartement, une machine à coudre ou quelques menus appareils domestiques.

Avec le courant alternatif apparut le moteur d'induction, qui subit une évolution analogue à son aîné, héritant au point de vue constructif des pôles saillants et muni de résistances pour assurer le démarrage. Toutefois, on y apporta bientôt certaines transformations propres à améliorer son rendement et son couple initial, de sorte qu'il acquit rapidement la forme sous laquelle nous sommes accoutumés à le voir aujourd'hui.

Quant à présent, l'application des moteurs électriques aux besoins industriels est devenue si universelle, qu'il n'existe pas de spécialités où la commande électrique n'ait pénétré. D'ailleurs, les constructeurs ayant à peu près simultanément atteint le degré de perfection au-dessus duquel toute amélioration ne peut plus porter que sur les détails, il en résulta un nivellement des prix et un fléchissement des tarifs qui favorisèrent la concurrence engagée contre les engins de production d'énergie mécanique préexistants.

Au cours d'un examen comparatif des divers moteurs propres à assurer l'entraînement d'une usine ou d'un atelier, il convient naturellement de ne pas exagérer la division de la puissance utile, pour éviter l'introduction de frais d'établissement disproportionnés avec le résultat à atteindre et une interprétation inexacte des qualités particulières du moteur électrique.

Indépendamment du gain de puissance et de l'accroissement de production qui sont les qualités essentielles de la commande individuelle, il est des industries où cette commande s'impose indiscutablement. Tel est le cas des machines à imprimer, monotypes et linotypes, pour lesquelles l'uniformité de la vitesse, indispensable au succès du résultat à atteindre, impose l'application de la conduite autonome. Tel est également le cas des blanchisseries, où la suppression des organes accessoires de transmission et des courroies contribue à éviter le soulèvement des poussières et, par là même, à assurer une meilleure exécution du travail.

Enfin, il est certaines applications pour lesquelles les exigences du service sembleraient, tout d'abord, favoriser la méthode du groupement et qui, cependant, condamnent cette disposition par la nature du produit fabriqué. C'est ainsi que le métier à ruban, pour lequel les variations de puissance consommée justifieraient la commande groupée, ne peut, en définitive, recevoir un tel mode d'entraînement en raison de la torsion électrostatique des fils, due au frottement des courroies.

Digitized by Google

Faute d'informations exactes sur les conditions de charge en régime, il arrive fréquemment que la puissance mécanique nécessaire, estimée avec un coefficient d'aléas exagéré, conduit au choix de moteurs trop puissants.

Cette anomalie résulte principalement, de l'ignorance générale du facteur de charge des machines ou des groupes de machines à entraîner, aussi bien que de la nature du travail à effectuer. Ainsi, il n'est pas rare qu'un tour de 900 millimètres par exemple, utilisé au dégrossissage d'arbres en acier et produisant deux coupes à la vitesse de 4m,50, absorbe 25 chevaux, tandis qu'appliqué au finissage des mêmes pièces, il n'absorbe plus que 3 à 5 chevaux. Il importe donc de s'accoutumer à cette idée élémentaire que des moteurs destinés à deux ou plusieurs machines *identiques*, peuvent être radicalement différents suivant les industries ou les travaux envisagés.

De même, le cycle des opérations des machines à fonctionnement intermittent, doit diriger le choix du moteur propre à effectuer le travail demandé, sans échauffement anormal.

Imaginons, par exemple, un usinage exigeant une puissance de 50 chevaux pendant 5 minutes et 10 chevaux pendant 10 minutes ; le cycle des opérations se reproduisant périodiquement toutes les 15 minutes, la charge moyenne du moteur sera de :

$$\begin{aligned} 50 \times 5 &= 250 \text{ chevaux-minutes} \\ 10 \times 10 &= 100 \quad — \\ \text{soit au total} \ldots\ldots &= 350 \text{ chevaux-minutes} \end{aligned}$$

et :

$$\frac{350}{15} = 23{,}3 \text{ chevaux moyen.}$$

Cependant, l'échauffement produit par une telle charge sera totalement différent de celui que crée le cycle réel, car les pertes dans le cuivre du moteur, augmentent comme le carré du courant, et l'équivalence résultera seulement des évaluations suivantes :

$$\begin{aligned} \overline{50^2} \times 5 &= 12.500 \text{ chevaux-carrés-minutes} \\ \overline{10^2} \times 10 &= 1.000 \quad — \\ \text{Total} \ldots\ldots &= 13.500 \text{ chevaux-carrés-minutes} \end{aligned}$$

De sorte que la puissance effective correspondante sera de :

$$\sqrt{\frac{13.500}{15}} = 30 \text{ chevaux,}$$

représentant la charge continue équivalente, *quant à l'échauffement*, à celle du cycle d'opérations défini ci-dessus.

Digitized by Google

CHAPITRE I

LES ÉLECTROMOTEURS

Au point de vue industriel, les moteurs électriques se distinguent par la nature du courant qui les alimente, de sorte qu'une première division s'impose immédiatement entre les moteurs à *courant continu* et les moteurs à *courant alternatif*.

Moteurs à courant continu. — En ce qui concerne les premiers, ils se classent par le mode d'excitation qui détermine leurs propriétés mécaniques.

Moteurs shunt. — Le circuit d'armature et les enroulements inducteurs sont branchés en dérivation aux bornes de la source à tension constante. Le courant inducteur est invariable, de sorte que le couple développé, maximum au démarrage, diminue progressivement à mesure que la vitesse croissante réduit le courant d'armature. Afin d'éviter le danger d'une intensité initiale excessive, il convient d'intercaler, à la suite de l'induit, une résistance réglable que l'on court-circuite à mesure que l'allure du moteur augmente.

Si le couple résistant change de sens, la force contre-électromotrice devenant supérieure à la tension de service, le moteur devient générateur et débite sur le réseau.

Ainsi, *couple énergique au démarrage*, *allure* sensiblement *constante* quel que soit le couple (écart de vitesse généralement inférieur à 5 0/0 entre les limites de fonctionnement à vide et à pleine charge), *modification du nombre de tours* par affaiblissement de l'excitation, *récupération* possible, telles sont les propriétés distinctives du moteur shunt.

Moteurs série. — Le circuit inducteur est associé en tension à l'enroulement d'armature. Si, comme c'est le cas le plus fréquent, la tension d'alimentation est constante, le couple moteur est maximum au démarrage, car le courant de circulation et le flux ne sont limités que par la résistance électrique de la machine et la réaction d'induit.

En fonctionnement, la vitesse est telle que la force contre-électromotrice libère un courant suffisant pour assurer l'équilibre entre l'effort moteur et l'effort résistant. Si ce dernier devient très faible, il se peut que la machine atteigne une allure excessive, de sorte que les moteurs shunt ou compound sont mieux appropriés aux applications susceptibles de telles éventualités.

De même que le moteur shunt est à peu près autorégulateur de vitesse, le moteur série est *autorégulateur de puissance*, puisque la vitesse augmente à mesure que le couple décroît.

En résumé, le moteur excité en série et alimenté sous tension constante est caractérisé par un *couple énergique au démarrage*, grâce à l'accroissement simultané du courant et du flux inducteur; sa *vitesse* est *réglable* par un rhéostat en série, un shunt sur l'excitation ou un groupement convenable des bobines inductrices. Il a l'inconvénient de s'emballer à vide, éventualité qui nécessite l'adjonction d'un régulateur ou d'un interrupteur centrifuge.

Moteurs compound. — Lorsque la réaction d'induit d'un moteur shunt est insuffisante pour assurer l'autorégulation de la vitesse dont nous avons parlé, il est possible d'assurer cette condition par l'addition à l'enroulement d'excitation shunt, de quelques spires en série avec l'induit, dans lesquelles le courant est dirigé de façon à affaiblir la force magnétomotrice principale. Au démarrage, l'excitation différentielle ainsi réalisée est privée de son enroulement série. Ce mode d'excitation doit être rejeté lorsque l'effort résistant est très variable, car les effets totalisés de la réaction d'induit et du flux auxiliaire peuvent atteindre une valeur suffisante pour intervertir l'aimantation rémanente des inducteurs.

Dans certains cas où la régulation de la tension distribuée est insuffisante, on ajoute au flux inducteur shunt l'effet de quelques spires inductrices en série, de sorte que la machine participe des propriétés du moteur série et du moteur shunt. On conçoit dans ces conditions que si, par exemple, la tension de distribution faiblit au démarrage, l'insuffisance de l'enroulement shunt est compensée par l'effet de l'enroulement série.

En résumé, le moteur compound est muni d'enroulements *différentiels* s'il est destiné à assurer une *vitesse* rigoureusement *constante*.

Il est muni d'enroulements *concourants*, s'il est destiné à un réseau à fortes *chutes de tension*.

Moteurs à pôles de commutation. — Par l'adjonction de pôles supplémentaires au circuit magnétique d'un moteur à courant continu, il est possible d'obtenir, avec une commutation satisfaisante, une variation de vitesse appréciable par simple décalage des balais.

Toutefois, il convient d'ajouter que, sauf les cas où le nombre de tours doit varier entre des limites très étendues, l'emploi de pôles supplémentaires sur les électromoteurs est peu fréquent. D'ailleurs, dans cette éventualité, certains facteurs inhérents à la grande vitesse ou à la réversibilité, interviennent qui obligent à un calage invariable des balais.

Ainsi, dans la majorité des cas, les balais d'un moteur à pôles de commutation seront calés sur l'axe neutre. D'ailleurs, l'allure de la machine tendra à s'accélérer en charge, par échauffement, et il se peut, par surcroît, que l'action des interpôles sur le champ principal, soit telle que la vitesse en surcharge acquière des valeurs supérieures à la vitesse à vide.

Sous l'effet d'un à-coup puissant, de telles propriétés peuvent être préjudiciables à la bonne conservation de la machine, et l'on y remédiera en donnant aux frotteurs un décalage en avant d'une demi-lame. Pour être impraticable avec les machines réversibles, cette opération ne nuira nullement à la commutation, si le moteur a été judicieusement étudié.

Le mécanisme du fonctionnement est facile à concevoir : les pôles auxiliaires renforcent l'action du champ shunt pour réduire la vitesse et maintenir simultanément un flux qui suffit à éviter un appel de courant trop puissant.

Une propriété intéressante du décalage des balais d'un moteur à pôles auxiliaires réside dans la possibilité de modifier la caractéristique normale de la machine et d'amener, en surcharge de 50 0/0 par exemple, une vitesse égale ou supérieure à la vitesse à vide, celle-ci étant elle-même différente de la vitesse de régime.

Digitized by Google

C'est ce que montre la figure 1, représentant la caractéristique (*charges-vitesses*) d'un moteur à pôles supplémentaires de 40 chevaux, 800 tours, 500 volts :

1° Les balais étant calés sur la position neutre (courbe I);

2° Les balais étant décalés en avant d'une demi-lame (courbe II).

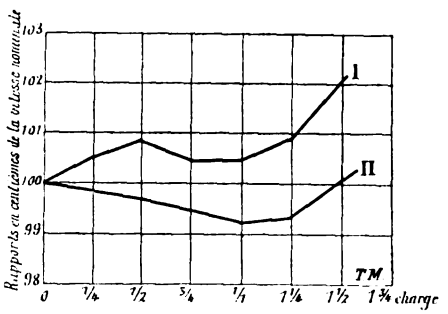


FIG. 1. — Caractéristiques d'un moteur à courant continu à pôles supplémentaires.

Nous terminerons ces indications par une remarque d'ordre pratique à laquelle il convient de porter attention. Il arrive fréquemment, en effet, que les câbles de connexions des différentes bornes d'une machine à pôles auxiliaires, sont engagés entre les masses polaires, à l'intérieur de la couronne. Ces conducteurs, traversés par le courant normal et ainsi disposés au voisinage d'un pôle shunt, constituent une véritable demi-spire autour de ce pôle et apportent une perturbation d'autant plus considérable que celui-ci est moins excité.

Le phénomène est révélé par une commutation défectueuse sous les balais qui correspondent à ce pôle, alors qu'elle reste satisfaisante sous les autres frotteurs. On devra donc veiller à ce que les câbles disposés entre pôles, soient groupés par paires et traversés par des courants de sens opposés.

Moteurs à courants alternatifs. — Eu égard aux variétés de moteurs à courant alternatif que livre aujourd'hui l'industrie électrique, il convient d'établir une distinction immédiate entre les moteurs à collecteur et les moteurs sans collecteur. Chacune de ces deux catégories d'appareils est passible, à son tour, d'une nouvelle classification basée sur la nature des courants d'alimentation. La dernière, qui comprend les types de moteurs les plus répandus, doit, en outre, recevoir une nouvelle subdivision caractérisée par la *variabilité* (électromoteurs asynchrones) ou *l'invariabilité* (électromoteurs synchrones) de la *vitesse angulaire*.

Moteurs monophasés à collecteur. — Parmi les moteurs monophasés à collecteur qui ont été créés en ces dernières années, certains sont caractérisés par le groupement série des systèmes inducteur et induit (*moteurs série*); d'autres, sans liaison matérielle entre le stator et le rotor, sont basés sur des phénomènes d'induction mutuelle (*moteurs à répulsion*); d'autres enfin, résultent des deux dispositions précédentes (*moteurs genre Latour*).

Les caractéristiques les plus importantes du moteur série à courant continu en fonctionnement sur une plage très étendue de couple et de vitesse, sont parfaitement connues. Toutefois, ce type de moteur n'étant pas autorégulateur de vitesse, son emploi est limité aux charges invariables ou à celles pour lesquelles le dispositif de réglage de l'allure peut être constamment placé à la portée de l'opérateur.

Si l'application envisagée impose la réalisation d'une vitesse constante, on fait emploi, ainsi que nous l'avons rappelé, d'un moteur shunt complété d'un enroulement série de dimension convenable.

Le moteur d'induction à répulsion réalise cette combinaison des caractéristiques shunt et série, autrement dit, une *vitesse limitée* aussi bien qu'un *accroissement de couple* consécutif à une réduction de vitesse. Pour assurer l'effort nécessaire au démarrage, le moteur à répulsion comprend une armature à courant continu, placée dans un champ magnétique alternatif et court-circuitée entre deux lignes de balais convenablement calés. Pour réaliser la compensation du moteur, suivant le système *Latour*, un second jeu de balais dits *compensateurs*, orienté à 90° électrique des précédents, assure un champ de compensation auxiliaire, qui ajoute à l'armature une force électromotrice en phase avec la force électromotrice induite par le champ principal. En outre, dans le but d'assurer un facteur de puissance voisin de l'unité, sous toutes les charges, le champ compensateur est employé à limiter la vitesse maximum à vide, tandis qu'il favorise également, en régime variable, un léger excès de vitesse au-dessus du synchronisme.

En définitive, le moteur d'induction à répulsion compensé, est susceptible de fonctionner *au-dessus* comme *au-dessous* de la *vitesse synchrone*, et d'atteindre rapidement sa pleine vitesse en charge, sous fréquence et tension constantes. Il possède un *couple de démarrage énergique* (200 à 300 0/0 du couple de pleine charge), un *facteur de puissance* et des *rendements élevés* sous toutes les charges.

En outre, le courant qu'il absorbe, au démarrage comme en pleine charge, est, en raison du facteur de puissance, sensiblement inférieur à celui du moteur monophasé d'induction normal. Si, à titre d'exemple, nous comparons un moteur à *répulsion* de 3 chevaux à un moteur à *cage d'écureuil* d'égale puissance et d'égal rendement (77 0/0 à pleine charge), nous observons que, tandis que le facteur de puissance du premier est de 98 0/0, celui du second n'est pas supérieur à 80 0/0, de sorte que ces deux moteurs étant garantis pour développer un couple de démarrage avec un courant égal à 2 fois 1/4 le courant normal, le premier d'entre eux absorbera 31,5 ampères et le second 36,5 ampères.

Incidemment, cet exemple montrera que la détermination du choix d'un moteur, doit être basée sur la considération des *ampères vrais*, plutôt que sur le pourcentage du courant de démarrage en fonction de celui de pleine charge. C'est ainsi que, dans le cas ci-dessus et à égalité de couple au démarrage, le moteur à répulsion n'absorbera que les 87/100 du courant consommé par le moteur à cage.

Ce type de moteur, entièrement automatique, peut être directement branché sur le réseau sans intervention de rhéostat, d'accouplement ou de tout autre appareil auxiliaire. Sa capacité de surcharge et sa parfaite commutation le rendent particulièrement apte à la commande des appareils de réfrigération, compresseurs d'air, pompes et dispositifs similaires à flotteurs ou régulateurs de pression. En outre, il reste pratiquement indifférent aux fausses manœuvres résultant de la fermeture intempestive de l'interrupteur de ligne et supporte de puissantes surcharges sans étincelles nuisibles.

La compensation système *Latour*, est employée par les Ateliers de Jeumont, par la Compagnie française Thomson et par la Maschinenfabrik Oerlikon.

Moteurs synchrones monophasés et polyphasés. — Les moteurs synchrones ne sont autres que des alternateurs fonctionnant en récepteurs.

Si le courant d'alimentation est monophasé, le couple développé par la réaction d'armature sur les pôles inducteurs, est pulsatoire, de sorte que le *démarrage* doit être effectué à *vide* sous l'effet d'une *impulsion* mécanique *étrangère* dont le sens détermine le sens de rotation du moteur. La machine est reliée au réseau au moment où sa force électromotrice est égale en valeur efficace et opposée en phase, à la tension de service. La charge normale est appliquée dès que la machine a atteint le synchronisme.

L'uniformité de la vitesse résulte alors de l'inertie des

Digitized by Google

masses en mouvement. Si le couple résistant dépasse une certaine limite ou s'il est appliqué trop brusquement, la machine se décroche, autrement dit, elle tombe hors de phase et s'arrête.

Si les courants d'alimentation sont polyphasés, il devient possible de transmettre au moteur synchrone, une puissance électrique constante, autrement dit de supprimer les points morts provoqués par le courant monophasé. Indépendamment de l'avantage d'un *démarrage automatique à vide*, rendu seulement possible avec les machines de faible capacité, ce genre de moteur assure, comme le précédent, une vitesse invariable et un facteur de puissance élevée.

En résumé, le moteur synchrone est un moteur à courant alternatif dans lequel la marche stable n'est possible que si la *vitesse angulaire* est rigoureusement *constante* et indépendante de la charge : celle-ci ne dépassant pas toutefois une valeur limite au delà de laquelle la machine est passible de décrochage. Ses propriétés peuvent donc être résumées comme suit :

I. Vitesse rigoureusement constante, indépendante de la charge et réglée par la fréquence et le nombre de pôles ;

II. Décrochage en cas de surcharge ;

III. Sauf exception des moteurs polyphasés de capacité moyenne, impossibilité de démarrage même à vide, sans le secours d'une impulsion étrangère.

Moteurs asynchrones polyphasés à champ tournant. — Le principe de ces électromoteurs est basé sur la rotation de conducteurs électriques dans des champs magnétiques tournants, résultant de l'action combinée de plusieurs flux périodiques équidistants. La vitesse à vide par seconde, très sensiblement égale à celle du champ tournant, est déterminée par le rapport de la fréquence au nombre de paires de pôles. En charge, la vitesse est légèrement inférieure à celle du synchronisme ; le glissement de 3 à 5 0/0 produit, engendre, dans le bobinage du rotor, des courants induits à la faveur desquels se développe le couple moteur.

De ce que le couple au démarrage, augmente, dans une certaine mesure, avec la résistance des circuits induits, résulte la création de deux types de moteurs : *a) les moteurs à cage d'écureuil* (les conducteurs d'armature répartis à la périphérie du noyau feuilleté sont constitués par des barres de cuivre réunies à leurs extrémités au moyen d'anneaux de raccordement de même métal) ; *b) les moteurs à rotor bobiné* (l'enroulement d'armature comparable à celui d'une machine à courant continu, aboutit à des contacts tournants permettant l'intercalation d'un rhéostat auxiliaire propre à augmenter le couple de démarrage), caractérisés par un rendement élevé et un facteur de puissance qui peut atteindre 95 0/0 en charge.

En résumé, l'électromoteur asynchrone est un moteur à courants alternatifs, dans lequel la vitesse de la partie tournante n'est pas nécessairement liée à la période du courant d'alimentation. C'est donc un moteur à *vitesse variable* avec la charge, dans lequel l'allure maximum à vide correspond à la vitesse de synchronisme.

On notera que, si le moteur asynchrone d'induction est entraîné par sa charge à une *vitesse supérieure* à celle du *synchronisme*, il devient *générateur* et restitue de l'énergie électrique au réseau de distribution.

Digression sur l'emploi du moteur synchrone en concurrence avec le moteur asynchrone. — La généralisation du moteur à cage d'écureuil est due, ainsi que chacun sait, à la simplicité de sa construction, à sa robustesse, en même temps qu'à la facilité de son contrôle. Il convient de rappeler cependant, que l'intérêt du moteur d'induction est grandement subordonné à sa vitesse et que le moteur à allure lente, présente l'inconvénient primordial, d'un faible facteur de puissance qui s'exagère encore aux faibles charges.

Hormis les inconvénients inhérents au démarrage, le moteur synchrone, au contraire, s'accommode parfaitement des vitesses lentes en offrant par surcroît, et moyennant une légère dépense supplémentaire d'excitation, la facilité d'améliorer le facteur de puissance du réseau.

On conçoit donc aisément l'intérêt qu'il peut y avoir à y combiner judicieusement l'emploi de moteurs d'induction à grande vitesse, consommant un faible courant déwatté, de façon à assurer à la distribution, avec le bénéfice que l'on sait, un facteur de puissance sensiblement égal à l'unité.

Il est un point cependant sur lequel il convient d'insister : c'est la possibilité actuelle de réaliser des *moteurs synchrones dont les couples au démarrage*, développés au cours d'un fonctionnement auxiliaire en moteur d'induction, *sont supérieurs à ceux des moteurs à cage d'écureuil.*

Le couple offert par ces derniers ne peut, en effet, acquérir une valeur élevée, qu'à la condition de donner aux conducteurs composant la cage, une résistance suffisamment élevée, qui implique nécessairement une importante perte par effet Joule, un échauffement anormal, un fort glissement et un rendement défectueux.

Avec le moteur synchrone, au contraire, la cage d'écureuil utilisée au démarrage et fixée dans la partie statorique de la machine, n'est active que pendant le démarrage et le lancement jusqu'à l'accrochage. Dès lors, le moteur synchrone ainsi constitué, élimine, en régime, les inconvénients qui accompagnent le démarrage à fort couple, des moteurs d'induction.

Cependant, on remarquera qu'avec une telle disposition, la vitesse ultime acquise par la masse mobile, s'écarterait d'autant plus du synchronisme que la résistance de la cage serait plus élevée, et il conviendrait que cette résistance fût graduellement décroissante à mesure que l'allure s'accélère.

Cette condition est réalisée pratiquement, en remplaçant le cuivre des anneaux d'extrémité de la cage d'écureuil, *par un métal magnétique*, tel que le fer ou l'acier. La périodicité des courants induits décroissant à mesure que la vitesse augmente, la résistance ohmique diminue alors solidairement, par effet Kelvin.

Conformément aux conditions ci-dessus mentionnées, on remarquera d'ailleurs, que ce procédé, particulièrement approprié au moteur synchrone, n'offrirait qu'un médiocre avantage s'il était appliqué au moteur d'induction ordinaire, en raison de l'affaiblissement consécutif du facteur de puissance.

En résumé, il résulte de ce qui précède qu'en considération des derniers perfectionnements apportés au moteur synchrone, celui-ci peut être rendu apte à présenter, en plus de ses propriétés connues, quant au réglage du facteur de puissance et de ses caractéristiques de faible échauffement et de haut rendement, *un couple de démarrage élevé.* On notera donc qu'il est ainsi possible de répondre plus avantageusement qu'avec le moteur d'induction, à certaines applications particulières, malgré la sujétion imposée d'une source d'excitation indépendante.

Avant d'aborder l'examen des caractéristiques inhérentes à l'application de l'énergie électrique dans l'industrie, nous rappellerons les solutions les plus modernes de quelques problèmes spéciaux intimement liés à la conduite des électromoteurs.

Digitized by Google

CHAPITRE II

LE FREINAGE

A l'issue des premières applications du moteur électrique à la production de la force motrice, l'idée vint d'utiliser ce même moteur à l'absorption de la puissance et de le substituer au frein à friction employé dans certaines applications électromécaniques.

L'utilisation à cet effet, du moteur à courant continu est simple ; celui-ci, fonctionnant en générateur, restitue l'énergie électrique produite, au réseau ou à un rhéostat d'absorption. A *excitation constante*, le couple résistant engendré, dépend à la fois de la tension et du courant d'armature produits, autrement dit de la résistance en ohms du rhéostat. En définitive :

$$\text{Couple} = \frac{\text{constante} \times \text{vitesse du moteur}}{\text{résistance en ohms du rhéostat d'absorption}}.$$

Il résulte de là que, si le *couple* et le *flux* sont *constants*, la *vitesse* du moteur variera directement avec la *résistance* du rhéostat ; de même que si le *couple* et la *résistance* demeurent *invariables*, la *vitesse* du moteur restera *réglable* par l'excitation. Si, enfin, on se propose de maintenir un *couple constant* avec une *vitesse arbitraire*, la *résistance* du rhéostat devra *varier* proportionnellement au nombre de tours du moteur.

Le couple résistant engendré par un *moteur-frein* est généralement utilisé soit à retenir un fardeau en descente (appareils de levage), auquel cas le *couple* est *constant* quelle que soit la vitesse ; soit à absorber l'énergie potentielle emmagasinée dans un système de masses mobiles (tramways, machines-outils), et le *couple* présente alors une valeur *arbitraire*. On remarquera que si la vitesse du moteur est en décroissance continue, le couple résistant diminuera solidairement, à moins que la résistance du rhéostat ne soit liée à la vitesse d'armature. En d'autres termes, pour obtenir un couple réactif uniforme malgré le ralentissement, il conviendra que la résistance du rhéostat soit commandée par le controller.

Bien que les considérations ci-dessus n'intéressent que le moteur à courant continu, une adaptation analogue est applicable au *moteur d'induction à rotor bobiné*. A cet effet, il suffit d'exciter sous tension continue, une portion de l'enroulement primaire et de relier au secondaire le rhéostat régulateur de vitesse.

Toutefois, l'extension de cette propriété au moteur d'induction, est restreinte par trois considérations importantes.

Il convient, en effet, de noter tout d'abord que le couple exercé par un tel frein, est inférieur à celui que développe le fonctionnement normal, car ce couple dépend de la valeur de l'excitation à courant continu et, à des effets mécaniques égaux dans les deux cas, correspondrait une surexcitation et, corollairement, un échauffement exagérés.

En second lieu, le couple de freinage devient excessivement faible dès que la vitesse acquiert des valeurs inférieures à 25 0 0 de celle du synchronisme.

Enfin, si l'on imprime au rhéostat régulateur, une manœuvre brusque en vue de modifier la vitesse du moteur en fonctionnement à vive allure et à forte charge (grues de levage), le couple faiblit et l'appareil devient susceptible d'abandonner le fardeau.

Il importe donc que le rhéostat soit manœuvré lentement, par plots judicieusement répartis. D'ailleurs, on remarquera que cette limitation devient sans danger si le moteur est utilisé à l'absorption de l'énergie, puisqu'il en résultera, au plus, une efficacité moins satisfaisante du frein.

Un procédé propre à améliorer le fonctionnement du moteur-frein d'induction et à l'égaler à celui du frein à courant continu, consiste à conjuguer ce moteur à une génératrice série à courant continu et basse tension, de capacité suffisante pour porter le couple à toute valeur prédéterminée et utilisée à exciter le moteur d'induction. Le contrôle d'un tel arrangement appliqué à la descente d'un fardeau, consistera à relier l'alternomoteur au circuit d'alimentation, de telle sorte qu'il fonctionne à récupération en génératrice d'induction, pour toute vitesse supérieure au synchronisme, les deux machines étant conjuguées comme il est dit ci-dessus, pour toute vitesse inférieure.

Une question qui se pose fréquemment au cours de ce genre d'applications, réside dans la capacité nominale qu'il convient de spécifier pour la machine employée à la double fonction de moteur et de frein.

A cet égard, il est évident que si la fonction *moteur* comporte de fréquents à-coups (presses à imprimer, tours ordinaires, etc.), la machine dimensionnée pour répondre à ce service, satisfera *a fortiori* aux conditions du freinage.

Par contre, certains travaux de levage ou de traction, nécessiteront exceptionnellement une légère augmentation de la capacité du frein par rapport à celle du moteur. L'exemple typique suivant, montrera dans quelle mesure la seconde des deux fonctions mentionnées, est susceptible d'affecter la capacité du moteur employé.

Soit le cas d'une grue électrique *dont le moteur* est appliqué à la fermeture, au levage et à l'ouverture d'une benne automatique à charbon, *et le frein*, à la descente de la benne vide, les constantes mécaniques de l'appareil étant les suivantes :

Durée de fermeture, 8 secondes ;
Puissance développée pour cette opération : 1/2 puissance de levage ;
Poids utile : 4.500 kilogrammes ;
Poids de la benne vide : 6.800 kilogrammes ;
Vitesse de levage : 1m,20 par seconde ;
Vitesse de descente : 1m,50 par seconde ;
Rendement mécanique à la montée : 87,5 0/0.

Imaginons que, pour répondre à ce problème, nous ayons à faire choix de l'un des trois moteurs série suivants : 180 chevaux, 136 chevaux et 90 chevaux, et que nous adoptions le second de ces appareils. Admettons, en outre, que l'élévation de température reste la même, que la machine travaille suivant le cycle ci-dessus ou sous une charge continue de 136 chevaux.

Digitized by Google

Le bilan des opérations précédentes est indiqué dans le tableau ci après :

	DURÉE en SECONDES	PUISSANCE en CHEVAUX	COUPLE en KILOGRAMMÈTRES
Fermeture	8	104	140
Accélération	2	233	480
Levage à pleine vitesse	11	208	410
Ouverture	5	50	45
Descente	9,30	120	186
Ralentissement	1,30	233	480
Repos	13	0	0
	50		

En supprimant la phase de freinage, le calcul montre que le moteur atteindrait une température égale à celle qui résulterait d'une charge continue de 97 chevaux. Cette phase implique donc, *quant à l'échauffement*, une augmentation de capacité de 40 0/0. Toutefois on observera, à l'issue de cette première conclusion, que, même soulagé du freinage, le moteur de capacité immédiatement inférieure serait insuffisant puisque, spécifié pour 90 chevaux continus, il est, par conséquent, inapte à des pointes de charge de 233 chevaux.

On conçoit donc, d'après l'exemple choisi, que le freinage, auquel correspond *théoriquement* un accroissement de la capacité du moteur, ne provoque pratiquement aucune dépense supplémentaire, puisque cet accroissement s'impose par des considérations inhérentes au fonctionnement en moteur.

Il va de soi que, dans bien des cas, des conclusions toutes différentes pourront résulter de l'examen du problème posé. C'est ainsi que, dans l'hypothèse d'un cycle légèrement plus important, caractérisé par une puissance de 145 chevaux continus par exemple, la machine de 136 chevaux envisagée, adéquate à la marche en moteur, deviendrait insuffisante à assurer les phases de freinage et un moteur plus important serait nécessaire.

On remarquera incidemment (*fig.* 2) que la quantité d'électricité employée au ralentissement d'un fardeau est inférieure à celle qui est absorbée à l'accélération. Cette différence s'explique par le fait que l'énergie représentée par les ampères-secondes employés à la descente, est égale à l'énergie représentée par les ampères-secondes employés à la montée, diminuée des pertes électriques et mécaniques du système.

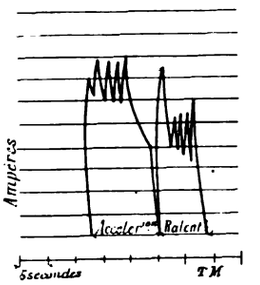


FIG. 2. — Courbe des quantités d'électricité inhérentes à l'accélération et au ralentissement d'un fardeau.

Plusieurs avantages résultent de l'emploi du frein dynamique et rendent son application indispensable aux appareils de levage, principalement lorsque le moteur est susceptible d'assurer à la fois les deux fonctions mentionnées, sans modification de sa puissance nominale. Outre l'intérêt présenté par la suppression du frein à friction, tant au point de vue de la manœuvre qu'à celui de la dépense, l'avantage du moteur-frein se justifie par la précision de son contrôle. Dès qu'un fardeau est en descente, sa vitesse est entièrement déterminée par la résistance du rhéostat d'absorption ; autrement dit, à chaque cran du controller, correspond une vitesse parfaitement définie qui assure à ce genre de manœuvre toute la sécurité désirable.

Nous signalerons enfin, à la faveur de cette disposition, la possibilité d'adapter la commande automatique sur une ou plusieurs machines à la fois, adaptation que seul, le moteur électrique rend possible.

Digitized by Google

CHAPITRE III

LE DÉMARRAGE

Moteurs à courant continu (*fig.* 3). — Si, dans un moteur à courant continu, nous désignons par :

V, la tension constante aux bornes du moteur;
E, la force contre-électromotrice;
I_a, le courant absorbé;
R_a, la résistance ohmique de l'induit;
Φ_p, le flux inducteur;
N, la vitesse en nombre de tours par unité de temps;
n, le nombre de conducteurs de l'induit,

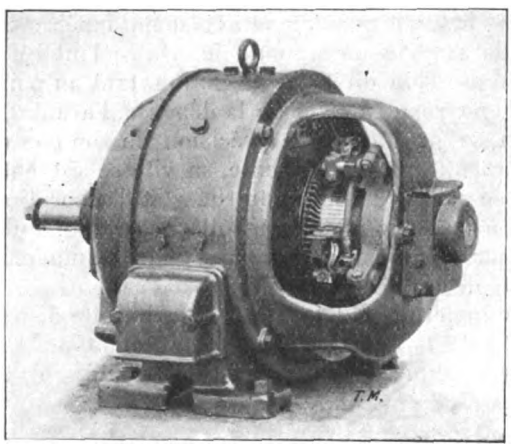


Fig. 3. — Moteur à courant continu (type ouvert).

les deux formules fondamentales de fonctionnement sont :

$$E = Nn\Phi_p, \quad (1)$$

$$V - E = R_a I_a. \quad (2)$$

De l'équation (2) nous tirons :

$$I_a = \frac{V - E}{R_a}, \quad (3)$$

c'est-à-dire, en tenant compte de la valeur de E donnée par l'équation (1) :

$$I_a = \frac{V - Nn\Phi_p}{R_a}. \quad (4)$$

Ces expressions déterminent les conditions de marche du moteur.

Au démarrage, la vitesse N = O, donc :

$$Nn\Phi_p = 0,$$

et le courant absorbé a pour valeur :

$$I_d = \frac{V - 0}{R_a} = \frac{V}{R_a}.$$

Or la résistance de l'induit R_a est extrêmement faible; de sorte que, si l'on branchait l'induit sur la tension V, sans autres précautions, l'intensité I_d mise en jeu grillerait la machine.

Il est donc nécessaire d'intercaler, pendant le démarrage, une résistance R_d en série avec l'induit et susceptible de limiter le courant absorbé à une valeur convenable.

On a alors :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_d}. \quad (5)$$

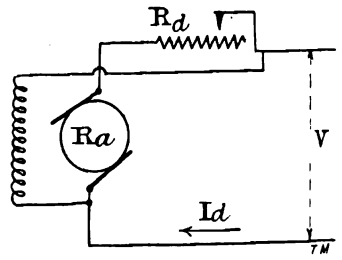


Fig. 4 — Schéma de montage d'un rhéostat de démarrage sur un moteur shunt à courant continu.

La résistance R_d est généralement calculée de façon à limiter le courant de démarrage à 1,5 à 2 fois le courant normal.

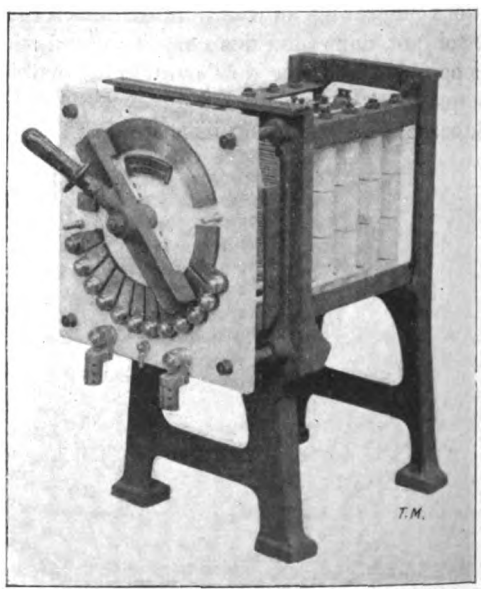


Fig. 5. — Démarreur simple pour moteur à courant continu.

Soit, par exemple, un moteur série alimenté sous 500 volts, consommant 50 ampères en service normal, et dont la résistance d'induit $R_a = 0{,}2$ ohm. Dans l'hypothèse où les conditions de démarrage imposeraient l'introduction d'un courant de 100 ampères, la résistance du rhéostat R_d devrait être telle que :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_d} = \frac{500}{0{,}2 + R_d} = 100 \text{ amp.},$$

d'où :

$$R_d = 4{,}80 \text{ ohms}.$$

Digitized by Google

Nous donnons en figure 5, la reproduction photographique d'un démarreur simple pour moteur à courant continu.

Modes de montage d'un rhéostat de démarrage. — 1° MOTEUR SÉRIE. — Le montage d'un rhéostat sur moteur série est extrêmement simple. Il s'effectue conformément au schéma de la figure 6, dans lequel le rhéostat, les inducteurs, et l'induit sont branchés en série sur la tension d'alimentation V.

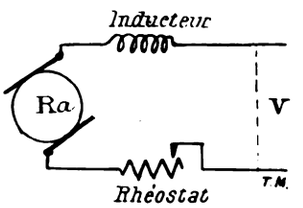


FIG. 6. — Schéma de montage d'un rhéostat de démarrage sur moteur série.

2° MOTEUR SHUNT. — Avec le moteur shunt, certaines précautions deviennent indispensables. Il importe, en effet, que le rhéostat, disposé en série avec l'induit, n'influence pas le courant inducteur et, à cet égard, un montage tel que celui de la figure 8 serait défectueux.

En effet la résistance ohmique du rhéostat R étant égale à 25 à 30 fois celle de l'induit, la chute de tension entre *a* et *b* est de 25 à 30 fois supérieure à la différence de potentiel entre *b* et *c*. Celle-ci ne développe donc, dans le circuit d'excitation, qu'un courant extrêmement faible, et le flux inducteur devient insuffisant pour assurer le couple de démarrage.

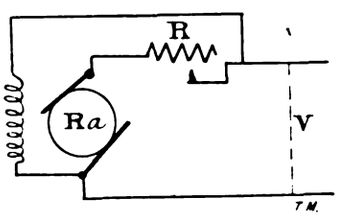


FIG. 7. — Schéma correct de montage d'un rhéostat de démarrage sur moteur shunt.

Par contre le schéma correct de la figure 7, montre que dès la mise en circuit du moteur, la tension totale du réseau est appliquée aux bornes des enroulements inducteurs.

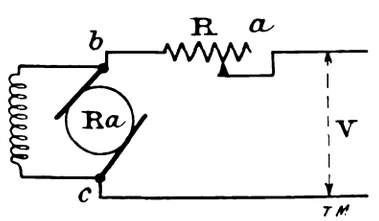


FIG. 8. — Montage défectueux du rhéostat de démarrage d'un moteur shunt.

Dans le but d'atténuer les effets de self-induction qui se produisent dans les bobines inductrices, il est recommandable d'exciter en premier lieu ces enroulements, en y lançant un courant d'intensité progressivement croissante.

On lance ensuite le courant dans l'induit, en intercalant tout d'abord la résistance totale du rhéostat, puis en supprimant graduellement cette résistance, à mesure que le moteur approche de sa vitesse de régime.

Après un fonctionnement prolongé, il n'est pas rare de constater un accroissement de la vitesse initiale du moteur. Ce phénomène s'explique par ce fait que la résistance des inducteurs, minimum au démarrage, augmente par l'échauffement de ces enroulements. Le courant d'excitation et le champ diminuent consécutivement, jusqu'à ce que les bobines inductrices aient acquis leur température de régime, laquelle n'est généralement atteinte qu'après plusieurs heures de fonctionnement.

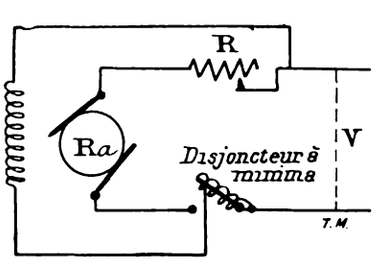


FIG. 9. — Schéma de montage d'un moteur shunt avec disjonction à minima d'excitation.

Pratiquement, on corrige cette lente accélération, au moyen d'un rhéostat intercalé en série dans le circuit d'excitation.

Précautions auxquelles donne lieu l'excitation d'un moteur shunt. — Dans un moteur shunt, il est toujours à craindre qu'un fil d'excitation généralement de faible section, ne se rompe par échauffement. Dans cette éventualité, le circuit d'excitation étant rompu, le flux $\Phi_p = 0$, et l'équation (6) devient :

$$N = \frac{V - R_a I_a}{n > 0} = \frac{V - R_a I_a}{0} = \infty.$$

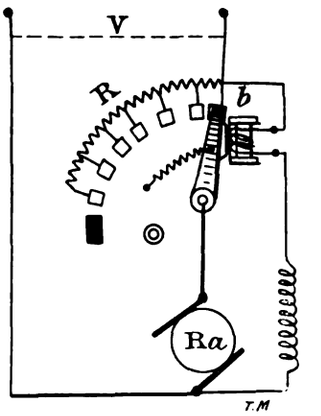


FIG. 10. — Démarreur avec interrupteur automatique en cas de rupture d'excitation.

La vitesse croît indéfiniment, le moteur s'emballe. Il devient donc nécessaire, dans ce cas, de supprimer, à l'aide d'un appareil spécial, le courant sur l'induit. On arrive facilement à ce résultat en insérant, en série avec les inducteurs (*fig.* 9), la bobine d'un disjoncteur à minima. De la sorte, si le courant d'excitation vient à manquer, le disjoncteur fonctionne et coupe le courant principal. Ce disjoncteur est généralement combiné au rhéostat de démarrage qui affecte alors, la disposition représentée en figure 10. La manette du démarreur tend à être rappelée par un ressort, vers un plot isolant sur lequel le circuit principal est ouvert. Dans la position de la figure, la manette est maintenue par l'attraction d'une bobine *b* parcourue par le courant d'excitation. En cas de rupture de ce courant, la manette est attirée vivement sur le plot isolant et le circuit principal est ouvert.

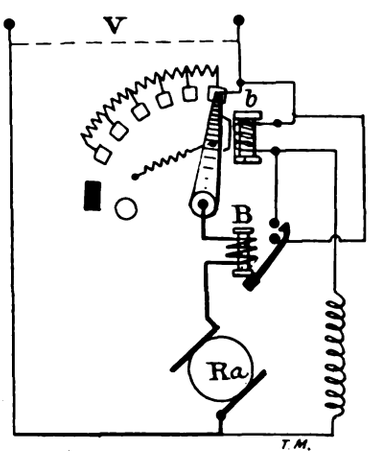


FIG. 11. — Démarreur à déclenchement automatique à maxima et minima.

Afin de protéger le moteur contre les surcharges, on ajoute souvent au dispositif de déclenchement que nous venons de décrire, une disjonction à maxima schématisée en figure 11.

FIG. 12. — Vue schématiquement de l'appareil représenté en figure 11.

Dès que le courant principal atteint une valeur dangereuse, une bobine B, parcourue par le courant principal (courant d'induit), attire une palette de fer doux qui vient court-circuiter la bobine fil fin *b*. L'attraction de la manette n'étant plus assurée, celle-ci est rappelée sur le plot isolant. L'aspect extérieur d'un tel démarreur est représenté en figure 12.

Digitized by Google

On remarquera qu'avec le moteur série. un accident de rupture de l'excitation, n'a pas d'effets fâcheux puisque, par le fait du montage série, le courant d'excitation s'identifie au courant principal. Il suffit, pour protéger un tel moteur, de brancher, sur le circuit d'alimentation, un disjoncteur à maximum d'intensité ou des fusibles.

3° Moteur compound. — Le moteur compound est une combinaison du moteur shunt et du moteur série. Le moteur série s'emballe lorsque le couple diminue ; le moteur shunt, au contraire, offre à vide, une vitesse bien déterminée.

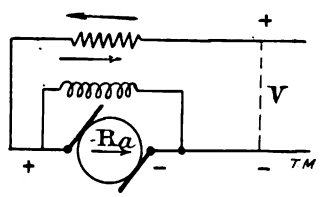


Fig. 13. — Schéma de montage d'un moteur compound à flux différentiel.

En conséquence, pour obtenir une vitesse constante sous toutes les charges, on utilise un moteur shunt, dont on décale les balais en arrière, de manière à produire une réaction d'induit suffisante pour maintenir la vitesse sensiblement constante, ou encore un moteur shunt auquel on ajoute aux bobines inductrices quelques spires en série avec l'induit (*fig.* 13), dans un sens tel que le flux *série* soit opposé au flux *dérivation*. On a alors un moteur *compound à flux différentiel.*

L'équation (6) devient :

$$N = \frac{V - R_a I_a}{n(\Phi_{shunt} - \Phi_{série})}.$$

A mesure que I_a augmente, $\Phi_{série}$ augmente, le dénominateur $(\Phi_{shunt} - \Phi_{série})$ diminue, et la vitesse N tend à s'élever à mesure que la charge augmente.

Les spires série peuvent être enroulées de telle façon que les flux s'ajoutent ; on a alors un *moteur compound à flux totalisé* (*fig.* 14). L'expression de la vitesse devient :

$$N = \frac{V - R_a I_a}{n(\Phi_{shunt} + \Phi_{série})}.$$

Lorsque le moteur compound à flux totalisé tourne à vide, le flux $\Phi_{série}$ est faible, Φ_{shunt} est maximum et il fonctionne en moteur shunt. Au contraire, aux fortes charges, l'enroulement série produit un flux $\Phi_{série}$ d'autant plus élevé que la charge est plus considérable : le moteur a donc tendance à fonctionner en moteur série.

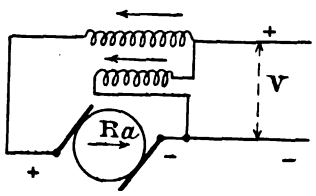


Fig. 14. — Moteur compound à flux concourants.

De ce que la vitesse diminue lorsque le couple résistant augmente, résulte pour ce moteur, la propriété de vaincre de grands efforts avec une dépense d'énergie inférieure à celle à laquelle donnerait lieu un appareil non compoundé.

Démarrage du moteur compound. — Le moteur compound exige, comme les précédents, l'emploi d'un rhéostat de démarrage en série avec l'induit. Il nécessite supplémentairement, un dispositif spécial permettant de supprimer momentanément l'excitation série ou d'en inverser le sens dans le cas du moteur à excitation différentielle, afin d'assurer au démarrage, l'application de la totalité du champ shunt.

Moteurs à courant alternatif. — 1° ***Moteur monophasé à collecteur.*** — Le démarrage des moteurs monophasés à collecteur s'effectue très simplement en fermant l'interrupteur du stator et en déplaçant, s'il y a lieu, les balais sur le collecteur.

2° ***Moteur asynchrone monophasé.*** — Le moteur monophasé asynchone ordinaire présentant un couple nul au repos, n'est susceptible de démarrer sans artifices spéciaux.

Avec les moteurs de faible puissance, il suffit d'imprimer au rotor une impulsion initiale dans le sens normal de rotation et de fermer l'interrupteur du stator ; le moteur acquiert de lui-même la vitesse de synchronisme.

Lorsque le moteur monophasé est employé à l'entraînement d'une dynamo à courant continu branchée en quantité avec une batterie d'accumulateurs, le démarrage du groupe est, le plus souvent, effectué en utilisant le courant de la batterie pour actionner en moteur la dynamo du groupe.

Dès que la vitesse de synchronisme est sensiblement atteinte, on ferme sur le réseau, l'interrupteur du stator de l'électromoteur monophasé.

Avec les moteurs de moyenne puissance, on emploie deux enroulements inducteurs, l'un appelé enroulement principal, l'autre, enroulement de *démarrage*. L'enroulement de *démarrage* reçoit alors un courant alternatif décalé par rapport à celui de l'enroulement principal. Ce décalage est obtenu à l'aide d'une self-induction et d'une résistance ohmique et les deux courants ainsi diphasés, produisent en se composant dans le stator, un champ tournant suffisant pour assurer le démarrage à vide.

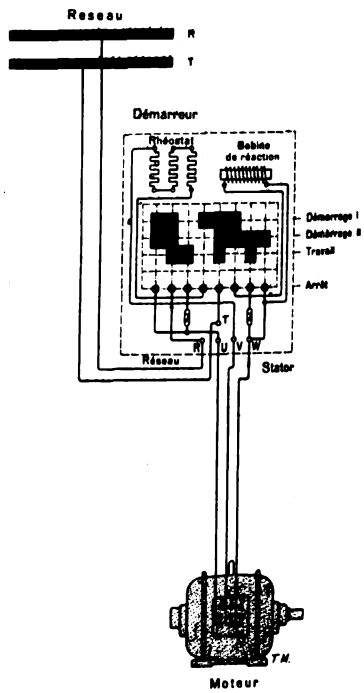


Fig. 15. — Schéma de montage d'un moteur asynchrone monophasé.

La figure 15 reproduit le schéma de montage d'un moteur monophasé Brown-Boveri en court-circuit, avec démarreur à trois positions. Dans la position mentionnée *démarrage* 1, le courant est lancé dans l'enroulement principal et dans l'enroulement auxiliaire, à travers la résistance ohmique et la bobine de réactance. Dans la position mentionnée *démarrage* 2 la résistance ohmique est déconnectée et la bobine de réactance placée en court-circuit. Enfin, dans la position de *travail*, l'enroulement de démarrage est hors circuit et le moteur est en ordre de marche.

3° ***Moteurs asynchrones polyphasés.*** — Parmi les électromoteurs à courants alternatifs, ce type d'appareils est, aujourd'hui, le plus répandu dans l'industrie pour ses qualités mécaniques et électriques. Ainsi que nous l'avons signalé au cours des généralités précédentes, il peut être divisé en :

Moteurs à induit en court-circuit ou en cage d'écureuil;
Moteurs à induit bobiné à bagues et résistances extérieures.

Moteurs a induit en court-circuit (*fig.* 16). — Ces moteurs peuvent être mis en marche par simple fermeture de l'interrupteur du stator, à condition toutefois, que les prescriptions

Digitized by Google

du secteur ou que l'importance de l'installation, permettent l'appel du courant de démarrage, qui atteint environ de 5 à 6 fois le courant normal.

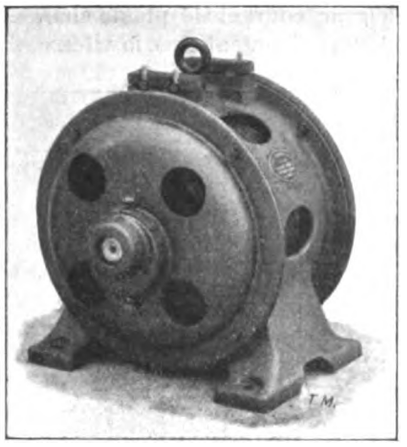


Fig. 16. — Moteur triphasé à induit en court-circuit.

Quoi qu'il en soit, le couple de démarrage est faible et il convient, par l'emploi d'embrayages ou de poulies folles, de procéder au lancement du moteur *à vide*.

Lorsque l'à-coup de courant provoqué par le démarrage et qui atteint, ainsi que nous l'avons dit, 5 à 6 fois l'intensité normale, est reconnu inadmissible, il est fréquent d'assurer la mise en marche sous tension réduite, en utilisant un couplage en **étoile** (pour le démarrage)

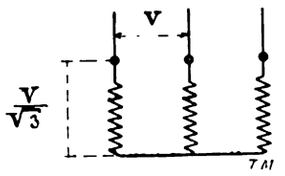


Fig. 17. — Couplage en étoile.

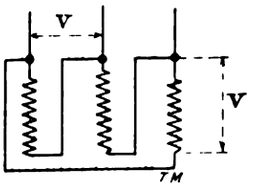


Fig. 18. — Couplage en triangle.

(*fig.* 17), puis en **triangle** (en fonctionnement normal) (*fig.* 18), des enroulements de stators triphasés (*fig.* 19). De la sorte, le moteur démarre avec un courant qui n'excède pas 1 fois 1/2 à 2 fois le courant de régime, mais en développant un couple qui n'est pas supérieur à 40 0/0 du couple normal.

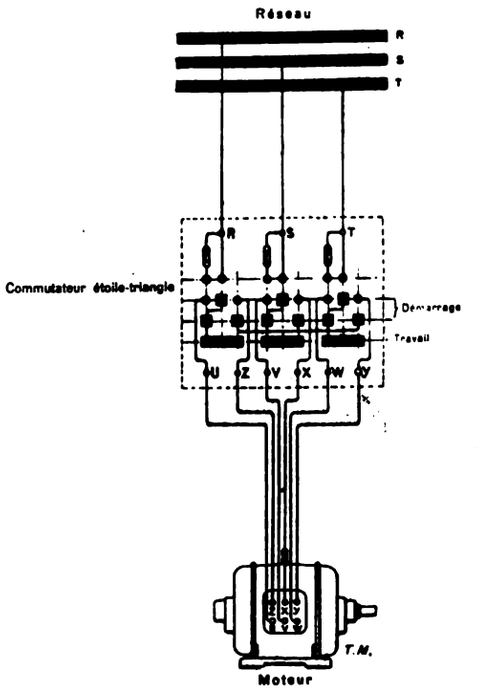


Fig. 19. — Schéma de montage d'un commutateur étoile triangle.

Le dispositif de démarrage étoile - triangle n'est généralement appliqué qu'à des moteurs dont la capacité n'excède pas 40 chevaux. Pour les puissances supérieures, le démarrage est également pratiqué sous une tension réduite, prélevée aux bornes d'un auto-transformateur désigné, pour cette application, sous le nom de **compensateur de démarrage**.

Compensateurs de démarrage pour moteurs à induit en court-circuit. — Le compensateur de démarrage n'est autre qu'un transformateur à une bobine par phase, placé entre le stator du moteur et le réseau. Il permet, comme l'indique la figure 20, d'obtenir, aux bornes du moteur, une tension *e* inférieure à la tension de ligne E.

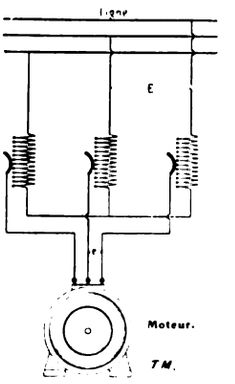


Fig. 20. — Montage d'un compensateur de phase sur un moteur en court-circuit.

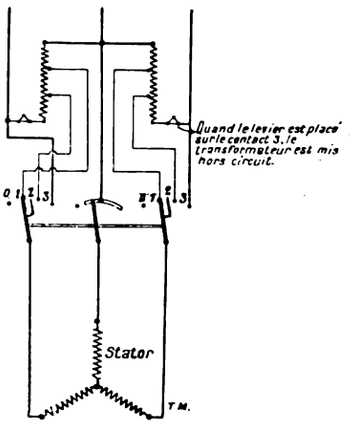


Fig. 21. — Schéma de montage d'un auto-transformateur de démarrage sur un moteur triphasé à induit en court-circuit.

On remarquera que, quel que soit le nombre de phases du circuit de distribution, le compensateur peut être construit avec deux enroulements uniques, conformément au schéma de la figure 21.

Enfin, lorsque le moteur est alimenté par un transformateur abaisseur de tension, ce dernier est utilisé au démarrage, pour fournir la tension réduite convenable. Il est pourvu, à cet effet, de prises supplémentaires reliés aux différentes touches d'un commutateur servant à la fois d'interrupteur principal (*fig.* 22).

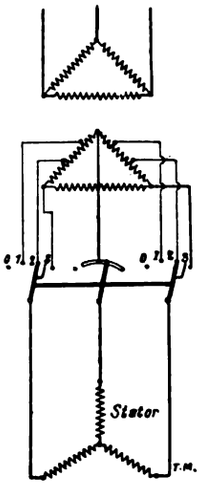


Fig. 22. — Schéma de montage d'un transformateur abaisseur de tension servant de transformateur de démarrage.

La construction des compensateurs de démarrage et de leurs commutateurs, s'exécute normalement pour des tensions de service atteignant 6 000 volts et pour des puissances de 1200 HP.

Les puissances maxima prévues actuellement sont, en fonction des tensions, approximativement les suivantes :

500 HP environ, jusqu'à 500 volts;
800 HP environ, jusqu'à 2 000 volts;
1200 HP environ, jusqu'à 6 000 volts.

Les courbes de la figure **23** représentent, à titre d'exemple, les conditions de démarrage d'un moteur de 350 HP à 6 000 volts et 40 périodes, construit par la Société Brown-Boveri. Ce moteur, à axe horizontal, est directement accouplé à une pompe centrifuge dont la vanne est maintenue fermée au démarrage. Les intensités en ampères mentionnées sur la figure 23 correspondent au courant fourni par le réseau.

On observera que le compensateur ne peut être utilisé pour diminuer le courant maximum de mise en marche, qu'en réduisant simultanément le couple de démarrage ; en d'autres termes, un moteur avec induit en court-circuit, qui doit déve-

Digitized by Google

lopper au démarrage son couple maximum, absorbera sur le réseau une intensité de courant qui sera sensiblement la

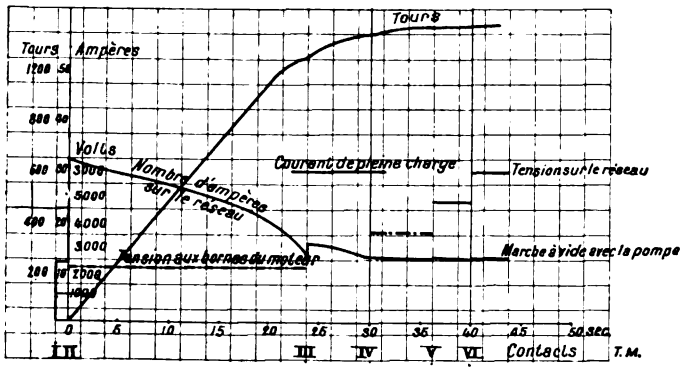


Fig. 23. — Diagramme du démarrage avec compensateur, d'un moteur de 350 chevaux, 6 000 volts, 40 périodes.

même, qu'un compensateur soit placé ou non, entre le réseau et le moteur.

C'est ce que montrent les diagrammes A et B (*fig.* 24 et 25), prélevés sur un moteur de 8 chevaux à 1 450 tours

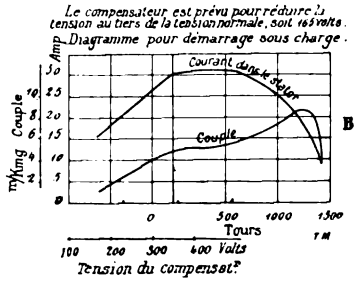


Fig. 24. — Moteur asynchrone avec induit en court-circuit et compensateur.

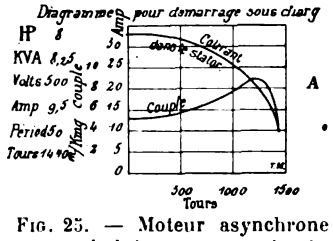


Fig. 25. — Moteur asynchrone avec induit en court-circuit, sans compensateur.

sous 500 volts, dont les conditions de démarrage ont été observées en A sans compensateur et en B avec emploi de compensateur. On constate alors, dans les deux cas, le même inconvénient d'un courant de démarrage élevé pour un couple développé relativement faible.

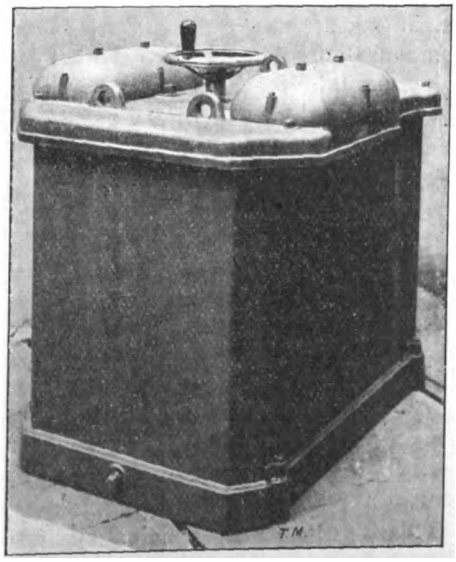


Fig. 26. — Compensateur de démarrage dans l'huile à déclenchement automatique à maxima d'intensité et minima de tension (vu dans sa cuve).

On remarquera toutefois que, tandis qu'en A, l'intensité de mise en marche est atteinte brusquement, au détriment de la régulation du réseau, elle est au contraire acquise progressivement en B, atténuant ainsi les perturbations apportées aux services d'éclairage répartis sur la ligne.

Pour les raisons qui viennent d'être décrites, les moteurs à induit en court-circuit, combinés aux transformateurs de démarrage, sont généralement construits pour développer initialement un couple égal à 15 0/0 du couple normal, sans absorber un courant supérieur au courant de pleine charge. D'ailleurs le couple augmentant rapidement avec la vitesse, il devient possible de réaliser, avec le moteur à induit en court-circuit, la commande de pompes rotatives, de ventilateurs et machines similaires, dont le couple résistant croît comme le carré du nombre de tours. Ce même type de moteur, par sa simplicité et l'absence de tout frotteur, trouve une application étendue dans les mines grisouteuses pour lesquelles on construit alors, en conjugaison avec cet engin, des compensateurs de démarrage parfaitement hermétiques dont les figures 26 et 27 offrent la vue intérieure et extérieure.

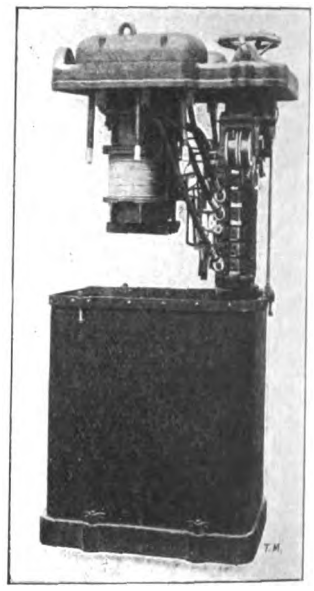


Fig. 27. — Compensateur de démarrage sorti de sa cuve.

Moteurs avec induit a phases bobinées et résistance tournante (*fig.* 28). — La construction du stator de ces moteurs est semblable à celle des moteurs à induit en court-circuit, à l'exception d'une des flasques latérales développées pour recevoir la résistance tournante entre l'induit et le palier (*fig.* 29 et 30).

Pour démarrer un tel moteur, on s'assure préalablement que le bouton de bout d'arbre est complètement tiré vers

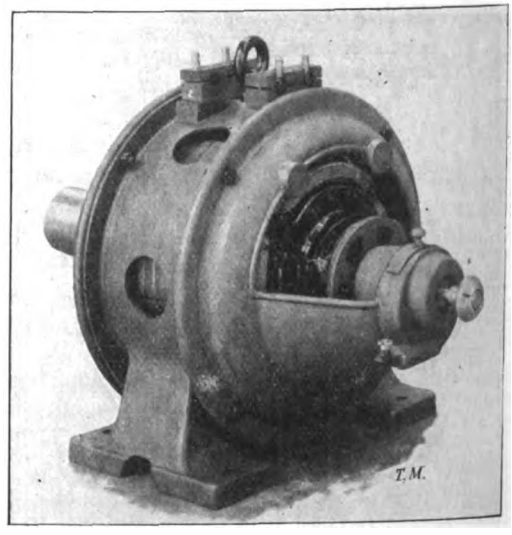


Fig. 28. — Moteur asynchrone triphasé à résistance tournante (système Alioth).

l'extérieure (résistance en circuit). Ceci fait, on ferme l'interrupteur du stator et le moteur se met en marche. Lorsque, après quelques secondes, il a atteint sa vitesse normale, on pousse à fond le bouton d'extrémité, opération qui place la résistance auxiliaire en court-circuit (*fig.* 31).

Les moteurs à résistance tournante, sont susceptibles de démarrer en charge avec un courant de démarrage ne dépassant pas 1 fois et demie le courant normal. Leur mise en

Digitized by Google

marche graduelle permet de les installer sur des réseaux où la tension doit être maintenue rigoureusement constante.

Afin d'éviter la manœuvre du bouton de mise en court-circuit de la résistance tournante, certains constructeurs (Legendre, Brown-Boveri, etc.) ont rendu cette opération automatique par le jeu d'un coupleur centrifuge (*moteurs à résistance tournante à coupleur*).

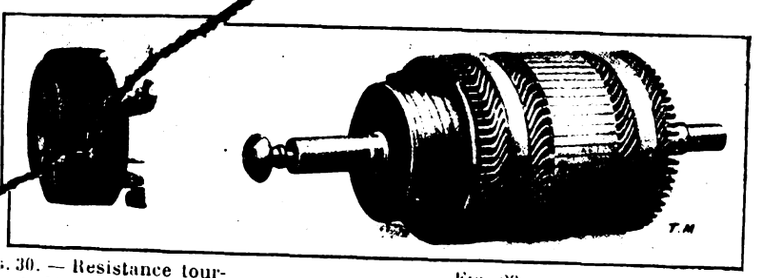


Fig. 30. — Résistance tournante démontée de l'induit.

Fig. 29. Induit avec sa résistance tournante.

Si nous examinons les propriétés caractéristiques de ces moteurs au point de vue du courant et du couple au démarrage, du rendement et du décalage, nous observons, avec mise en marche en deux temps, des résultats qui montrent clairement que, pour un même courant absorbé au stator, le couple développé au démarrage, est de beaucoup supérieur à celui d'un moteur à induit en court-circuit.

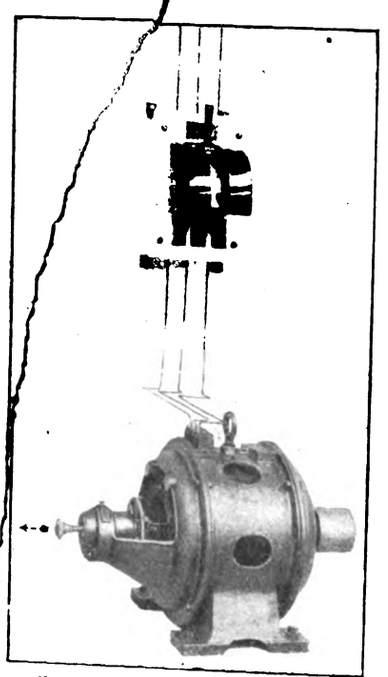


Fig. 31. — Montage d'un moteur à résistance tournante (position de marche).

La figure 32 représente les caractéristiques de démarrage comparatives d'un moteur à résistance tournante et d'un moteur à induit en court-circuit avec compensateur et dimensionné pour fournir le même couple initial. Il résulte de cette comparaison que, malgré l'intervention du compensateur, le courant absorbé par le moteur à induit en court-circuit est d'environ 30 ampères pour un couple de démarrage de 5 kilogrammètres environ, correspondant sensiblement au couple normal du moteur. Pour développer le même couple, le moteur à résistance tournante n'absorbe que 13 ampères, soit moins de la moitié.

La courbe montre, en outre, que le couple du moteur à induit en court-circuit croît avec la vitesse, jusqu'à un maximum qui est environ le double du couple normal du moteur, puis diminue rapidement vers le synchronisme.

Par contre, le couple du moteur à résistance tournante, augmente au début plus rapidement pour diminuer ensuite légèrement; à la seconde période du démarrage, c'est-à-dire l'induit en court-circuit, le couple augmente rapidement jusqu'à un maximum égal au double environ du couple normal, puis diminue très vite.

Les variations du courant absorbé dans le stator des deux moteurs ressortent également de la figure 32.

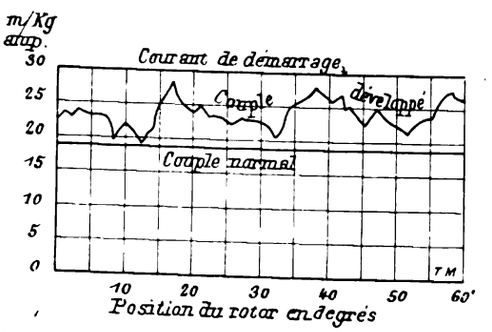


Fig. 33. — Courbes du courant de démarrage et du couple d'un moteur asynchrone à induit à bagues, de 25 chevaux, 1 000 tours.

La comparaison de ces courbes caractéristiques de démarrage montre également d'une façon très nette la supériorité du moteur à résistance tournante par rapport au moteur à induit en court-circuit avec compensateur quant aux conditions de démarrage, bien que son rendement soit un peu moins satisfaisant.

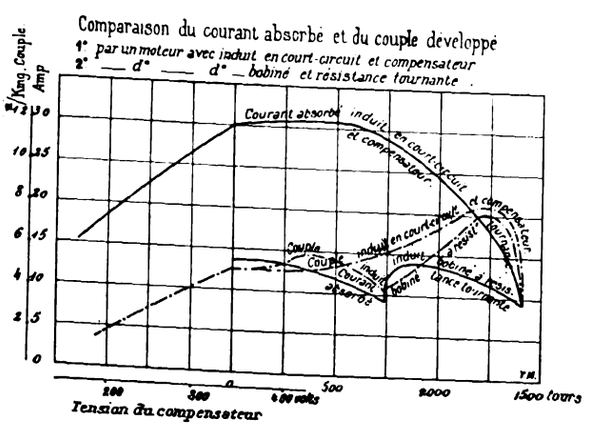


Fig. 32. — Diagrammes relatifs à des moteurs de 8 HP 500 volts, 50 périodes, 1 440 tours en charge.

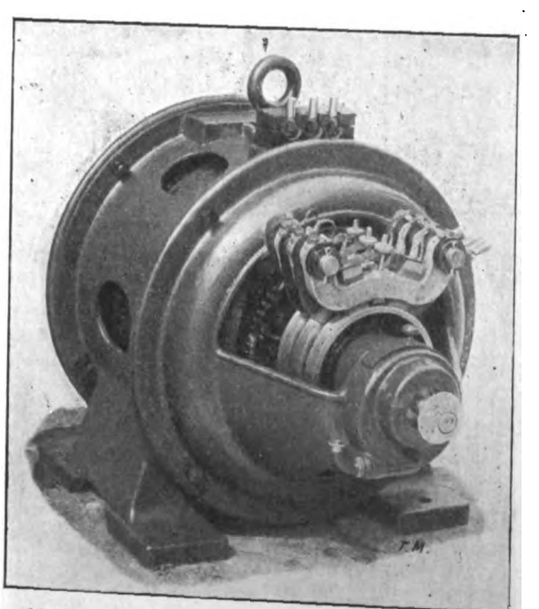


Fig. 34. — Moteur asynchrone triphasé à induit à bagues avec balais en charbon non relevables.

Moteurs avec induit bobiné a bagues. — Le moteur asyn-

Digitized by Google

chrone à induit bobiné à bagues est de beaucoup le plus ré-

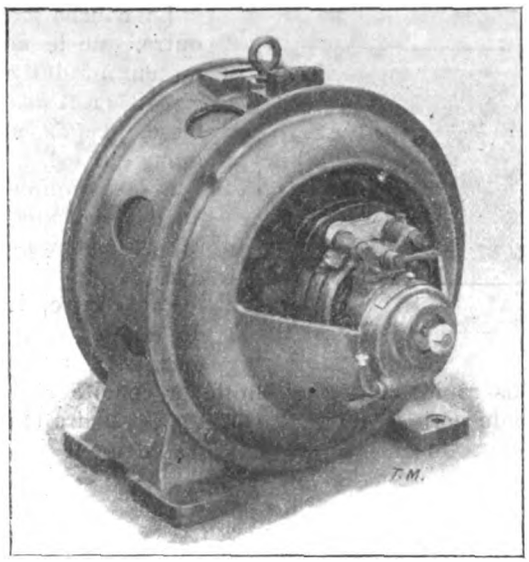


Fig. 35. — Moteur asynchrone triphasé à induit à bagues avec balais en cuivre relevables.

pandu. Il est utilisé dans tous les cas où :

— La mise en marche doit être effectuée en charge;

— Le secteur impose un courant de démarrage au plus égal au courant normal;

— Une variation de vitesse est reconnue nécessaire.

La figure 33 représente l'allure du couple d'un moteur à 6 pôles 25 chevaux, relevé de 5 en 5%, la résistance auxiliaire étant intercalée dans l'induit. Ce diagramme montre que le couple minimum de démarrage, sous un courant absorbé à peu près équivalent au courant normal, reste encore supérieur au couple normal du moteur.

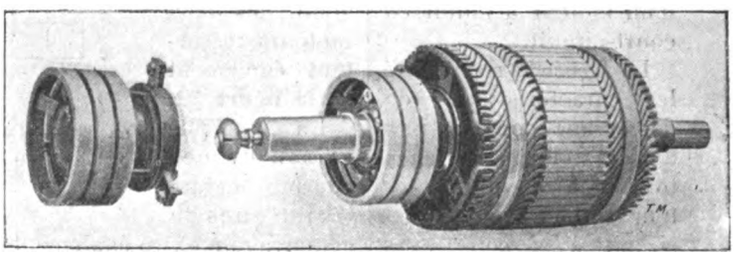


Fig. 36. — Bagues démontées de l'induit.

Fig. 37. — Induit de moteur asynchrone à bagues.

Les figures 36 et 37 montrent, en même temps que la disposition des bagues, l'induit d'un tel type de moteur.

Le démarrage des moteurs asynchrones à induit bobiné, s'effectue en introduisant, à la mise en marche, par l'intermédiaire des bagues, une résistance ohmique dans le rotor, puis en supprimant graduellement cette résistance. Lorsque celle-ci a été placée hors circuit, un levier placé sur le moteur permet d'assurer la mise en court-circuit des bagues et de relever les balais (schémas, *fig.* 38, 39 et 40).

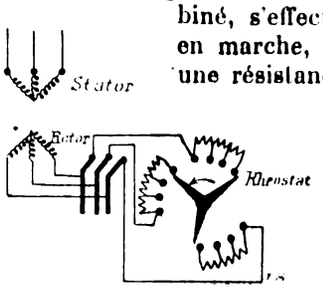


Fig. 38. — Schéma de montage du rhéostat dans le rotor d'un moteur asynchrone au moment du démarrage.

Pour les gros moteurs, certaines maisons de construction appliquent un dispositif spécial, au moyen duquel la mise en court-circuit et le relèvement des balais s'effectuent simultanément.

La figure 41 reproduit un rhéostat de démarrage qui se distingue de la construction usuelle, en ce que la résistance est supportée par des porcelaines montées sur un châssis en fer. Toutes les connexions étant rivées ou vissées, l'ensemble forme un bloc extrêmement robuste, capable de résister aux plus fortes surcharges comme à toute fausse manœuvre.

Les contacts sont montés sur marbre et permettent d'insérer la résistance graduellement, en dix intervalles par phase.

Enfin nous donnons, en la figure 42, l'ensemble sur socle d'un moteur asynchrone triphasé à induit bobiné à bagues avec démarreur dans l'huile, directement adossé au second plan de la figure.

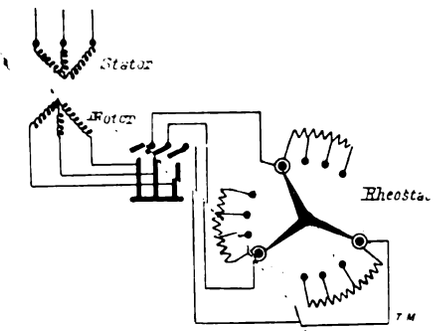


Fig. 39. — Schéma de montage du rhéostat dans le rotor d'un moteur asynchrone au moment de la marche normale. (Le rhéostat est hors circuit, les balais soulevés et les bagues en court-circuit.)

Moteurs asynchrones polyphasés système « Boucherot ». — Avant de clore nos considérations sur le démarrage des moteurs asynchrones, nous rappellerons les moteurs spéciaux « système Boucherot », construits par la maison Bréguet.

Moteurs genre Alpha. — La constitution de ce moteur diffère sensiblement des moteurs asynchrones ordinaires.

Le stator est divisé en deux éléments portant les bobinages primaires (qui reçoivent les courants d'alimentation) et montés dans un bâti commun (*fig.* 43).

Ces bobinages, identiques à ceux des moteurs ordinaires, sont couplés à demeure entre eux, suivant les combinaisons reconnues les plus avantageuses.

Tandis que l'un des éléments du stator est fixé invariablement dans le bâti, l'autre, dit *stator déphasable*, peut être déplacé mécaniquement d'un certain angle dé-

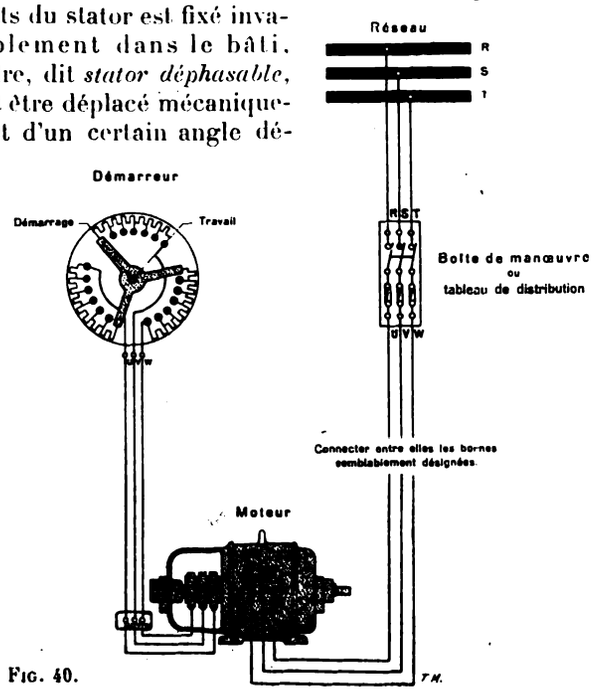


Fig. 40.

Schéma de montage général d'un moteur asynchrone triphasé à bagues.

terminé par le nombre de pôles du moteur (voir *fig.* 44).

Digitized by Google

Le déphasage réalisé, au moment du démarrage, entre les deux éléments du stator, correspond à une demi-période et les flux produits agissent tout d'abord en opposition sur les éléments du rotor; ils sont ensuite ramenés progressivement en phase, par le déplacement du stator déphasable.

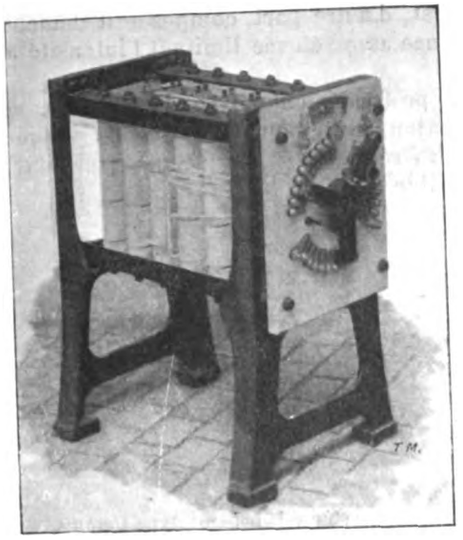


Fig. 41. — Rhéostat de démarrage pour un moteur asynchrone à bagues.

Le rotor comporte également deux armatures correspondant respectivement aux deux éléments du stator. Ces deux armatures possèdent une cage d'écureuil commune dont les conducteurs, traversant les deux noyaux, sont réunis à leurs extrémités par des frettes peu résistantes.

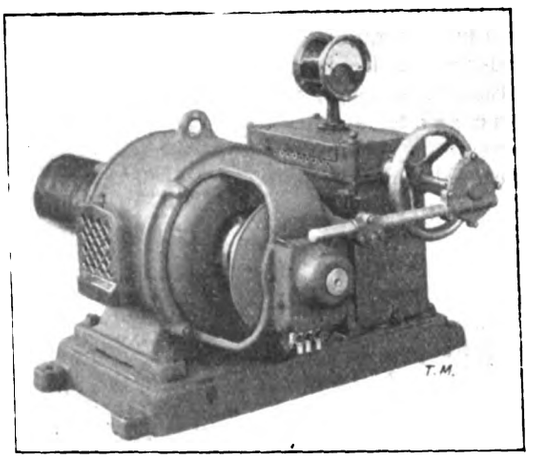


Fig. 42. — Moteur asynchrone triphasé avec démarreur adossé. (On aperçoit le volant de mise en court-circuit des bagues et de relevage des balais.)

La figure 43 représente le rotor complètement monté. Dans l'intervalle compris entre les deux noyaux du rotor, les barres consécutives de la cage sont réunies par des ponts en maillechort dont la résistance est calculée pour limiter l'intensité de démarrage (voir *fig.* 46). L'aspect du rotor est celui d'une pièce mécanique très robuste, dépourvue de tout bobinage.

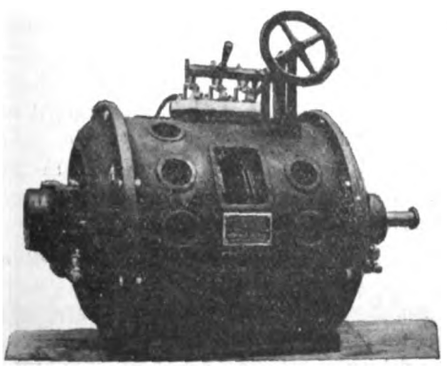


Fig. 43. — Moteur asynchrone triphasé système Boucherot, type Alpha.

D'ailleurs, les différences de potentiels entre conducteurs, de l'organe mobile étant, comme dans tout moteur à cage d'écureuil, très faibles, même au démarrage, l'isolation de ces conducteurs n'a qu'un rôle secondaire et peut être réduite au minimum, considération favorable à la solidité mécanique de l'ensemble.

Fonctionnement du moteur type Alpha. — Le moteur étant à la position de repos, les deux éléments du stator sont placés de telle sorte que les flux engendrés déterminent, comme il a été dit plus haut, dans les parties correspondantes de la cage d'écureuil du rotor, des forces électromotrices en opposition.

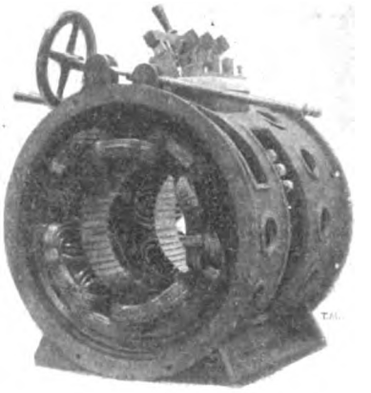


Fig. 44. — Stator d'un moteur système Boucherot, type Alpha (rotor enlevé).

En fermant l'interrupteur principal, ces forces électromotrices donnent naissance à des courants qui ne peuvent se fermer que par les ponts constitués par les résistances interposées entre les conducteurs et situées dans la région séparant les deux armatures.

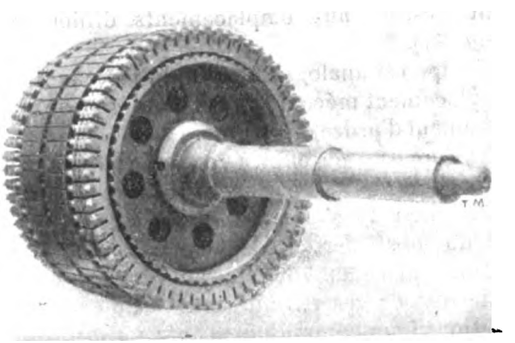


Fig. 45. — Rotor d'un moteur système Boucherot, type Alpha.

Les dimensions des résistances sont précisément choisies pour permettre, selon le couple désiré, le passage du courant strictement nécessaire au démarrage, et limité ainsi exactement, comme par l'effet des rhéostats insérés dans les rotors des moteurs à bagues.

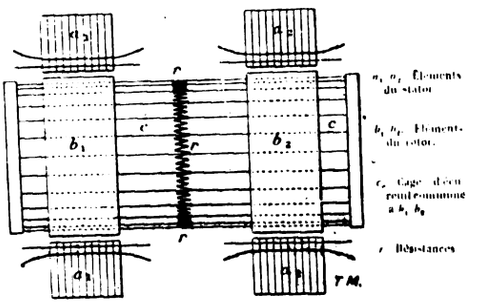


Fig. 46.

Dès le début du démarrage, le stator déphasable est progressivement déplacé par l'opérateur, jusqu'à ce que le flux qu'il produit soit en phase avec celui du stator fixe.

Pendant cette manœuvre, le déphasage des forces électromotrices induites dans les deux parties de la cage d'écureuil

Digitized by Google

diminue progressivement ; le courant dans les résistances s'atténue graduellement,comme par la réduction progressive d'un rhéostat.

Lorsque les deux stators sont en phase (position de marche normale), aucune action électrique ne s'exerce plus sur les résistances et celles-ci, réunissant des points au même potentiel, ne sont plus le siège d'aucun courant.

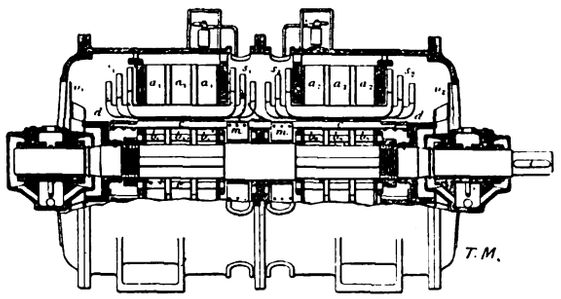


Fig. 47. — Moteur système Boucherot, type Bêta (coupe longitudinale).

Cette manœuvre ne demande que quelques secondes et, afin d'éviter toute fausse manœuvre et d'imposer l'ordre des opérations de mise en marche et d'arrêt, un verrouillage mécanique ne permet la fermeture de l'interrupteur principal que si le stator déphasable, a été ramené au préalable à sa position de démarrage.

Moteurs genre Béta. — Ce genre de moteur est plus spécialement destiné aux emplacements difficilement accessibles (*fig.* 47).

Son principe est analogue à celui du moteur Alpha. Toutefois le déplacement mécanique des stators y est remplacé par un déplacement d'ordre électrique.

Rien ne s'oppose, en effet, à ce que le décalage relatif des deux stators soit exécuté par sauts brusques, de 10 en 10° par exemple, au lieu de s'effectuer d'une façon continue. Il est donc aisé de substituer, au déplacement mécanique des inducteurs, un déplacement des courants dans les enroulements; il suffit de diviser ces enroulements et d'en relier les différentes sections à un commutateur approprié.

Les moteurs de ce genre ne permettant pas une variation aussi progressive du démarrage que les moteurs Alpha, sont plutôt appropriés à la commande à distance d'appareils présentant un couple résistant initial, de l'ordre de grandeur du couple normal en charge, ou inférieur à celui-ci.

Le déphasage est réalisé par un combinateur approprié, modifiant les connexions des enroulements de l'un des stators par rapport à l'autre.

Cette disposition facilite la mise en service ou l'arrêt du moteur à distance, le combinateur étant relié au moteur par une câblerie appropriée et placé au poste de manœuvre reconnu le plus commode pour l'opération.

La faculté de coupler en triangle, en étoile, en série ou en parallèle, les enroulements des deux stators rend possible la réalisation de combinaisons favorables à l'obtention du couple de démarrage nécessaire, tout en réduisant au minimum les à-coups d'intensité.

Moteurs genre Gamma. — Le principe de ce moteur diffère des deux précédents.

Le stator est de construction identique à celle des moteurs asynchrones ordinaires, mais le fonctionnement de l'armature, appelle un examen spécial.

Celui-ci comporte en principe (*fig.* 48) deux cages d'écureuil concentriques, A et B, logées dans le même noyau en tôle, mais jouissant, par construction, de propriétés distinctes. L'une d'elles, A, placée à la périphérie du noyau dans des encoches largement ouvertes, possède une self-induction relativement faible ; elle est, d'autre part, composée d'éléments présentant une résistance assez élevée limitant l'intensité au démarrage.

La seconde cage B, profondément noyée dans le fer, est douée d'une self-induction élevée pour la fréquence des courants d'alimentation ; sa résistance ohmique est, par contre, aussi réduite que possible.

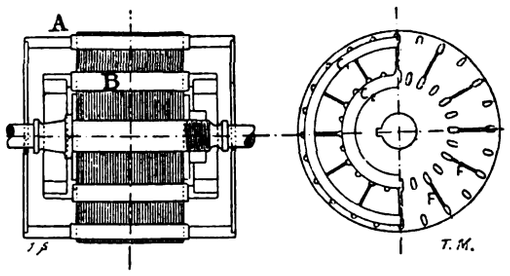


Fig. 48. — Induit d'un moteur système Boucherot, type Gamma.

Le fonctionnement du moteur résulte de l'action combinée des deux cages dont les couples instantanés s'ajoutent.

Au démarrage, la fréquence des courants dans le rotor, égale à celle des courants d'alimentation du moteur, s'atténue à mesure que la vitesse augmente. De la sorte la résistance apparente de la cage intérieure B, en raison de la self-induction, est telle qu'il ne peut y circuler qu'un courant modéré, et cette cage reste, pendant cette période, à peu près inactive.

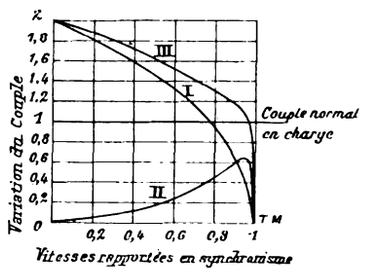


Fig. 49. — Courbes des couples d'un moteur Gamma.

Par contre, la cage extérieure ayant peu de self-induction, mais présentant une grande résistance, laisse circuler un courant actif de valeur suffisante au développement du couple.

En fin de démarrage et à la vitesse de régime, la fréquence des courants du rotor étant très faible, la cage intérieure B, dont la résistance apparente n'est plus sensiblement supérieure à sa résistance ohmique, devient le siège de développement du couple. Quant à la cage extérieure A, en raison de sa grande résistance, son action devient sensiblement nulle.

La figure 49 représente les courbes de variation des couples en fonction de la vitesse. On notera que I désigne la courbe du couple relative à la cage A et II celle relative à la cage B.

On observera que si cette cage existait seule, le couple de démarrage serait excessivement faible, mais le glissement en charge serait minime et le rendement élevé.

Au contraire, si A existait seule, le couple, maximum au démarrage, diminuerait avec la vitesse; le glissement en charge serait très élevé et le rendement défectueux.

La courbe III représente le couple résultant des deux cages.

Par une combinaison judicieuse de ces courbes, il reste toujours possible de réaliser un couple très élevé au démarrage, sans que l'intensité absorbée acquière une valeur exagérée. Ces moteurs offrent, en outre, l'avantage, dû à leur principe même, de retrouver automatiquement, en cas de ralentissement, la valeur du couple qu'ils présentaient à la même vitesse pendant la mise en marche.

Digitized by Google

Cette propriété, en même temps que la construction du rotor, rend ces moteurs particulièrement aptes à vaincre les surcharges accidentelles telles que celles auxquelles donne

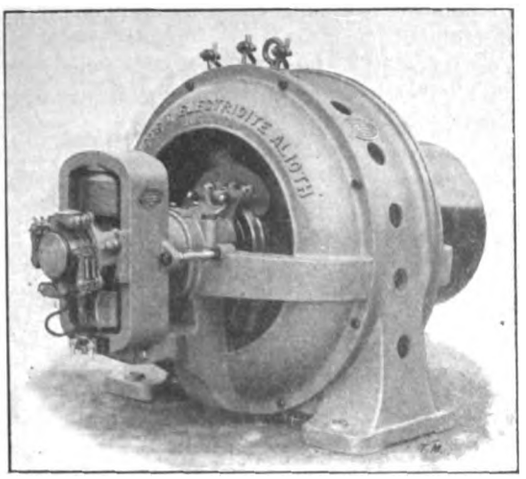


Fig. 50. — Moteur synchrone avec excitatrice en bout d'arbre.

lieu la commande des ponts roulants, treuils et autres appareils à démarrages pénibles ou à grande inertie.

Moteurs synchrones (*fig.* 50). — Ainsi que nous l'avons dit, les moteurs synchrones ne sont autres que des alternateurs fonctionnant en récepteurs. Ils nécessitent donc une source d'excitation à courant continu indépendante. Celle-ci peut être réalisée de différentes façons :

1° Par une dynamo directement calée sur l'arbre de l'alternateur (excitatrice en bout d'arbre) ;

2° Par courant redressé (commutateur à coquille) ;

3° Par l'adjonction à l'enroulement de l'induit, d'un collecteur à courant continu, sur lequel deux balais recueillent le courant inducteur ;

4° Pour une source de courant continu auxiliaire (excitation séparée).

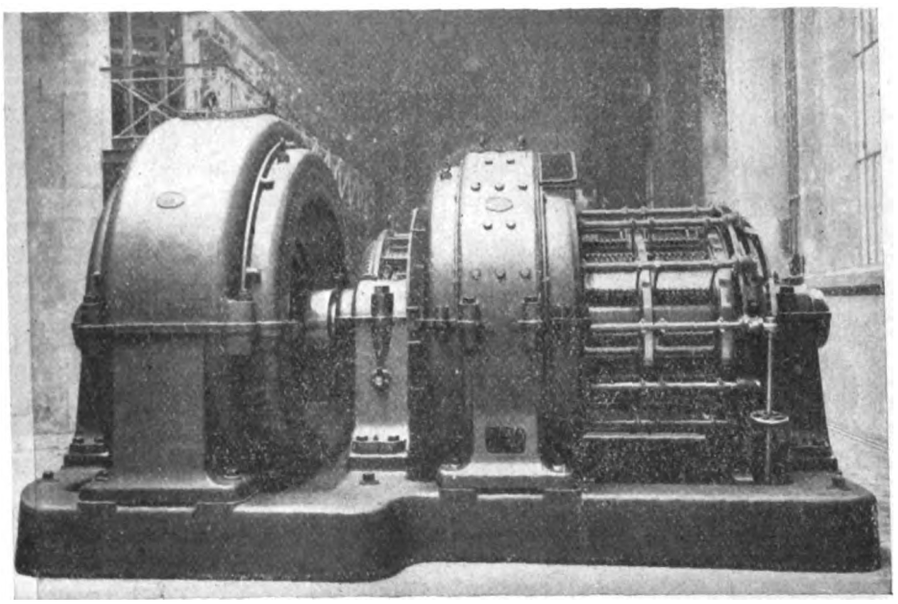


Fig. 51. — Moteur synchrone triphasé de 1 800 chevaux, 10 000 volts, 50 périodes, 500 tours, accouplé directement à une génératrice à courant continu de 1 200 KW. 240/320 volts. (Excitation indépendante.)

Démarrage. — 1° *Démarrage par courant continu.* — Si le moteur synchrone est accouplé à une dynamo à collecteur et si l'on dispose d'une source de courant continu (batterie d'accumulateurs), il suffit d'actionner la génératrice en moteur alimenté par la source auxiliaire (*fig.* 51).

2° *Démarrage par moteur auxiliaire asynchrone en bout d'arbre* (*fig.* 52). — Dans certains cas, on monte en bout d'arbre de l'alternomoteur synchrone, un petit moteur asynchrone dont le nombre de pôles est inférieur à celui du moteur principal. Ce moteur asynchrone auxiliaire permet d'entraîner l'alternateur à vide ; sa puissance est généralement égale à 10 à 15 0/0 de celle du moteur synchrone.

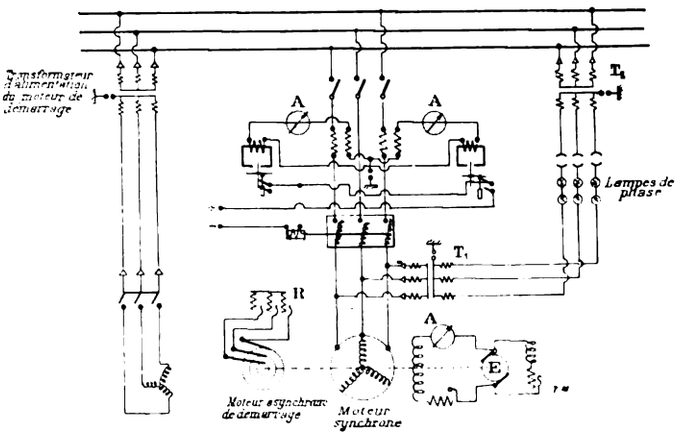


Fig. 52. — Schéma de montage d'un moteur synchrone démarrant à l'aide d'un moteur asynchrone auxiliaire en bout d'arbre.

A, ampèremètres. — E, excitatrice. — R, rhéostat de démarrage du moteur auxiliaire. — T_1, transformateurs de potentiel.

3° *Démarrage du moteur synchrone en asynchrone.* — Le moteur synchrone n'étant pas excité, on lance sous tension réduite, le courant de la ligne dans l'armature. Les courants de Foucault qui se développent dans les masses polaires déterminent un couple qui permet au moteur de démarrer et d'atteindre la vitesse de synchronisme. L'appel de courant consécutif est de 2 fois à 2 fois 1/2 le courant normal.

4° *Démarrage par l'excitatrice.* — L'excitatrice étant calée en bout d'arbre, si l'on dispose d'une source de courant continu auxiliaire, on effectue le démarrage du moteur synchrone, en lançant du courant continu dans l'excitatrice, qui fonctionne en moteur.

Accrochage du moteur synchrone sur le réseau a courant alternatif. — 1° *Démarrage en asynchrone.* — Dans le cas du démarrage en asynchrone, il est nécessaire, afin de limiter le courant absorbé, d'employer un artifice permettant de réduire la tension aux bornes du moteur. A cet effet on utilise soit un rhéostat, soit des bobines de self-induction, soit un autotransformateur avec commutateur à plots.

Ces appareils sont mis hors circuit dès que le moteur a atteint le synchronisme.

La figure 53 reproduit le schéma de montage d'un moteur synchrone démarrant en asynchrone, avec bobines de self sur le circuit d'alimentation.

2° *Démarrage par moteur asynchrone auxiliaire ou par*

Digitized by Google

l'excitatrice alimentée en courant continu. — La machine étant excitée, on la lance en alternateur, l'interrupteur principal étant ouvert.

Lorsque la force électromotrice engendrée dans l'armature est égale et opposée à la différence du potentiel du réseau, on branche le moteur sur la ligne en fermant l'interrupteur principal.

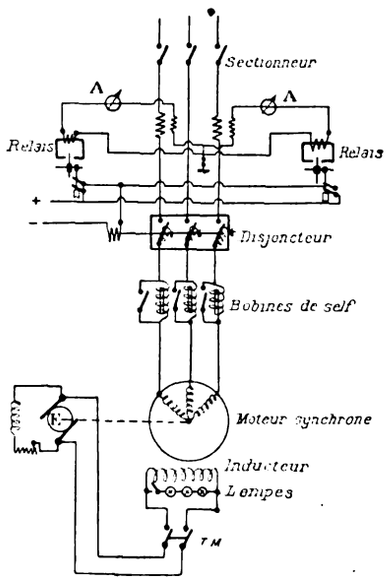


FIG. 53. — Schéma de montage d'un moteur synchrone démarrant en asynchrone.

Afin de déterminer l'instant exact où le synchronisme est atteint, on fait emploi d'indicateurs de phases (synchronoscope, voltmètre de couplage, etc.) ou plus simplement de lampes à incandescence branchées directement (*fig.* 54) ou indirectement par l'intermédiaire de transformateurs de potentiel (*fig.* 52), aux bornes de l'interrupteur principal.

La différence de potentiel ainsi appliquée sur les lampes est variable. A mesure que la vitesse du moteur synchrone s'accélère, les battements lumineux deviennent de plus en plus lents, et, à l'extinction, on ferme l'interrupteur principal ; la machine accrochée fonctionne en moteur synchrone à vide. On peut alors débrancher le moteur auxiliaire.

On remarquera que le couplage peut être également pratiqué à l'allumage des lampes, par le simple croisement de leurs connexions.

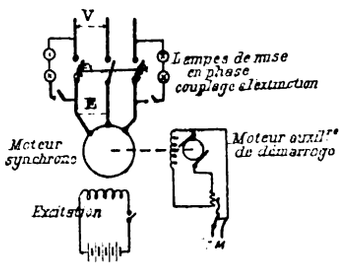


FIG. 54. — Schéma de montage des lampes de mise en phase.

DÉMARRAGE DES MOTEURS SYNCHRONES MONOPHASÉS. — Comme les précédents, les moteurs synchrones monophasés sont susceptibles de démarrer par l'entraînement d'un moteur auxiliaire à courant continu ou alternatif.

Nous insisterons plus spécialement sur le dispositif qui consiste à les munir d'un enroulement supplémentaire permettant d'introduire un courant déphasé par rapport au courant principal et de créer ainsi, un champ tournant permettant d'assurer le démarrage en asynchrone.

Dans la plupart des cas, on envoie dans l'enroulement auxiliaire, un courant décalé en y disposant une self ou une capacité, l'enroulement principal étant lui-même complété d'une résistance ohmique. Après que le moteur est accroché sur le réseau, on coupe le circuit auxiliaire et on supprime la résistance intercalée sur le circuit principal.

Afin de réduire au minimum le courant absorbé, il y a intérêt à intercaler un transformateur réducteur alimentant une ou les deux phases.

Un premier dispositif consiste à alimenter, par le transformateur réducteur seulement, l'enroulement principal et à brancher directement sur le réseau l'enroulement auxiliaire, pourvu à cet effet d'un très grand nombre de spires, afin de n'absorber qu'un faible courant, très décalé par rapport au courant de l'enroulement principal.

Le dispositif « Labour » est l'inverse du précédent. L'enroulement auxiliaire d'armature, est alimenté par un transformateur réducteur, tandis que l'enroulement principal est alimenté directement à travers un rhéostat (*fig.* 55).

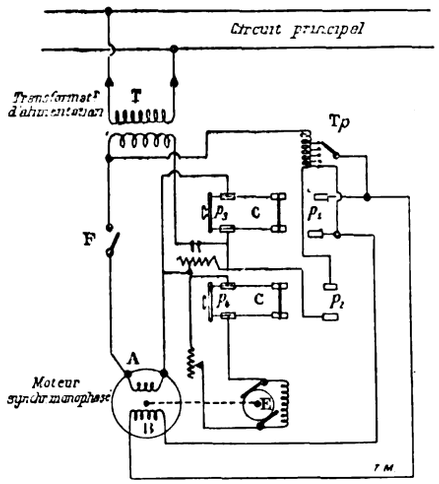


FIG. 55. — Schéma de montage d'un moteur synchrone monophasé « Labour » démarrant en asynchrone biphasé.

Toutes les combinaisons nécessaires sont effectuées à l'aide d'un double commutateur C ; les plots p_1, p_2 sont affectés au démarrage tandis que les plots p_3, p_4 correspondent au circuit de marche normale.

Dans les moteurs de grande puissance, on remplace l'interrupteur principal F par un rhéostat de mise en charge progressive afin d'éviter des à-coups sur le réseau. De plus, on ajoute au circuit inducteur un disjoncteur destiné à couper le courant principal, dès que l'excitation vient à manquer.

Le démarrage et la mise en phase exigent environ trente secondes, et le courant maximum consommé sur le réseau pendant cette opération ne dépasse pas 1,5 fois le courant normal.

Démarrage automatique des moteurs à courant continu et alternatif. — L'application la plus fréquente de démarrage automotique résulte de l'entraînement électrique des pompes et compresseurs. Dans les deux cas et pour des moteurs de petite puissance (2 à 5 chevaux), un organe auxiliaire (flotteur ou régulateur de pression) commande un culbuteur solidaire par renvoi mécanique ou par électro-aimant, du couteau d'un commutateur de démarrage à plusieurs touches convenablement reliées à la résistance. Un dash-pot à glycérine stabilise la course de fermeture. Au retour, l'effet d'amortissement est supprimé, afin d'assurer une rupture brusque du circuit et de préserver ainsi les organes de coupure.

Pour des moteurs plus puissants, on emploie fréquemment une série de contacteurs parcourus par le courant de démarrage, et dont le fonctionnement successif provoque le court-circuit des différentes portions de la résistance.

Nous signalerons enfin pour mémoire : le démarreur centrifuge, composé d'un système de contacts réunis à la résistance et successivement reliés par un conducteur rectiligne, dont le mouvement est rendu solidaire des déplacements d'un régulateur centrifuge entraîné par courroie; le démarreur à résistances automatiquement variables, composé d'un fil de fer très fin placé dans une ampoule remplie d'hydrogène, et dont la résistance augmente spontanément et progressivement avec la température.

De ces différents dispositifs de démarrage automatique, nous ne retiendrons, au point de vue industriel, que l'appareil à contacteurs, dont nous donnons ci-après le détail du fonctionnement en même temps qu'un schéma de connexions (*fig.* 56).

Digitized by Google

L'appareil figuré comprend deux étapes de démarrage, qui se succèdent automatiquement dès qu'on a provoqué la fermeture à la main ou mécaniquement de l'interrupteur de contrôle I. Cette opération a pour effet d'exciter la bobine du contacteur bipolaire principal n° 1, de sorte que celui-ci étant actionné, le stator du moteur est placé sous tension et la résistance du rotor entièrement intercalée dans le circuit. Les relais *limiteurs* d'intensité Re sont alors maintenus ouverts par le violent appel de courant qui se manifeste et ainsi, aucun des contacteurs secondaires ne peut être actionné avant que, le moteur ayant gagné en vitesse, le courant ait été réduit à la valeur pour laquelle le noyau de fer du relais Re tombe, et l'excitation de la bobine shunt du contacteur secondaire n° 2 provoque le court-circuit d'une section de la résistance R. Par l'accélération qui en résulte, le courant diminue solidairement et, à son tour, le relais R'e tombe, actionnant comme précédemment le contacteur secondaire n° 3 jusqu'à ce que le moteur ait atteint sa vitesse.

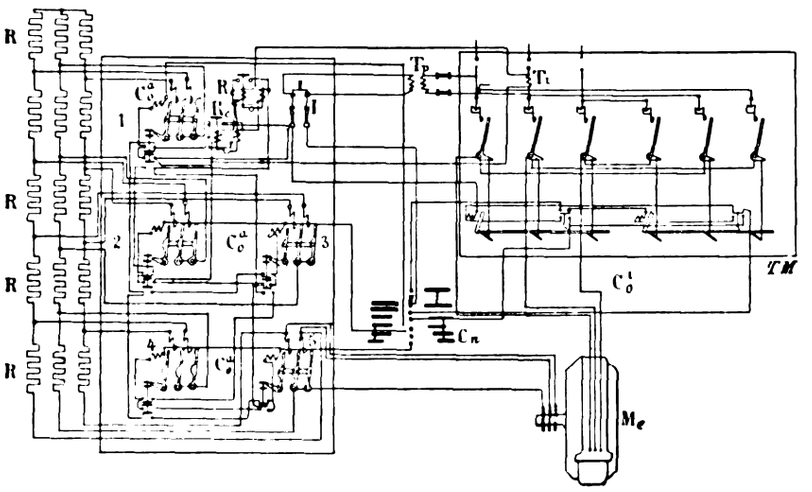


FIG. 56. — Schema de montage d'un moteur asynchrome triphasé à demarrage automatique par *contacteurs*.

C_0^a, contacteurs d'acceleration ; — C_0^i, contacteurs d'inversion ; — C_n, controller principal ; — I, interrupteur de commande ; — M., moteur d'extraction ; — R, résistances ; — R., relais *limitant* le courant d'acceleration ; — T_i, transformateur d'intensité ; — T_p, transformateur de potentiel.

Dès que la résistance a été totalement court-circuitée par la fermeture du dernier contacteur, tous ses homologues secondaires sont *ouverts* automatiquement.

Seules les bobines shunt du premier et du dernier contacteur nécessitent un courant d'excitation qui est prélevé directement sur la ligne. Cependant, au delà de 500 volts, l'appareil est complété par un transformateur de potentiel, tandis qu'un transformateur d'intensité est affecté à l'alimentation des relais limiteurs de courant.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

LES CHARGES VARIABLES[1]

L'application de volants égalisateurs de charges aux installations soumises à de rapides fluctuations de puissance (presses, laminoirs, moteurs d'extraction) est une conception déjà ancienne. Toutefois, l'emploi des moteurs électriques à la commande de ce genre de matériel est d'origine relativement récente, et il convient d'y rapporter la solution de plusieurs problèmes importants qui ont pour commune origine l'irrégularité des diagrammes de charge, caractéristique de ce genre d'installations. Cette irrégularité se conçoit par l'intermittence du travail à produire, par sa durée et son importance, par l'agencement de la machine et, dans le cas particulièrement fréquent des trains de laminoirs, par la température du métal, aussi bien que par l'habileté professionnelle de l'opérateur.

FIG. 57.

Suivant le nombre des cylindres de laminage, suivant l'ordre de succession des passes, il est fréquent d'obtenir des diagrammes très différents tels que ceux des figures 57 et 58.

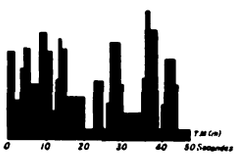


FIG. 58.

L'examen de ces diagrammes démontre nettement l'opportunité d'un volant, dont l'énergie emmagasinée régularisera le couple moteur en absorbant les pointes de charges. Cette régulation des efforts moteurs n'est naturellement possible qu'au prix de variations de vitesse subordonnées à l'allure de la production et à la qualité du produit. Pratiquement, ces variations sont limitées à 5 à 20 0/0 du nombre de tours à vide, de sorte que l'énergie restituée par le volant ne représente au maximum que 20 à 30 0/0 du total.

L'examen du diagramme établi dans le cas le plus défavorable, sur l'étendue d'un cycle complet, et complété de la ligne de puissance *moyenne*, montrera quelles doivent être les caractéristiques mécaniques du volant, eu égard aux intervalles de faible charge pendant lesquels celui-ci récupère en vitesse et, par suite, en énergie emmagasinée, tout ou partie de l'énergie dissipée au cours de la phase précédente.

Il convient naturellement que le moteur électrique conjugué développe un couple proportionnel au glissement, c'est-à-dire à la chute de vitesse comptée à partir de la vitesse à vide. L'alternomoteur asynchrone triphasé offre immédiatement cette propriété. Néanmoins, une combinaison d'enroulements spéciaux permet d'y adapter le moteur à courant continu.

Quoi qu'il en soit, le *moment d'inertie* du volant étant I et la vitesse synchrone en tours par minute étant N_s, si l'on désigne respectivement par C_0 et C_t le couple initial du moteur et le couple résistant, par C_a un couple moteur auquel correspond un glissement g_a, le couple moteur, à un instant quelconque t, est donné par l'expression :

$$C = \frac{C_t - C_0}{e^{At}},$$

dans laquelle :

$$A = \frac{k \cdot C_a}{IN_s g_a}.$$

Il est ainsi possible d'observer l'influence du facteur A sur la courbe de charge du moteur, $C = F(t)$, et la possibilité de diriger l'allure de cette courbe en modifiant les éléments arbitraires I et g_a.

Ainsi, doubler le glissement équivaut à doubler le moment d'inertie du volant, mais aussi à doubler la perte par effet Joule dans le rotor, de sorte que l'intérêt économique d'un volant lourd prévaudra dans la majorité des cas.

Considéré au point de vue du rendement, le groupe moteur-volant ajoute quelques pertes mécaniques supplémentaires. Toutefois, ces pertes augmentant moins vite que celles auxquelles donnerait lieu un accroissement équivalent du glissement, il y aura, ainsi que nous le disions plus haut, un avantage certain à faire choix d'un volant puissant propre à diminuer les écarts de vitesse du moteur.

En ce qui concerne les frais d'établissement, ils sont principalement fonctions de la charge maximum. La figure 57, par exemple, révèle un cas où le moteur absorbera aisément les surcharges, sans le secours d'aucun régulateur. Par contre, l'examen d'un diagramme, tel que celui de la figure 58, déterminera l'adjonction d'un volant qui aura pour principal effet de réduire la capacité de surcharge du moteur et, corollairement, son prix d'achat.

La considération du facteur de puissance révèle un nouvel avantage en faveur du groupe volant. La puissance mécanique maximum étant réduite par le concours du régulateur d'inertie, le courant magnétisant aux faibles charges sera diminué très sensiblement dans le rapport de la capacité maximum du moteur, et cet intérêt paraîtra grandement appréciable, si l'on envisage les phases de fonctionnement à vide et leur répercussion sur la marche de la station génératrice qui reste affectée, non seulement par l'importance des pointes et l'instantanéité des fluctuations, mais aussi par la valeur du facteur de puissance.

L'énergie électrique étant fournie par une station étrangère, les caractéristiques du volant détermineront l'influence de ces facteurs de perturbation sur la dépense journalière. Dans le cas le plus général, où cette énergie sera produite et consommée par la même entreprise, il y aura lieu d'étudier attentivement les variations consécutives du prix de l'énergie, en tenant compte, par une superposition judicieuse des diagrammes de charge, de la capacité de la station rapportée à celle des groupes volants envisagés.

Si elles ne sont pas absorbées par un volant d'inertie suffi-

[1] Voir *Technique moderne*, III, n° 11 (novembre 1911), page 648. A.-R. GARNIER.

Digitized by Google

sante, les pointes de charges auront pour effet d'élever les frais de premier établissement et de diminuer le rendement des générateurs.

Cet inconvénient sera aggravé dans le cas d'une station à gaz pauvre, en raison de l'inaptitude de ce matériel, aux surcharges et de l'infériorité de son rendement aux puissances réduites.

De même, l'instantanéité de fluctuations insuffisamment amorties, nuit à la constance de la tension et de la fréquence, en même temps qu'elle affecte la marche en parallèle des machines synchrones.

Nous n'avons envisagé, dans ce qui précède, que l'application de groupes alternomoteurs-volants individuels. Ainsi que nous l'avons dit, le moteur à courant continu peut être adapté au même emploi, après modification appropriée des enroulements inducteurs.

De même, il est des cas, notamment lorsque l'énergie est achetée à une exploitation étrangère, où l'emploi du volant s'impose davantage sur l'artère principale d'amenée de courant, en vue de régulariser la charge totalisée des récepteurs. Cette disposition s'explique par la nécessité de réduire les pointes de puissance instantanées maxima, dont la valeur sert fréquemment de base à la formule de tarification.

Une telle réduction est réalisable par batterie d'accumulateurs, par groupe moteur-générateur à volant, ou par dynamo-volant. Il résulte des observations relevées sur différents projets de ce genre, que cette dernière solution doit être le plus souvent préférée, tant en raison de l'économie des frais d'établissement et des hauts rendements, que de l'encombrement réduit et de la meilleure régulation qu'elle permet de réaliser.

Digitized by Google

CHAPITRE V

LES VARIATIONS DE VITESSES

Moteurs à courant continu. Afin d'apporter une justification théorique aux divers procédés appliqués à la réalisation des variations de vitesse, nous établirons, tout d'abord, l'expression algébrique élémentaire qui régit l'allure d'un moteur à courant continu.

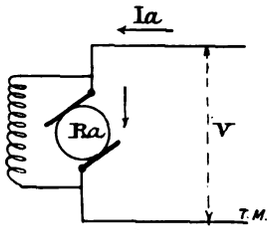


FIG. 59.

Si nous adoptons, à cet effet, les symboles précédemment employés (page 8), à l'occasion du Démarrage, nous rappellerons que les deux formules fondamentales de fonctionnement du moteur sont (*fig.* 59) :

$$E = Nn\Phi_p, \quad (1)$$

$$V - E = R_a I_a. \quad (2)$$

D'où l'on déduit aisément :

$$N = \frac{E}{n\Phi_p}; \quad (3)$$

expression du nombre de tours de l'induit, qui montre que pour faire varier la vitesse, il suffit d'agir soit sur la tension d'alimentation V, soit sur le nombre n de conducteurs de l'induit, soit mieux sur le flux inducteur Φ_p.

1° VARIATION DE VITESSE PAR MODIFICATION DE LA TENSION D'ALIMENTATION. — Le procédé le plus simple consiste à faire varier la tension du réseau en agissant, par exemple, sur l'excitation des génératrices. Cette solution, si séduisante qu'elle soit, n'est possible que si la vitesse de tous les récepteurs branchés sur le circuit des génératrices, doit varier solidairement.

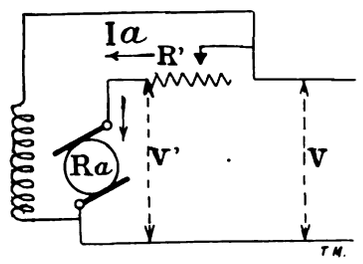


FIG. 60. — Modification de la vitesse par insertion de résistances sur l'induit.

Pour cette raison ce procédé n'est employé que dans des cas très particuliers.

Insertion de résistances sur l'induit. — Il est également possible de modifier la tension aux bornes du moteur en disposant en série avec l'induit, une résistance réglable [*rhéostat de réglage* (*fig.* 60)].

Cette pratique a pour effet, de créer, aux bornes du moteur, des tensions V', V''... correspondant aux résistances R', R''... intercalées et telles que :

$$V' = V - R'I_a,$$
$$V'' = V - R''I_a,$$
. . . . . .
etc.

La gamme des vitesses est alors :

$$N' = \frac{V' - R_a I_a}{n\Phi_p}.$$
$$N'' = \frac{V'' - R_a I_a}{n\Phi_p}.$$
. . . . . .
etc.

Cette méthode présente l'inconvénient onéreux, d'imposer une perte importante d'énergie par effet Joule dans les résistances.

Insertion d'une force électromotrice dans l'induit par survolteur-dévolteur. — On peut également (*fig.* 61) modifier la tension aux bornes d'un moteur, en branchant en série avec l'induit, une génératrice G à voltage variable dont la tension s'ajoute (*survolteur*) à celle du réseau ou s'en retranche (*dévolteur*).

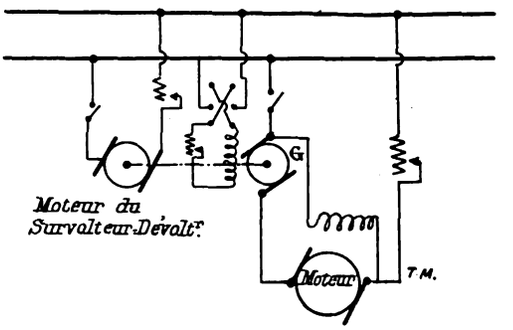


FIG. 61. — Modification de la vitesse par insertion d'une force électromotrice dans l'induit (G, survolteur-dévolteur.)

La substitution du circuit survolté au circuit dévolté ou inversement, s'effectue en inversant le sens de rotation du moteur d'entraînement de la génération G ou mieux en inversant le sens du courant d'excitation de celle-ci. La figure 61 montre l'inverseur bipolaire affecté à cette opération.

2° VARIATION DE VITESSE PAR MODIFICATION DU FLUX INDUCTEUR. — Ce procédé est appliqué aux moteurs série (*fig.* 62), en dérivant une partie du courant inducteur dans un rhéostat de shuntage branché en quantité sur les enroulements polaires. A chaque plot de ce rhéostat correspond une valeur nouvelle du flux et, par suite, de la vitesse.

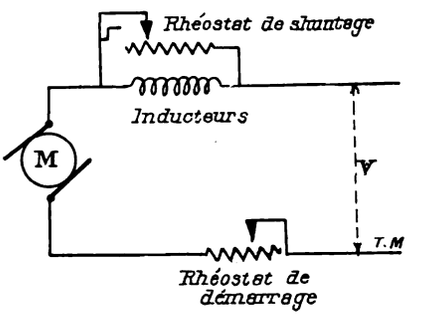


FIG. 62. — Modification de la vitesse d'un moteur série par shuntage des inducteurs.

Ce mode de réglage entraîne fréquemment, par suite des variations de flux, une commutation défectueuse.

Digitized by Google

Avec les moteurs shunt (*fig.* 63), on fait emploi d'un rhéostat branché en série avec les bobines inductrices. Ce dispositif fréquent, doit être principalement recommandé pour maintenir la constance de la vitesse, au régime pour lequel a été calculé le moteur.

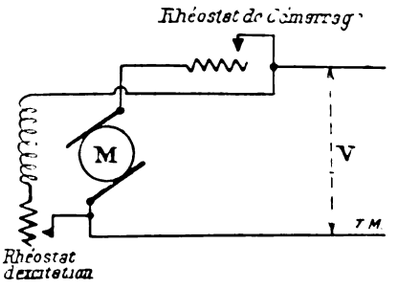


Fig. 63. — Modification de la vitesse d'un moteur shunt par resistances insérées dans les inducteurs.

3° Variation de vitesse par modification du nombre de conducteurs de l'induit. — Ainsi que le montre la formule initiale, il est possible, avec un même moteur, de réaliser plusieurs vitesses en adoptant différents couplages de ses conducteurs périphériques.

Dans le dispositif *Bouquet-Garcin-Schivre*, employé en automobile, on utilise un moteur à deux induits, présentant respectivement un collecteur et un nombre de conducteurs m et m'.

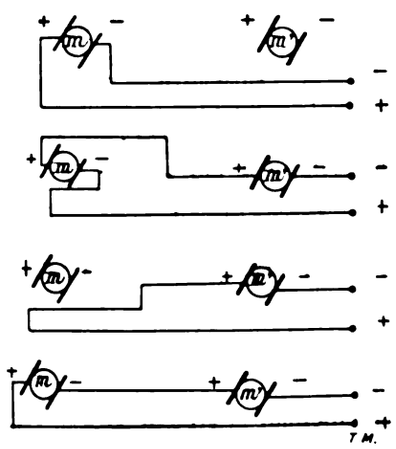


Fig. 64. — Variation de vitesse par modification du nombre des conducteurs de l'induit. (*Brevet Bouquet-Garcin-Schivre.*)

Dans l'hypothèse où $m' > m$, la figure 64 reproduit les quatre couplages réalisables :

$$m, \quad (m' - m), \quad m'$$

et

$$(m + m').$$

Les vitesses obtenues varient en proportion inverse.

4° Variation de vitesse par modification du couplage des inducteurs. — Cette méthode est principalement appliquée en traction, sur les moteurs série. Imaginons, à titre d'exemple, l'inducteur d'un tel type de moteur (*fig.* 65) divisé en trois bobines identiques composées chacune de p spires. I_a désignant le courant absorbé par le moteur, les couplages 1, 2 et 3 correspondent respectivement à $3pI_a$, $2pI_a$, pI_a ampères-tours. Si donc, on admet la proportionnalité du champ au courant d'excitation, à un même courant d'armature correspondront des flux Φ_p, qui seront entre eux comme 3,2 et 1, et des vitesses qui se déduiront de l'équation :

$$E = Nn\Phi_p,$$

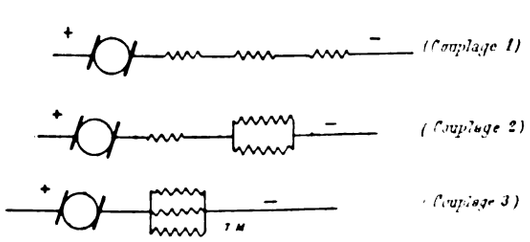


Fig. 65. — Modification de la vitesse par couplages différents des inducteurs (système Sprague).

Ce mode de régulation, dû à l'ingénieur américain Sprague, a été très employé en ces dernières années dans le contrôle des moteurs de tramways à tension constante.

Ce procédé présente l'inconvénient d'utiliser imparfaitement le cuivre des inducteurs. Avec les couplages 2 et 3 (*fig.* 65) notamment, tout ou partie des fils inducteurs, travaille à une densité de courant inférieure à la normale.

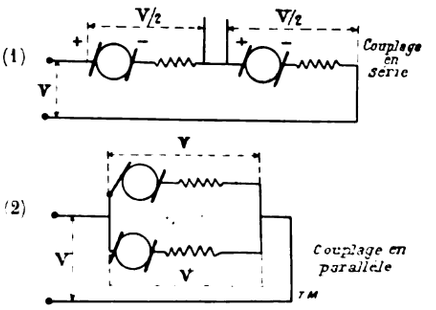


Fig. 66. — Variation de vitesse par couplage série-parallèle de deux moteurs série.

5° Variation de vitesse par couplage série parallèle de deux moteurs série. — Imaginons (*fig.* 66) deux moteurs série fonctionnant sous tension constante V. Si l'on couple ces moteurs en série (1), la tension appliquée à chacun d'eux devient $\frac{V}{2}$ et la vitesse résultante est, toute autre chose égale, deux fois plus faible.

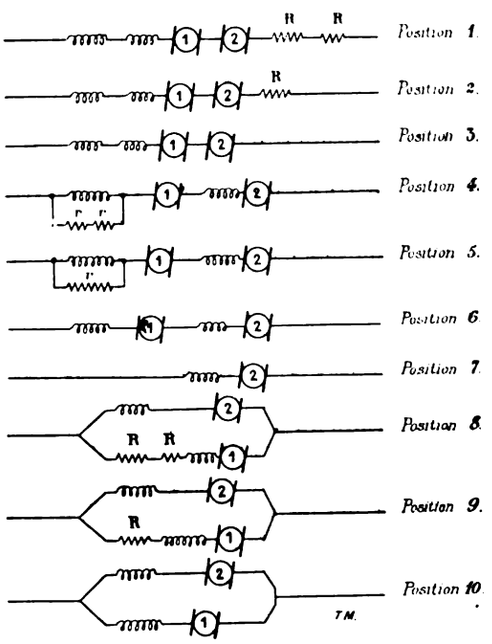


Fig. 67. — Schéma de couplage série-parallèle de deux moteurs de traction.

Ce mode de couplage dit « série parallèle » peut être généralisé au cas de plusieurs moteurs.

La figure 67 donne un exemple du dispositif employé couramment en traction. Dans la position (1), les deux moteurs sont associés en série avec une résistance de démarrage R ; la position (2) correspond à la suppression d'une partie de cette résistance ; enfin dans la position (3), la résistance de démarrage est mise hors circuit et les deux moteurs sont couplés en série pour fournir la vitesse minimum.

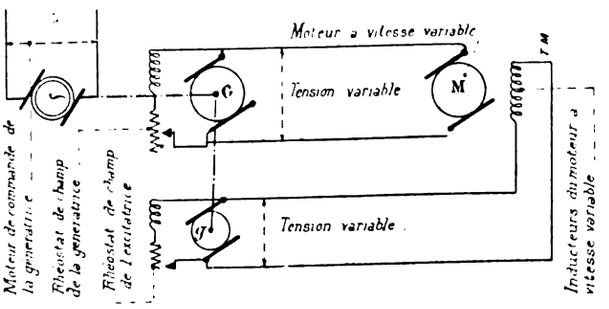


Fig. 68. — Schéma du dispositif « Léonard ».

Digitized by Google

On améliore la douceur des manœuvres par le shuntage des inducteurs, indiqué dans les positions 4, 5 et 6.

Dans la position 7, le moteur 2 fonctionne seul ; le moteur 1 est parcouru par le courant, à excitation nulle.

Le passage de la position 7 à la position 8 est pratiqué à l'aide d'un artifice de montage permettant d'éviter la rupture du courant sur le moteur 2.

Dans la position 8, les moteurs sont en parallèle avec résistance.

Enfin, la position 10 correspond au couplage en parallèle des moteurs, sans insertion de résistance, et par suite à la marche à vitesse maximum.

Ces différentes connexions sont réalisées dans le controller manœuvrable par poignée, à l'avant de la voiture.

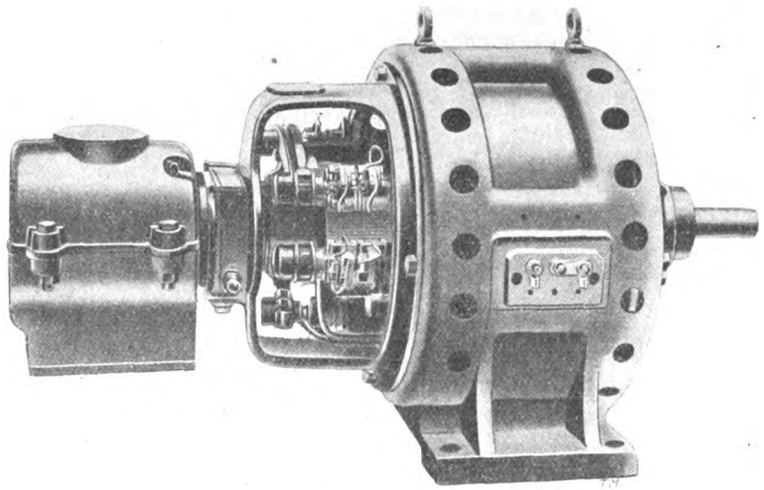


Fig. 69. — Moteur monophasé à collecteur, système Latour.

6° Variation de vitesse par le dispositif Léonard. — Le dispositif Léonard est employé aux variations de vitesse de grande amplitude. Il repose à la fois sur la modification de la tension aux bornes du moteur et le réglage de l'excitation.

La figure 68 reproduit le schéma d'une installation de ce genre. Le moteur principal M est alimenté directement par une génératrice G à tension variable portant sur son arbre une petite génératrice auxiliaire g, servant à l'alimentation des inducteurs du moteur M.

Nous signalerons, à titre d'exemple, que ce dispositif, appliqué à un moteur de 40 chevaux à 700 tours, a permis d'obtenir, par le jeu de la génératrice G, des vitesses comprises entre 70 et 350 tours et par le jeu de la génératrice g, une gamme de vitesses comprise entre 350 et 700 tours.

Moteurs à courants alternatifs. — A. *Réglage des moteurs monophasés à collecteur.* — Les ateliers de Constructions du Nord et de l'Est construisent des moteurs monophasés à collecteur du type à répulsion simple ou à répulsion compensée, système Latour (*fig.* 69), à réglage de vitesse.

Ces moteurs qui comportent un jeu de balais décalable par vis et volant, admettent, en bon fonctionnement, une variation de vitesse dans le rapport 1 à 2, à couple constant. Entre ces limites, le rendement et le facteur de puissance restent élevés : avec le moteur à répulsion compensé, ce dernier facteur atteint même l'unité.

On notera que ces appareils présentent une caractéristique série ; autrement dit, pour un calage donné, leur vitesse augmente à mesure que le couple diminue.

Dans certaines applications où le couple résistant est susceptible de s'annuler, il est prévu un dispositif spécial constitué par une self dérivée entre les balais d'excitation et destiné à limiter la vitesse à vide ; ce type d'électromoteur fonctionne alors dans les conditions d'un moteur compound à courant continu.

B. *Réglage de vitesse des moteurs d'induction polyphasés de moyenne et grosse puissance.* — Au point de vue de la facilité du réglage de la vitesse, le moteur à courant continu possède des qualités toutes spéciales qui sembleraient devoir rendre nécessaire l'emploi de ce mode de courant, dans toutes les installations utilisant des vitesses variables.

Cependant, la tendance actuelle à centraliser la production de l'énergie dans des stations génératrices à grand rayon d'action, impose corollairement, la généralisation du matériel à courants alternatifs et son adaptation aux exigences de l'industrie.

Le problème du réglage de la vitesse constitue l'un de ces désidérata. Nous examinerons donc successivement les différents procédés qui ont été proposés pour y satisfaire.

Si, dans un moteur asynchrone ordinaire, nous désignons par :

f, la fréquence du réseau en périodes par seconde ;
p, le nombre de paires de pôles ;
N, la vitesse à vide (vitesse de synchronisme), en tours par minute,

la formule :

$$(1) \qquad f = \frac{Np}{60},$$

permet de déterminer immédiatement la vitesse N.

On a, en effet, d'après (1) :

$$(2) \qquad N = \frac{60f}{p}.$$

Ainsi, pour un moteur à quatre pôles et un courant d'alimentation à 50 périodes :

$$N = \frac{60 \times 50}{2} = 1\,500 \text{ tours.}$$

D'après la formule (2), il est aisé de voir que, pour faire varier la vitesse, il suffira d'agir sur le facteur f (fréquence) ou sur le facteur p (nombre de paires de pôles).

1° Variation de vitesse par modification de la fréquence. — La variation de vitesse par variation de fréquence du réseau, n'est que très rarement employée. Elle est pratiquée dans des cas tout à fait spéciaux, par exemple, pour le réglage complet de la vitesse des moteurs à induit en court-circuit, de fortes puissances.

2° Variation de vitesse par modification du nombre de pôles. — Ce procédé a été employé par quelques constructeurs, sur des moteurs de faible puissance à induit en court-circuit.

En traction, où la puissance des moteurs devient assez importante, on emploie le montage en cascade (que nous examinerons plus loin) en concurrence avec le dispositif par changement du nombre de pôles.

Sur les locomotives du Simplon, les constructeurs ont adopté un dispositif très ingénieux dû à l'ingénieur Aichele.

Le rotor de ces moteurs est en cage d'écureuil ; l'armature

Digitized by Google

est constituée par des tubes de cuivre ventilés et les connexions d'extrémité peuvent supporter une température de 250° C. Au démarrage, la résistance du rotor s'élève d'environ 40 0/0, grâce au coefficient de température adopté pour les connexions extrêmes. Dès que la vitesse est atteinte, ces connexions se refroidissent rapidement et le glissement du moteur devient normal.

Le stator est constitué par deux enroulements distincts, l'un à douze pôles, l'autre à seize pôles, et chacun d'eux peut, à l'aide d'un combinateur, être divisé en deux parties, soit six ou huit pôles. Il y a donc ainsi, quatre vitesses possibles.

Le moteur étant en court-circuit, le démarrage s'opère sous tension réduite, à l'aide d'un autotransformateur branché tout d'abord sur l'enroulement à seize pôles, puis sur les enroulements à seize et douze pôles connectés en parallèle.

L'enroulement à seize pôles et l'autotransformateur sont ensuite mis hors circuit : l'enroulement à douze pôles reste alors seul en tension.

Le train passe, de cette façon, de 26 à 35 kilomètres à l'heure. Pour atteindre une vitesse supérieure, on branche l'enroulement à huit pôles en parallèle sur l'enroulement à douze pôles précédemment en service; celui-ci est mis ensuite hors circuit. La vitesse ainsi acquise, est alors de 52 kilomètres à l'heure. On opère de même, pour passer à la marche à six pôles permettant d'atteindre la vitesse maximum de 70 kilomètres à l'heure.

Les puissances absorbées aux différentes vitesses sont les suivantes :

Vitesse en kilomètres par heure.....	70	52	35	26
Nombre de pôles.....	6	8	12	16
Puissance en chevaux.....	850	750	650	550

3° Variation de vitesse par montage en cascade de plusieurs moteurs asynchrones. — Si l'on branche un moteur asynchrone sur un réseau de fréquence donnée et si le rotor est relié électriquement au stator d'un second moteur d'induction (*fig.* 70), le rotor de celui-ci étant fermé en court-circuit ou

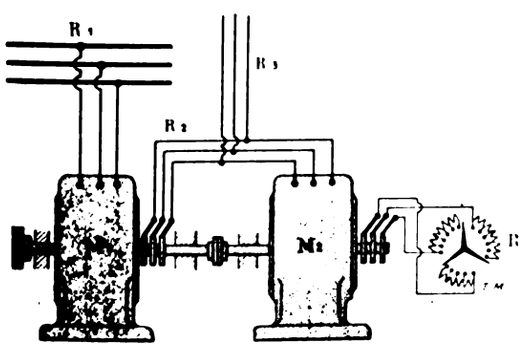


Fig. 70. — Montage en cascade de deux moteurs asynchrones triphasés.

sur un rhéostat, on obtient, en accouplant mécaniquement les arbres des deux moteurs, un montage en *tandem* ou en *cascade*.

Dans le cas où les deux moteurs ont le même nombre de pôles, il est facile de voir que les moteurs tourneront à une vitesse voisine de la demi-vitesse de synchronisme.

De même, s'il y avait m moteurs accouplés présentant un égal nombre de pôles, la vitesse obtenue par le montage en cascade, serait égale à $\frac{1}{m}$ de la vitesse acquise par un seul moteur branché sur le réseau.

Dans le cas où les moteurs présentent un nombre de pôles différent, la nouvelle vitesse obtenue correspond à celle que prendrait un moteur possédant un nombre de pôles égal à la somme des pôles des moteurs composants.

Si, par exemple, p_1, p_2, p_3 sont respectivement les nombres de paires de pôles de trois moteurs M_1, M_2, M_3, la vitesse que prendra l'ensemble de ces trois moteurs montés en cascade, f étant la fréquence du réseau, sera :

$$N = \frac{60f}{p_1 + p_2 + p_3}.$$

Il convient d'observer que, dans le montage en cascade de deux moteurs de même nombre de pôles, l'on obtient, sur le réseau R_2 reliant le rotor du moteur n° 1 au stator du moteur n° 2, un courant dont la fréquence est la moitié de celle du réseau principal R_1. De plus, par l'insertion de résistances dans le rotor du moteur n° 2, il est possible de faire varier la vitesse de l'ensemble, et, par suite, de modifier la fréquence du courant dans le réseau R_2.

4° Variation de vitesse par insertion de résistances dans le rotor. — Si les limites de réglage sont étendues, ce dispositif simple donne lieu à des pertes considérables. De plus, il ne permet pas d'obtenir à vide, une vitesse différente de celle du synchronisme. Cependant ce procédé est souvent employé dans de faibles limites de réglage (15 à 20 0/0) et sur des moteurs de puissance réduite.

Cas des moteurs triphasés à collecteur. — Les moteurs triphasés à collecteur, se composent d'un stator de moteur asynchrone triphasé normal et d'une armature de moteur à courant continu (*fig.* 71).

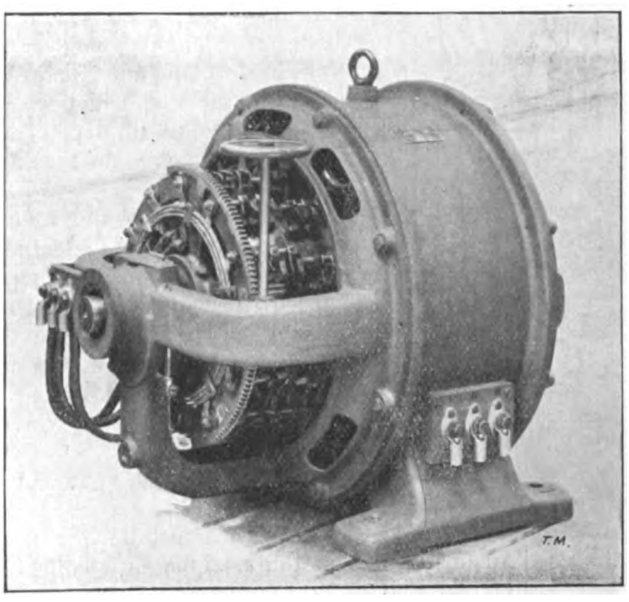


Fig. 71. — Moteur triphasé à collecteur.

Suivant le montage des connexions pratiquées entre le stator et le rotor, on peut donner à ce moteur une caractéristique série ou une caractéristique shunt.

1° Moteur a caractéristique série. — Pour réaliser un moteur dont le couple varie inversement à la vitesse, il suffit de brancher (*fig.* 72) le stator et le rotor en série sur le réseau.

Un transformateur statique permet d'abaisser la tension d'alimentation, s'il y a lieu, et de multiplier le nombre des phases d'alimentation du stator. Dans cette éventualité, deux montages sont possibles :

Digitized by Google

1° *Stator et rotor en série avec transformateur statique intermédiaire* (*fig.* 72). — Ce mode de connexion convient pour les tensions d'alimentation supérieures à 500 volts, lorsqu'il s'agit d'obtenir un réglage de vitesse étendu et pour les moteurs à démarrages fréquents. Il présente l'avantage de réduire les difficultés d'isolement de la machine.

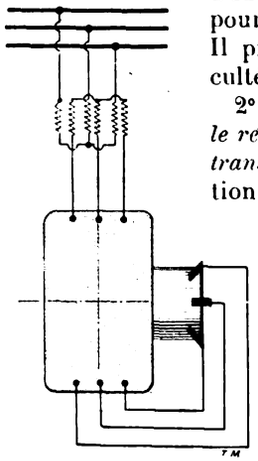


Fig. 72. — Moteur triphasé à collecteur avec transformateur d'alimentation de stator et de rotor.

2° *Le stator est alimenté directement par le réseau et le rotor, par l'intermédiaire d'un transformateur* (*fig.* 73). — Cette disposition est employée pour des moteurs à démarrages fréquents, lorsqu'on désire obtenir un réglage de vitesse limité et pour des tensions au plus égales à 500 volts.

Le transformateur du rotor n'étant dimensionné que pour la valeur de l'énergie de glissement, ce montage est plus économique que le précédent.

Le démarrage des moteurs triphasés à collecteur peut s'effectuer soit, par déplacement des balais sur le collecteur soit, suivant la proposition de M. Latour, à l'aide d'un rhéostat spécial ou d'un transformateur de démarrage.

La première méthode est particulièrement avantageuse pour les moteurs de faible puissance et ceux à démarrage fréquent. Les balais étant calés sur la ligne neutre, on branche le moteur sur le réseau. Pour cette position des balais, la machine n'exerce aucun couple et absorbe un courant d'environ 6 à 7 0/0 de la normale. On déplace ensuite les frotteurs sur le collecteur, jusqu'à ce que le moteur démarre, en observant que le sens donné au déplacement des balais, est inverse du sens de la rotation du moteur.

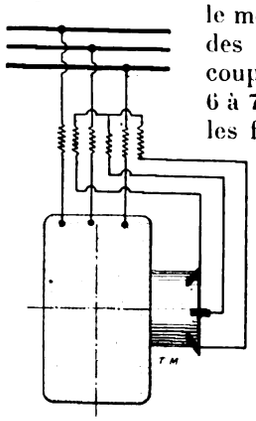


Fig. 73. — Moteur triphasé à collecteur avec transformateur d'alimentation du rotor.

Le démarrage à l'aide d'un rhéostat ou d'un transformateur s'effectue de façon identique à celle usitée pour les moteurs asynchrones triphasés à induit en court-circuit. Une telle pratique est particulièrement désignée pour les moteurs de forte puissance qui ne doivent démarrer que rarement.

Le rhéostat peut être connecté soit avant, soit dans le circuit du stator.

Les ateliers du Nord et de l'Est ont installé aux usines élévatoires d'Austerlitz, des moteurs triphasés à collecteur, système Latour de 500 HP, fonctionnant entre 500 et 700 tours. L'alimentation du rotor est réalisée par un transformateur fournissant 12 phases sur ses circuits secondaires.

Le démarrage s'effectue suivant le couplage spécial, étoile-triangle, système Latour, également adopté par les ateliers Siemens-Schuckert.

La figure 74 donne la reproduction photographique d'un moteur de 500 chevaux, installé aux mines de Bascoup, et dont la vitesse peut varier entre 430 et 217 tours.

Le moteur de la figure 75 développe une puissance de 27 chevaux sous une vitesse variable entre 350 et 750 tours. Quelques diagrammes de fonctionnement en sont donnés en figure 76.

Le type de moteur que nous venons de décrire permet de

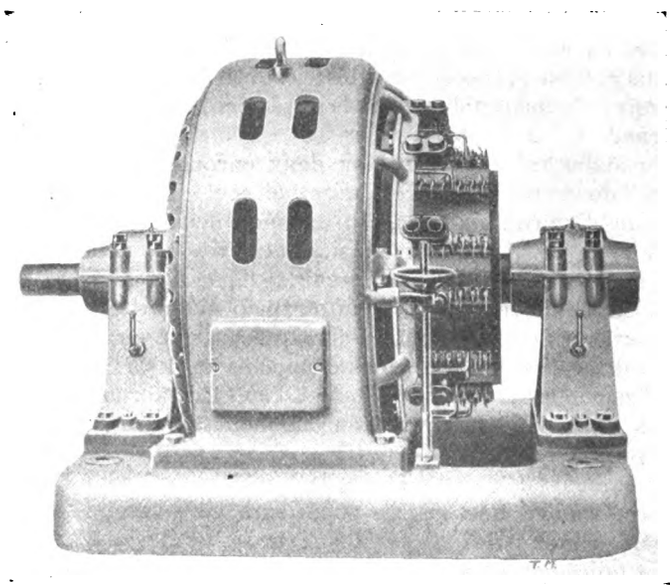


Fig. 74. — Moteur triphasé de 500 chevaux, 50 périodes, 110 volts, 217 tours (système Latour).

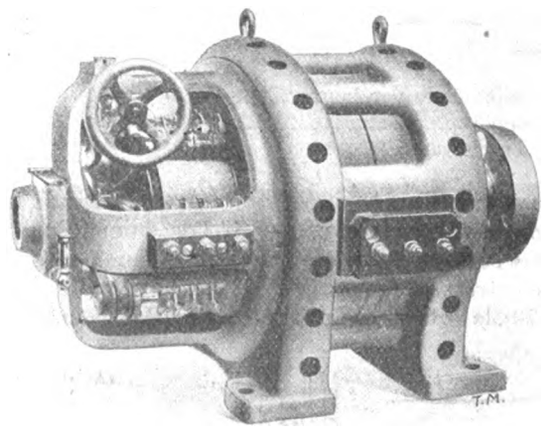


Fig. 75. — Moteur triphasé à collecteur de 27 chevaux, 220 volts, 50 périodes, 350-750 tours (système Latour).

régler la vitesse, jusqu'à 50 0/0 de la vitesse normale.

Pour obtenir un réglage plus étendu et plus précis, entre 5 et 130 0/0 de la normale, la Société Siemens-Schuckert emploie un moteur avec deux jeux de balais (*fig.* 77). L'un est fixe et le déplacement de l'autre permet d'obtenir la variation de vitesse.

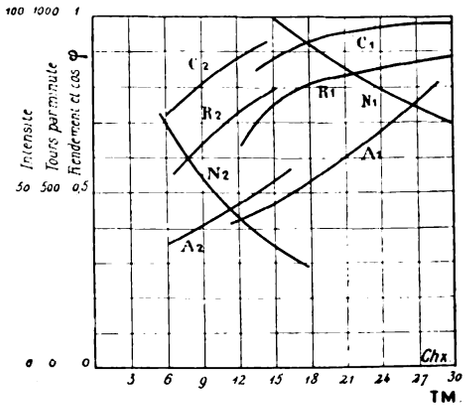


Fig. 76. — Courbes relatives à un moteur triphasé à collecteur : 27 ch. ; 220 V ; 50 P ; 350/750 T (système Latour).

Calage donnant couple normal	à 750 T.	à 350 T.
	A_1	A_2 intensités.
	R_1	R_2 rendement
	C_1	C_2 cos φ.
	N_1	N_2 nombre de tours.

En comparant les courbes des figures 78 et 79, on se rend facilement compte de la stabilité

Digitized by Google

de marche de ce moteur, par rapport à l'appareil à simple jeu de balais caractérisé en figure 78.

Les différents modes de connexion du moteur triphasé à

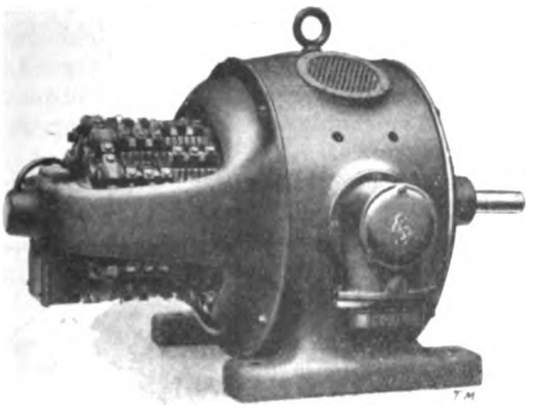


Fig. 77. — Moteur triphasé à collecteur système Siemens-Schuckert à deux jeux de balais.

collecteur de la Société Siemens-Schuckert sont indiqués sur les figures 80, 81, 82, 83, qui représentent le moteur à simple et à double jeu de balais, avec transformateur branché en amont du moteur ou entre le stator et le rotor de ce dernier.

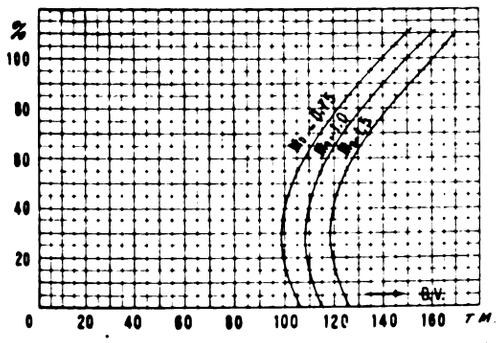


Fig. 78. — Nombre de tours en 0 0 d'un moteur triphasé série à collecteur Siemens-Schuckert avec simple jeu de balais, en fonction du décalage des balais.

BV = degrés électriques.
MD = couples.

Le transformateur branché avant le moteur doit offrir une puissance suffisante pour convertir toute l'énergie nécessaire, à la tension appropriée au moteur, tension qui n'est généralement pas supérieure à 100 volts.

Dans la plupart des cas, on préfère employer un transformateur intermédiaire, branché entre le stator et le rotor du moteur et dont la puissance doit être seulement limitée à la transformation de l'énergie correspondant à l'étendue du réglage.

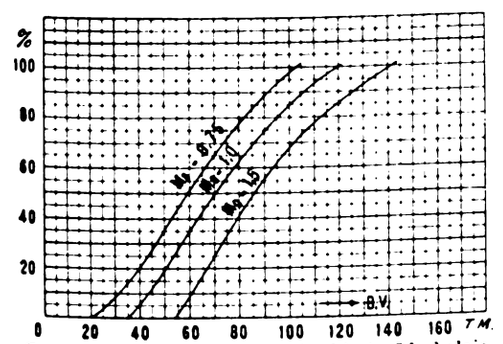


Fig. 79. — Cas du moteur à double jeu de balais.

En raison des propriétés de sa caractéristique série, il est prudent de protéger le moteur à l'aide d'un appareil à force centrifuge, qui coupe automatiquement le courant dans le stator, lorsque la vitesse devient dangereuse, et provoque l'action du frein mécanique.

La rotation de ce moteur peut s'effectuer dans les deux sens, suivant la position des balais par rapport à la ligne neutre. Cependant il est recommandable d'intervertir également (comme dans les moteurs asynchrones triphasés ordinaires) les connexions de deux phases au primaire. Cette interversion des phases, lorsque les balais traversent la ligne neutre, peut être effectuée automatiquement par un commutateur actionné en même temps que le collier porte-balais.

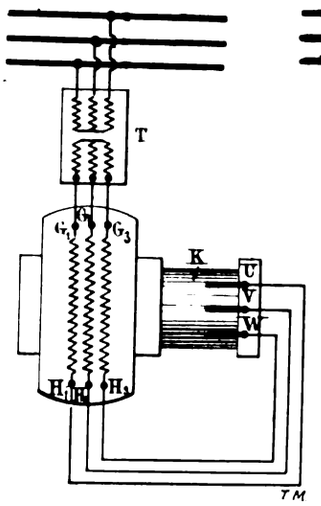


Fig. 80. — Moteur triphasé à collecteur, système Siemens-Schuckert, à simple jeu de balai avec transformateur branché avant le moteur.

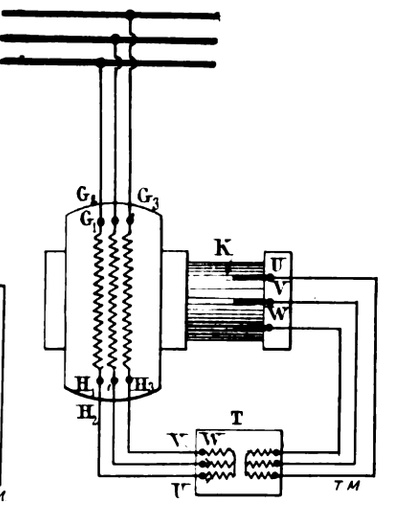


Fig. 81. — Moteur triphasé à collecteur Siemens-Schuckert, à double jeu de balais, avec transformateur intermédiaire.

Si l'on décale les balais en cours de marche, au delà de la ligne neutre, le moteur freine d'autant plus énergiquement qu'on accentue le décalage. Le moteur récupère alors sur le réseau; mais comme le courant ainsi produit n'est pas invariablement à la même fréquence, il n'est pas directement utilisable.

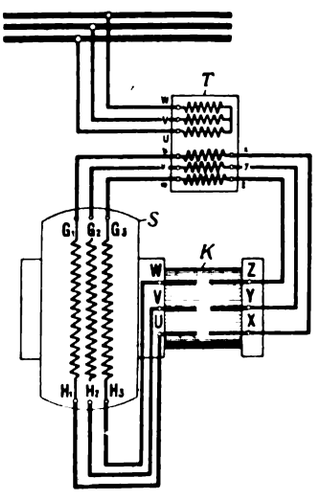


Fig. 82. — Moteur triphasé à collecteur à double jeu de balais avec transformateur branché avant le moteur.

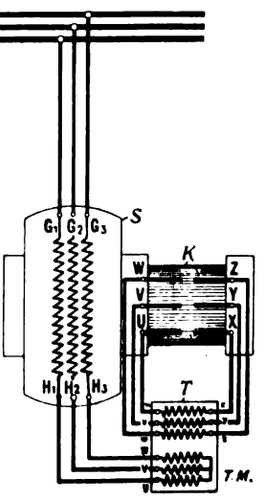


Fig. 83. — Moteur triphasé à collecteur à double jeu de balais avec transformateur intermédiaire.

Une propriété importante du moteur triphasé série, à collecteur, réside dans l'élévation de son rendement et du facteur de puissance, pour des vitesses assez éloignées de la vitesse normale. Lorsque celles-ci n'en diffèrent pas de plus de 20 0/0, le facteur de puissance à pleine charge est pratiquement égal à l'unité.

Digitized by Google

Le rendement en marche normale, en raison des frottements supplémentaires occasionnés par la présence des balais, est inférieur de 4 à 5 0/0 à celui d'un moteur asynchrone ordinaire de même puissance. Ce genre de moteur n'est donc pas recommandable lorsque la vitesse est constante ; par contre il devient extrêmement avantageux, dans les cas où la vitesse doit varier dans de grandes limites, à de fréquents intervalles.

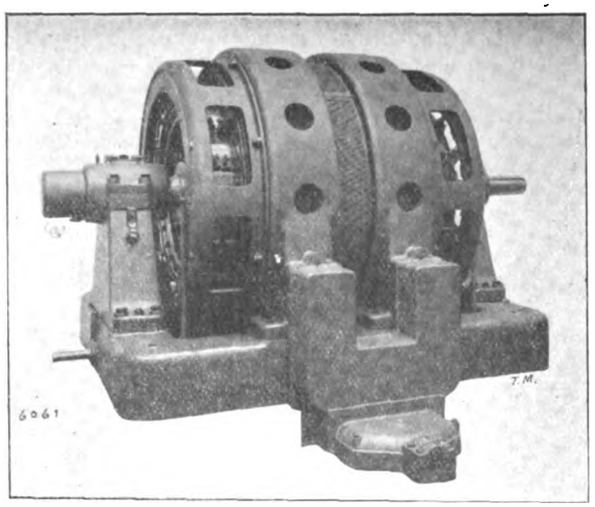


Fig. 84. — Moteur triphasé à double collecteur.

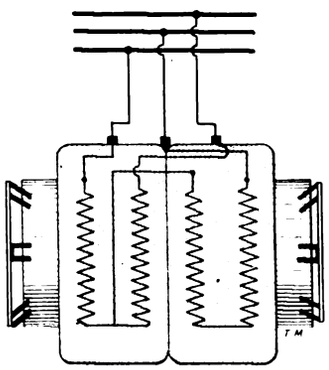


Fig. 85. — Moteur triphasé à double collecteur. Alimentation directe par le réseau.

Moteur triphasé à double collecteur, système Déri (*fig.* 84). — Au delà de certaines puissances, différents constructeurs, la Société Brown-Boveri, par exemple, préconisent le moteur à double collecteur. Le moteur Déri que présente cette dernière firme, est identique, quant à son fonctionnement, au moteur monophasé à collecteur. Toutefois, par suite d'un enroulement spécial, il peut être connecté par les trois bornes de son stator à un réseau triphasé, sans apporter aucun déséquilibrage, quelles que soient la puissance et la vitesse.

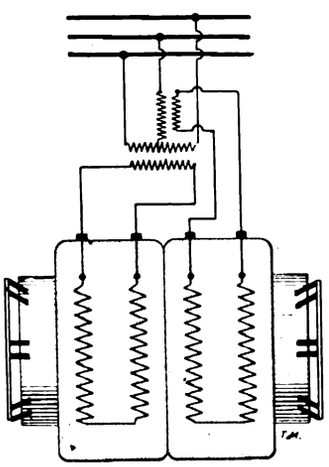


Fig. 86. — Alimentation par transformateurs monophasés associés en *Scott*.

L'alimentation peut être assurée directement par le réseau (*fig.* 85) ou bien par l'intermédiaire de deux transformateurs monophasés associés en Scott (*fig.* 86).

Ce moteur se compose essentiellement, au point de vue organique, de deux moteurs à collecteur à système magnétique indépendant, dont les rotors sont, soit montés sur un arbre commun (*fig.* 87), soit reliés par accouplement élastique ou rigide.

Les balais mobiles de chaque demi-moteur sont réunis mécaniquement, deux à deux, et actionnés identiquement par volant ou levier à main.

Si les balais mobiles sont disposés au voisinage des balais fixes dans la position zéro, le moteur ne produit aucun couple et le stator n'est traversé que par le courant de magnétisation, soit 30 à 40 0/0 du courant total à pleine charge. Le facteur de puissance est alors d'environ 0,1 à 0,2, de sorte que les pertes à vide atteignent, suivant la puissance du moteur, de 3 à 6 0/0 de la puissance normale.

Le déplacement simultané des deux groupes de balais mécaniquement accouplés, détermine un couple de rotation croissant, dont le sens est opposé à celui du déplacement des balais à partir du point zéro. Toutefois, on notera à l'avantage de ce moteur que, pour inverser son sens de rotation, il n'est plus nécessaire d'intervertir deux phases du stator, comme dans le cas des moteurs triphasés à collecteur.

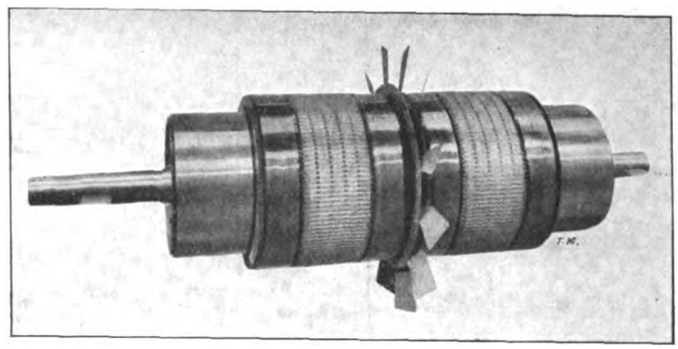


Fig. 87. — Rotor d'un moteur triphasé à double collecteur.

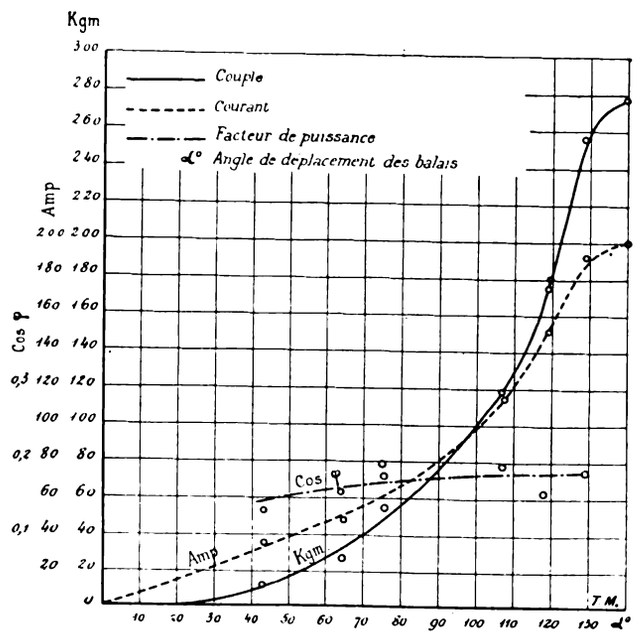


Fig. 88. — Couple de démarrage d'un moteur à double collecteur de 80 chevaux, 750 tours par minute, 500 volts, 50 périodes.

Grâce à sa commutation spéciale, le moteur, employé à la descente d'un fardeau, par exemple, peut être freiné en décalant les balais de façon à les placer dans la position de rotation inverse. L'énergie absorbée par freinage, est ainsi renvoyée au réseau (*freinage avec récupération*).

Mais contrairement à ce qui a lieu dans les moteurs tripha-

Digitized by Google

sés d'induction, ce freinage n'implique pas une vitesse de rotation déterminée et son efficacité dépend uniquement de la position donnée aux balais mobiles.

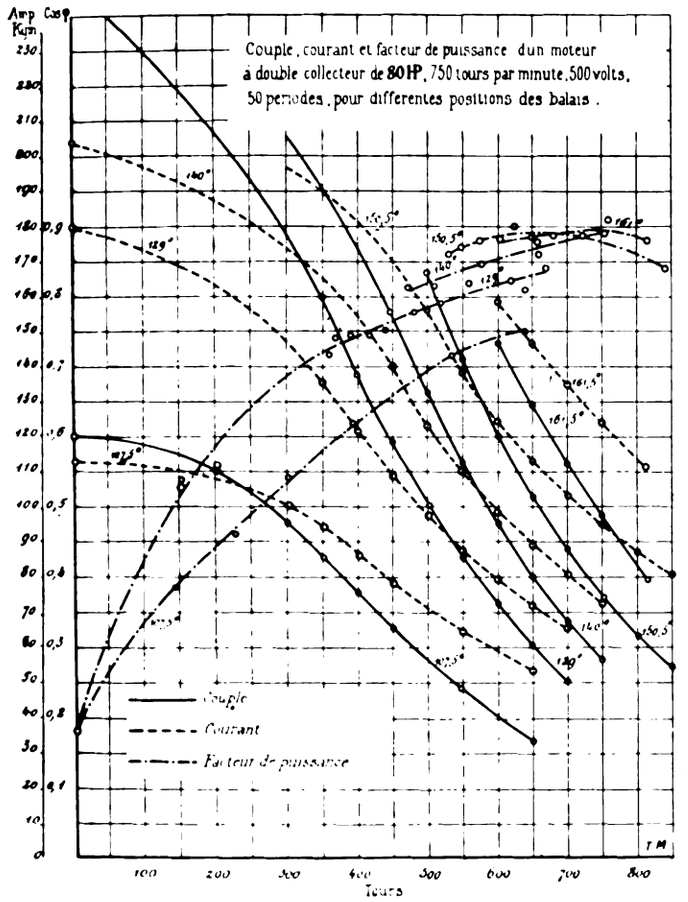


Fig. 89. — Courbes caractéristiques d'un moteur à double collecteur de 80 chevaux.

Les courbes des figures 88 et 89 fournissent les résultats d'essais effectués sur un moteur à double collecteur, d'une puissance de 80 HP à 750 tours, 500 volts, 50 périodes.

La consommation de courant au démarrage est particulièrement réduite. Ainsi, pour un couple égal à 3 ou 4 fois le couple normal, l'intensité absorbée à la mise en marche n'atteint que le double de l'intensité normale; ce qui, pour un facteur de puissance de 0,19, équivaut à une perte d'environ 30 kilowatts, soit à peu près 12 0/0 de la puissance qu'absorberait un moteur de même vitesse, dont le couple normal égalerait le couple de démarrage envisagé.

Le moteur à double collecteur a trouvé une application dans la commande des machines d'extraction. Son application peut cependant, être généralisée dans toutes les installations exigeant un réglage continuel de la vitesse, entre de larges limites, ou de fréquents changements de sens de rotation. Il s'emploie également pour la commande des pompes à piston et des compresseurs, des pompes centrifuges à faible vitesse, des petits laminoirs spéciaux, etc.

2° Moteur triphasé a collecteur a caractéristique shunt (*fig.* 90). — Ce moteur est caractérisé par sa vitesse à peu près constante à toutes les charges.

Le montage des connexions est effectué conformément au schéma de la figure 90. Le stator est relié directement à la ligne, et le courant du rotor est porté à la fréquence du réseau, par l'interposition d'un transformateur statique avec commutateur réducteur, permettant de régler à volonté la vitesse en marche à vide et de la maintenir constante à toutes les charges.

Ce moteur breveté par MM. Winter-Eichberg, en Allemagne, et par M. Roth, en France, est construit par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques (*fig.* 91).

La régulation de la vitesse d'un moteur triphasé à collecteur peut être réalisé soit par la variation de la tension d'alimentation du stator ou du rotor, soit par variation de l'intensité du champ magnétique tournant, soit enfin par déplacement des balais sur le collecteur.

Dans les deux premiers cas, le réglage communique au moteur une caractéristique shunt; dans le dernier cas, une caractéristique série.

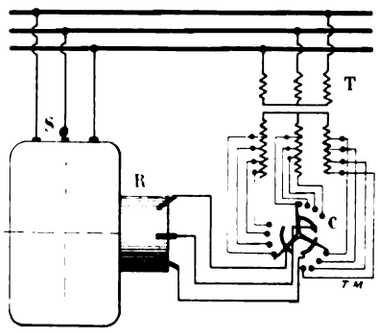


Fig. 90. — Moteur shunt triphasé à collecteur système Winter-Eichberg.

Régulation de vitesse des moteurs à collecteur à caractéristique shunt. — 1° *Par variation de tension de l'induit.* — La tension aux balais d'un moteur triphasé à collecteur, varie avec le nombre de tours de l'induit, suivant une loi telle qu'elle est maximum au repos et sensiblement nulle au synchronisme.

De la sorte, si l'on induit dans le circuit du stator, une tension égale et de sens contraire à celle du réseau, le moteur reste au repos; si l'on réduit ensuite la valeur de cette tension induite, le moteur tourne et atteint sa vitesse de synchronisme, lorsqu'elle devient nulle.

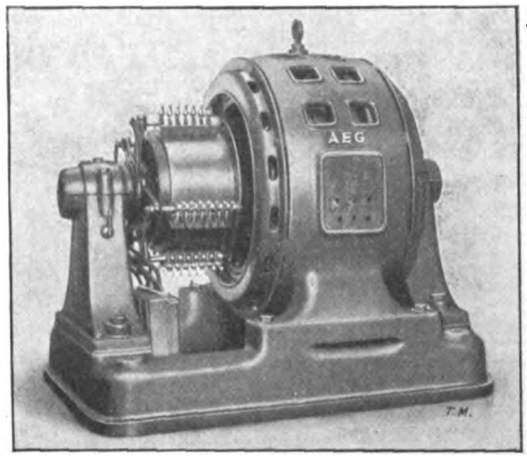


Fig. 91. — Moteur triphasé à collecteur système Winter-Eichberg.

Il est même alors possible de faire acquérir à l'armature, une *vitesse supérieure à celle du synchronisme*, si l'on introduit, par l'intermédiaire des balais, une tension qui s'ajoute à celle de l'induit.

Pratiquement, on dispose, entre l'induit et le réseau, un transformateur réglable ou un régulateur de potentiel, à moins que l'on utilise l'enroulement du stator comme autotransformateur, au moyen de prises supplémentaires reliées aux balais, par l'intermédiaire d'un contrôleur ou d'un commutateur réducteur.

Il est également possible de donner à ce moteur une caractéristique série, en branchant l'enroulement du stator en série avec le rotor et en plaçant les balais dans la position normale

Digitized by Google

de fonctionnement shunt. Il se produit alors à chaque variation de charge un champ magnétique, et la vitesse varie avec le couple, comme dans un moteur à courant continu.

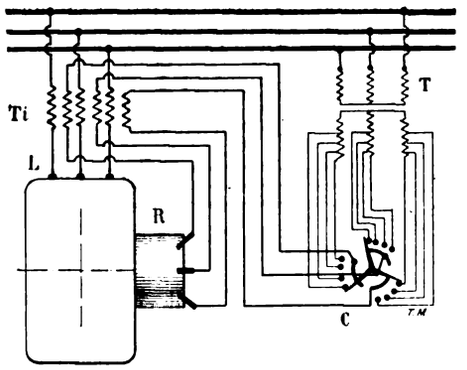


FIG. 92. — Moteur triphasé à collecteur système Winter Eichberg à caractéristique *compound*.

L, stator du moteur. — R, rotor du moteur. — T, transformateur régulateur. — T_i, transformateur d'intensité. C, commutateur-réducteur.

Une caractéristique compound peut également être obtenue par l'emploi d'un transformateur de courant T_i, dont l'enroulement secondaire est branché en série avec le transformateur de tension T (*fig.* 92).

La mise en marche s'effectue très simplement : on applique tout d'abord aux balais une contre-tension maximum, que l'on diminue peu à peu en agissant sur le transformateur T à l'aide du commutateur C; le moteur augmente peu à peu sa vitesse jusqu'à ce qu'il atteigne son allure de marche à vide.

La figure 93 indique le montage d'un moteur semblable, avec prises de courant sur le stator.

Tous les moteurs à collecteur, qu'ils soient à caractéristique shunt, série ou compound, sont prévus avec trois ou six balais sur le collecteur du rotor, suivant leur capacité nominale.

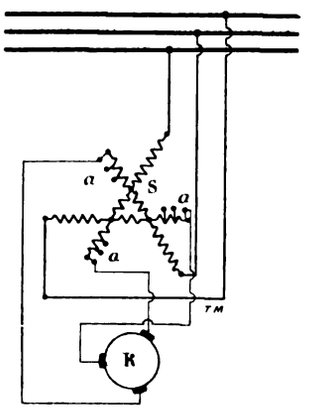


FIG. 93. — Schéma de montage d'un moteur triphasé à collecteur avec prises de tension sur le stator.

2° *Régulation par variation d'intensité du champ magnétique tournant, au moyen d'un enroulement excitateur auxiliaire.* — Pour des raisons de commutation, l'induit n'est généralement pas bobiné pour une tension supérieure à 350 volts. Dans le cas des moteurs de forte capacité, le dispositif précédent conduirait donc à un appareillage de contrôle encombrant et onéreux.

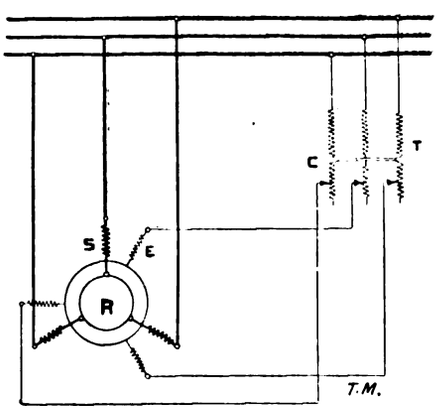


FIG. 94. — Schéma de montage d'un moteur triphasé à collecteur avec enroulement excitateur auxiliaire.

On tourne cette difficulté, en opérant alors sur l'intensité du champ du stator, au moyen d'un enroulement excitateur auxiliaire. Les manœuvres ne sont appliquées que sur le courant d'excitation et, ainsi, la capacité des appareils et transformateurs nécessaires, est rendue moins importante

Cette méthode est semblable en tous points, à celle employée avec les moteurs à courant continu à excitation séparée : la vitesse varie en rapport inverse avec l'intensité du champ.

La figure 94 indique le schéma de montage d'un moteur triphasé shunt à collecteur, avec enroulement d'excitation auxiliaire E.

Groupes de réglage. — Les moteurs triphasés à collecteur que nous venons de décrire, ne se construisent plus actuellement, pour des puissances supérieures à 300 ou 400 chevaux. On est donc obligé, lorsque des puissances plus élevées sont en jeu, de recourir à d'autres dispositifs constitués par l'association de machines spéciales ou *groupes de réglage*.

Avant la création de ces dispositifs, on employait pour les gros moteurs et on emploie encore quelquefois, en raison de sa simplicité et des frais réduits d'installation, le réglage par insertion de résistances dans le rotor. Lorsqu'une résistance est branchée aux bagues d'un moteur asynchrone, il se produit dans le rotor, une chute de tension proportionnelle à l'intensité de courant qui la parcourt. Le voltage aux bagues doit donc s'élever dans le même rapport, et la vitesse diminue proportionnellement.

La chute de vitesse étant subordonnée à l'intensité des courants dans le rotor, c'est-à-dire à la charge du moteur, il s'ensuit que la vitesse à vide est toujours pratiquement égale à la vitesse normale, quelle que soit la valeur de la résistance intercalée. En d'autres termes, il n'est pas possible de régler la vitesse du moteur à vide, mais seulement en charge.

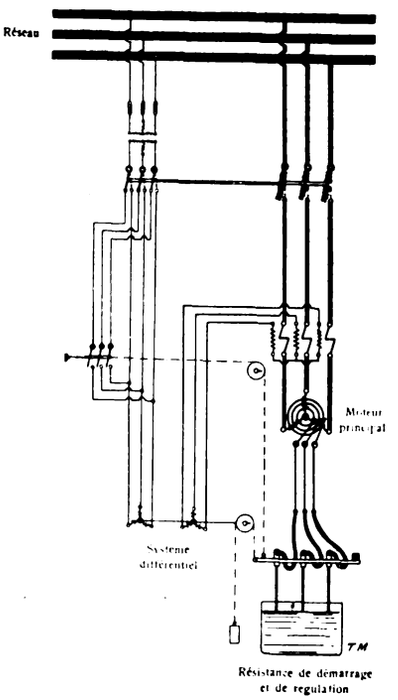


FIG. 95. — Réglage par insertion de résistances dans le rotor. Dispositif automatique de démarrage et de glissement, système « Brown-Boveri ».

Dans certaines applications, la commande des trains de laminoirs, par exemple, il arrive souvent que la vitesse de régime du laminage doit être maintenue constante, la résistance du rotor ne servant qu'à réaliser un glissement artificiel dans le but de libérer l'énergie cinétique des masses en mouvement.

Il paraît alors souvent avantageux, d'employer un dispositif automatique de réglage du glissement, ayant pour effet de ne provoquer la libération des forces d'inertie qu'à l'époque des surcharges et qui présente, en outre, l'avantage d'assurer le démarrage automatique du moteur. Ce dispositif, dont le fonctionnement ressort du schéma (*fig.* 95), comporte un système différentiel, faisant varier la vitesse du rotor en fonction du couple exercé par la machine. Il est prévu de façon à assurer un glissement de 6 0/0 environ, à pleine charge et de 20 0/0 environ, pour une surcharge de 100 0/0.

En résumé, le réglage par résistance présente les inconvénients suivants :

Pertes d'énergie inévitables, proportionnelles, d'une part, au

Digitized by Google

glissement et, d'autre part, à la puissance demandée au réseau;
Imprécision du réglage.

Ces inconvénients sont compensés en partie, par la simplicité de l'installation et la modicité des frais de premier établissement.

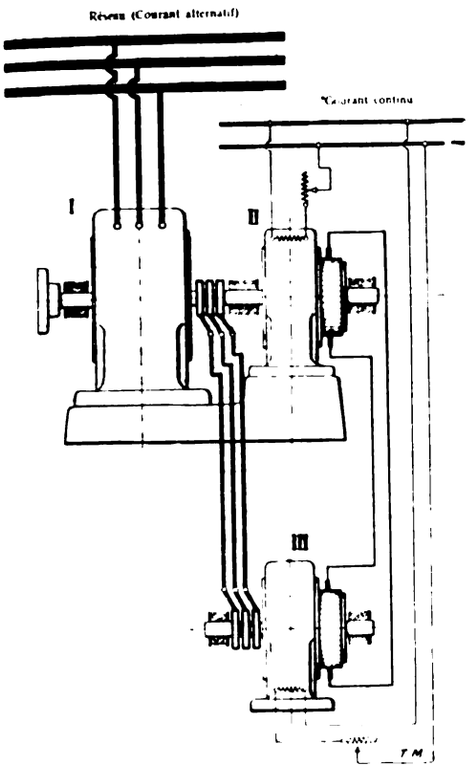


Fig. 96. — Réglage à l'aide d'une commutatrice système Kramer.

I. Moteur principal.
II. Moteur auxiliaire à courant continu.
III. Commutatrice.

Les dispositifs de réglage que nous envisagerons maintenant, permettent de régler la vitesse à vide entre certaines limites. Ils sont basés sur l'utilisation, dans d'autres machines, de l'énergie rotorique du moteur asynchrone principal.

1° Réglage a l'aide d'une commutatrice système Kramer. — L'énergie du rotor est transformée en courant continu, à l'aide d'une commutatrice connectée aux bagues du moteur principal (*fig.* 96) et transmise à un moteur auxiliaire. Ce dernier convertit l'énergie de glissement en énergie mécanique et la restitue sur l'arbre principal.

Le réglage de la vitesse s'effectue par modification de l'excitation du moteur auxiliaire. Si cette excitation est augmentée, la tension croît aussi bien sur le collecteur que sur les bagues de la commutatrice et, la tension rotorique du moteur principal augmentant, sa vitesse diminue.

La vitesse de la commutatrice dépend de la fréquence aux bagues du moteur principal. Lorsque ce dernier tourne à vitesse maximum, le glissement et par suite la fréquence sont faibles et la commutatrice tourne lentement. Si la vitesse du moteur décroît, la fréquence et par suite la vitesse et la tension de la commutatrice augmentent proportionnellement à cette diminution. Donc, pour une puissance donnée du moteur principal, la capacité de la commutatrice est théoriquement indépendante de la valeur du réglage à obtenir.

Ce système se prête bien à la réalisation de variations de vitesse, entre des limites étendues. En outre, le facteur de puissance du moteur principal peut être ramené à l'unité, par l'excitation de la commutatrice.

2° Réglage a l'aide d'un transformateur de fréquence (Alexandre Heyland). — Ce dispositif, construit par la maison Siemens-Schuckert, consiste en un induit de commutatrice (*fig.* 97), recevant par le collecteur, le courant du rotor à une fréquence inférieure à celle de la ligne et transformant ce courant à la fréquence du réseau. L'inducteur de la machine présente cette singularité de n'être alimenté par aucune source de courant. Théoriquement, rien ne s'opposerait à ce que cet inducteur soit constitué par un simple circuit magnétique sans pôles ni enroulements ; cependant, en vue d'obtenir une bonne commutation, l'inducteur est muni de pôles de commutation. L'étendue de réglage offert par ce dispositif, est de 50 à 120 0/0 de la vitesse normale.

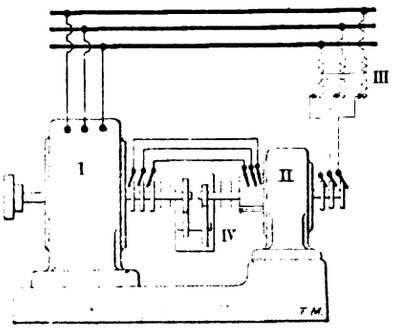


Fig. 97. — Réglage à l'aide d'un transformateur de fréquence (Heyland).

I. Moteur principal.
II. Transformateur de fréquence.
III. Transformateur statique de réglage.
IV. Commande par engrenage différentiel.

La fréquence du courant rotorique devant être égale à celle du courant passant par le collecteur et les bagues du transformateur de fréquence, il devient nécessaire de régler d'une façon très précise la vitesse de ce dernier.

Ce réglage peut être obtenu, soit en accouplant directement le transformateur de fréquence au moteur principal (*fig.* 97), soit en commandant électriquement le transformateur de fréquence, à l'aide d'un moteur auxiliaire synchronisé avec le moteur principal (*fig.* 98).

D'autre part, la tension au rotor du moteur principal, variant avec la fréquence du courant qui le parcourt, il est nécessaire de pouvoir faire varier la tension de celui-ci. Dans ce but on prévoit un transformateur statique (III, *fig.* 97, et IV, *fig.* 98), dont le secondaire est muni de prises aboutissant à un commutateur réducteur connecté aux bagues du transformateur de fréquence.

Lorsque le transformateur de fréquence est commandé électriquement (*fig.* 98), on branche le stator du petit moteur

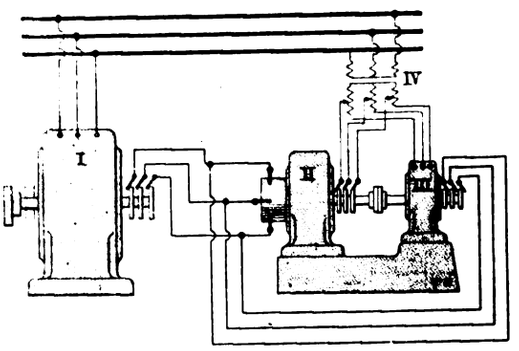


Fig. 98. — Réglage a l'aide d'un transformateur de fréquence (Heyland), avec commande électrique du transformateur de fréquence.

I. Moteur principal. — II. Transformateur de fréquence. — III. Moteur auxiliaire de commande du transformateur de fréquence. — IV. Transformateur statique de réglage.

asynchrone de commande (III, *fig.* 98) directement sur le secondaire du transformateur de réglage; son rotor est alors relié à l'aide des bagues au rotor du moteur principal. La puissance de ce moteur auxiliaire est très faible (2 à 3 0/0 de la puissance du moteur principal) ; elle ne correspond d'ailleurs qu'aux pertes mécaniques du transformateur de fréquence.

Nous signalerons que le transformateur de fréquence d'Heyland, permet d'améliorer le cos φ du réseau (*compensateur de phase*). Il suffit pour cela, de décaler le rotor du transformateur de fréquence par rapport à celui du moteur principal.

Un tel dispositif fournit une caractéristique shunt; on peut cependant donner à l'ensemble une caractéristique com-

Digitized by Google

pound, en montant un transformateur série entre le moteur principal et le transformateur de fréquence.

Dans certaines applications exigeant un accroissement de couple consécutif à une diminution de vitesse, la Société Siemens-Schuckert préconise un montage analogue, complété par un moteur asynchrone auxiliaire monté en cascade avec le moteur principal et dont la vitesse est réglée par le transformateur de fréquence.

3° Réglage a l'aide d'une distribution de courant a fréquence et tension variables par génératrices triphasées a collecteur. — Ce procédé de réglage est applicable aux machines très puissantes. Le moteur principal est alors du type asynchrone à induit en court-circuit alimenté, à l'aide d'une génératrice spéciale, en courants triphasés à fréquence variable.

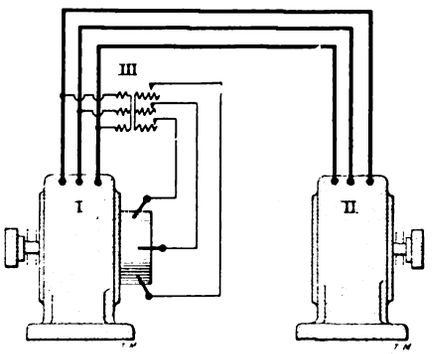


Fig. 99. — Réglage par variation de fréquence à l'aide d'une génératrice triphasée à fréquence et tension variables.

I. Génératrice triphasée à collecteur à fréquence variable. — II. Moteur asynchrone principal à induit en court-circuit. — III. Transformateur triphasé statique de réglage.

La figure 99 représente le montage auquel conduit ce dispositif. La génératrice (I) est du type triphasé à collecteur, auto-excitatrice et à vitesse constante, système *Latour*. Elle est munie d'un transformateur de réglage (III), qui permet de faire varier la fréquence et la tension d'alimentation du stator du moteur asynchrone principal.

Ce procédé offre un réglage de vitesse très étendu, en même temps que la possibilité de faire emploi de moteurs à induit en court-circuit, dont les qualités de robustesse et d'économie sont particulièrement appréciables.

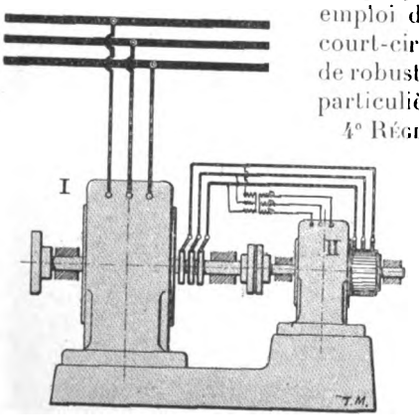


Fig. 100. — Réglage à l'aide d'un moteur auxiliaire triphasé à collecteur.

I. Moteur principal. — II. Moteur triphasé à collecteur de réglage.

4° Réglage a l'aide d'un moteur auxiliaire triphasé a collecteur. — L'énergie du rotor est envoyée directement dans un moteur triphasé à collecteur, accouplé directement au moteur principal (*fig.* 100) (brevets Leblanc et Krämer).

Le choix du moteur à collecteur dépend du réglage à obtenir. A cet égard, on peut faire emploi soit d'un moteur série à décalage de balais, soit d'un moteur shunt ou compound.

Quoi qu'il en soit, on retiendra que ce type de moteur est, par ses caractéristiques, sensiblement autorégulateur de puissance.

5° Réglage a l'aide d'un groupe auxiliaire triphasé a collecteur-génératrice asynchrone (*fig.* 101). — Dans le dispositif Scherbius-Brown-Boveri, le courant rotorique du moteur principal est, comme dans le procédé que nous venons de décrire, envoyé directement dans un moteur triphasé. Toutefois celui-ci est accouplé directement à une génératrice asynchrone qui débite sur le réseau (*fig.* 102).

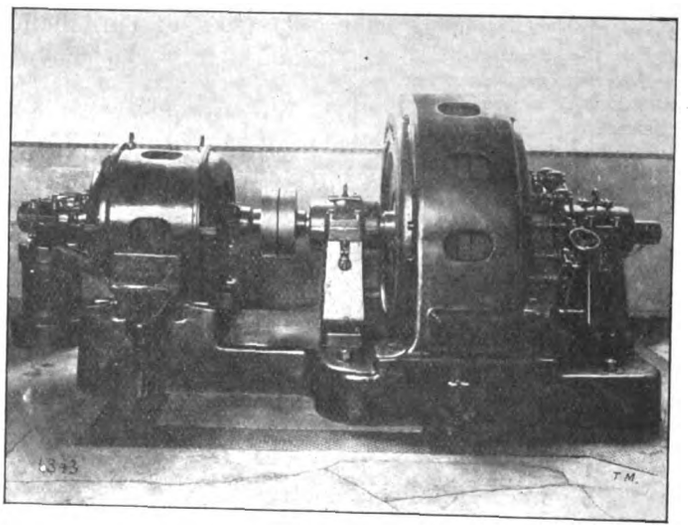


Fig. 101. — Groupe de réglage pour un moteur asynchrone triphasé de 1 040 chevaux, 5 000 volts, 50 périodes commandant un ventilateur (Réglage de la vitesse 25 0/0.)

L'avantage de cette disposition, comme de la précédente, résulte de la réalisation d'un réglage sans pertes.

A cet avantage, le couplage en cascade en ajoute d'autres non moins importants, car il permet d'obtenir soit, comme dans les moteurs à courant continu shunt, une vitesse constante indépendante de la charge; soit, comme dans les moteurs à courant continu compound, une vitesse variable avec la charge.

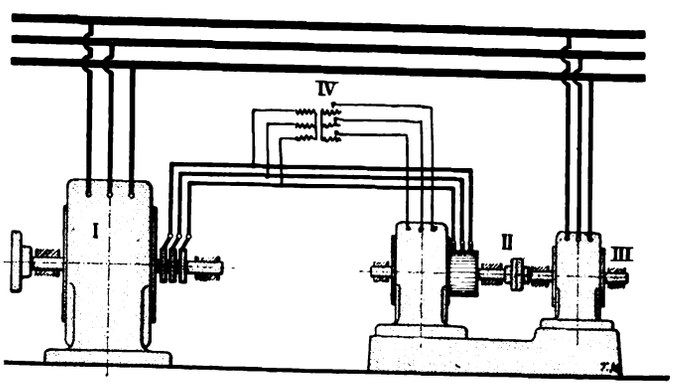


Fig. 102. — Réglage de vitesse à l'aide d'un groupe auxiliaire triphasé à collecteur-génératrice asynchrone.

I. Moteur principal. — II. Moteur triphasé à collecteur. — III. Génératrice asynchrone. — IV. Transformateur statique de réglage.

En outre, il permet de ramener le facteur de puissance à l'unité et cela quelles que soient la vitesse et la charge.

Comparé aux méthodes précédentes, il présente l'avantage de faciliter le branchement du moteur principal, directement sur un réseau à haute tension, le moteur à collecteur auxiliaire n'étant soumis qu'à la faible tension due au glissement de ce dernier.

On notera que si le moteur à collecteur est du type *série*, le glissement du moteur principal augmentera avec la charge, puisque le champ inducteur de la machine à collecteur et, par suite, sa force électromotrice, croissent avec le courant d'excitation.

Si, au contraire, le moteur à collecteur est du type *com-*

Digitized by Google

pound système Latour, il deviendra possible d'obtenir des vitesses déterminées à vide et en charge.

Modes de couplage. — Le moteur à collecteur, branché aux bagues du moteur d'induction principal, reçoit de celui-ci l'énergie de glissement et la transforme en énergie utilisable. Le rendement du groupe n'est donc pas sensiblement différent du rendement du moteur principal seul.

L'énergie de glissement, récupérée par le moteur à collecteur, peut être restituée à l'installation sous forme mécanique ou sous forme électrique.

La figure 100 (*Lahmeyer-Krämer*) montre un groupe constitué par le moteur principal d'induction et un moteur à collecteur calés sur le même arbre, l'énergie de glissement étant alors récupérée sous forme mécanique.

D'ailleurs, ce groupe est encore susceptible de donner sa pleine puissance à la vitesse minimum, car le couple du moteur à collecteur augmente proportionnellement à la diminution de vitesse. Dans tous les cas, la puissance du moteur est déterminée d'après la puissance totale et le pourcentage de variation de vitesse.

Avec la disposition représentée en figure 102, le moteur à collecteur est accouplé à une génératrice asynchrone qui transforme l'énergie de glissement en énergie électrique restituée au réseau. Ainsi, le petit groupe moteur-générateur est, au point de vue mécanique, complètement indépendant du moteur principal. Il peut être ainsi construit pour la vitesse optime et installé à distance.

Le groupe peut fonctionner à couple constant, disposition applicable à un moteur de puissance et de vitesse quelconques. Le rendement de l'ensemble est moins satisfaisant qu'avec la disposition Lahmeyer-Krämer (*fig.* 100), par suite de l'adjonction d'une machine supplémentaire. Toutefois, dans certains cas, cette considération devient négligeable, en présence de l'avantage qui résulte de l'indépendance du groupe.

Dans le cas où le moteur principal présente une grande vitesse et si les limites du réglage sont peu étendues, la disposition Lahmeyer-Krämer est vraisemblablement la plus économique et la meilleure.

Dans le cas d'un moteur à vitesse lente, au contraire, ou si l'on rejette la transmission par courroie, il sera plus indiqué d'adopter la disposition Brown-Boveri-Scherbius (*fig.* 102), principalement si la variation de vitesse est considérable.

Enfin, il se peut que l'on dispose dans l'usine d'un arbre de transmission à vitesse constante et susceptible d'utiliser tout ou partie de l'énergie. Il sera facile alors, d'accoupler à cet arbre, le moteur à collecteur lequel, destiné à tourner à vitesse constante, pourra présenter des dimensions plus réduites.

La figure 103 représente le schéma des connexions d'une installation complète avec groupe moteur-générateur.

H représente le moteur principal qui peut être branché sur le réseau par l'intermédiaire de l'interrupteur tripolaire S_h et que l'on fait démarrer par le rhéostat A_1.

K représente le moteur à collecteur, directement accouplé à la génératrice asynchrone G. Cette dernière est mise en marche comme moteur, par l'intermédiaire de l'interrupteur tripolaire S_k et du démarreur A_2.

S_k est un interrupteur tripolaire à deux directions, qui permet de brancher le rotor du motor principal soit sur le démarreur (position *a*) pour le démarrage, soit sur le moteur à collecteur (position *b*). Ce dernier est excité en dérivation par l'intermédiaire d'un transformateur à excitation T.

Le circuit du moteur principal comprend un ampèremètre, un voltmètre, un wattmètre ; celui de la génératrice : un ampèremètre et un wattmètre.

Un relais à maximum et à temps, agit en cas de surcharge exagérée ou en cas de court-circuit, en interrompant le circuit de la bobine à tension nulle m_1. Le cliquet h_1 tombe alors et l'interrupteur S_h s'ouvre brusquement sous l'influence d'un ressort.

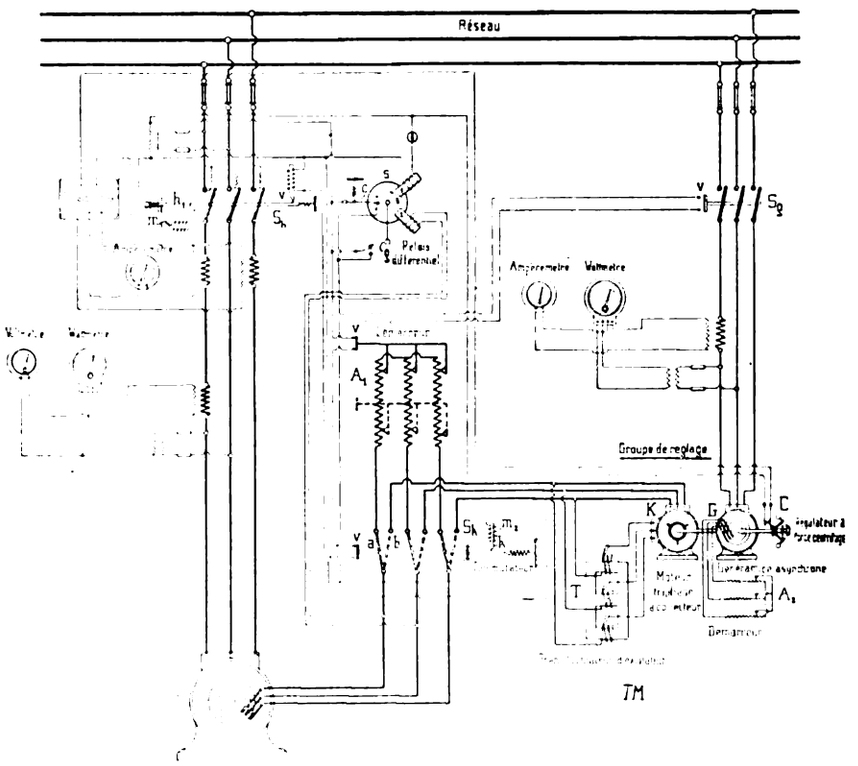


FIG. 103. — Schéma général des connexions d'un groupe de réglage Brown-Boveri-Scherbius.

Un régulateur à force centrifuge C ouvre, pour une certaine vitesse, le circuit de la bobine à tension nulle m_1 et produit ainsi le déclenchement de l'interrupteur S_h, en cas d'emballement du moteur.

A la mise en marche de l'installation, on démarre le groupe moteur-générateur, en actionnant la génératrice asynchrone comme moteur. On met ensuite en marche le moteur principal ; le commutateur S_k se trouve alors dans la position *a*.

Lorsque la tension sur le rotor du moteur principal atteint la valeur qui correspond à la plus faible vitesse à obtenir, le relais différentiel entre en jeu. Le disque S, qui est normalement maintenu par le poids (*g*) dans la position indiquée sur la figure 103, tourne sous l'action différentielle des bobines 1 et 2 dans le sens de la flèche ; il ferme le contact (*c*) de la bobine m_2 : le cliquet *k* est attiré et le commutateur S_k est brusquement ramené par un ressort à la position *b*, branchant ainsi le moteur à collecteur sur le moteur principal. A l'arrêt, le commutateur S_k revient à la position initiale *a*.

L'inversion du commutateur s'effectue toujours à partir de la vitesse la plus faible qui marque le début du réglage. Celui-ci peut être pratiqué à la main ou automatiquement.

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

CHAPITRE I

LE MOTEUR ÉLECTRIQUE A L'ATELIER

Avantages de la commande individuelle. — L'un des avantages les plus manifestes de la commande individuelle des machines-outils sur la commande groupée, résulte de l'économie de puissance qu'elle procure. La première, en effet, ne consomme à peu de choses près que la puissance utile et ne provoque aucune perte d'énergie à l'arrêt, tandis que la seconde dissipe un fort pourcentage de force motrice dans les paliers et organes de transmission intermédiaires. A cet égard, il n'est pas rare de rencontrer des installations dans lesquelles une importante fraction de la capacité du moteur est employée à entraîner la transmission, et nous mentionnerons le cas d'une installation d'atelier où nous eûmes à constater une perte intermédiaire, *sensiblement équivalente* à la puissance utile.

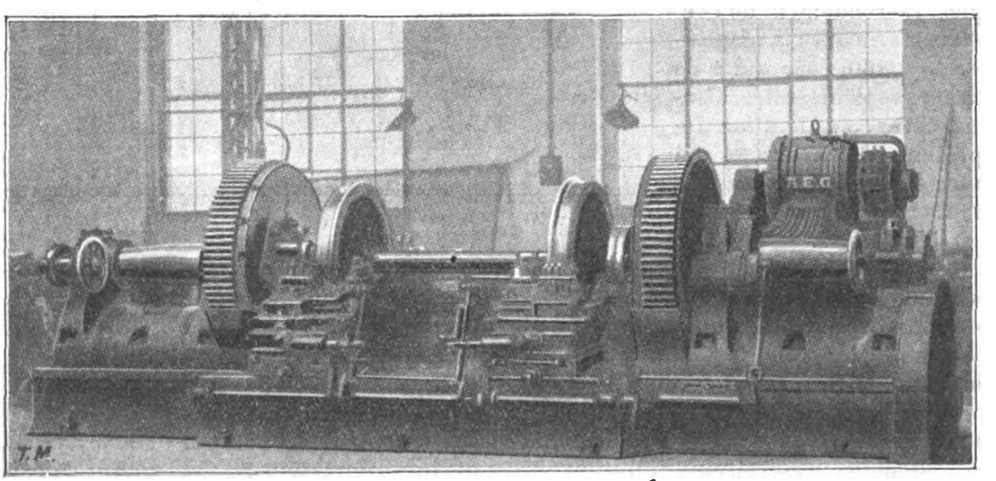


Fig. 104. — Moteur triphasé à collecteur type AEG actionnant un tour à roues.

Hormis l'avantage précédent, la conduite individuelle assure un gain de temps appréciable sur la commande par courroies et poulies-cônes, qui exige des manœuvres incommodes et souvent assez longues, un réalignement des transmissions, un examen fréquent des paliers, etc. ; opérations d'autant plus onéreuses qu'elles sont généralement pratiquées en dehors des heures de travail et par conséquent rétribuées à un taux de salaires plus élevé.

D'ailleurs, le moteur unique qui doit assurer l'entraînement de l'ensemble, est, le plus souvent, isolé de l'atelier. Il en résulte que ses réparations sont rendues plus longues et plus difficiles, sa surveillance moins certaine, et ces considérations sont d'autant plus importantes que toute avarie survenant pendant les heures de travail condamnera au repos l'atelier tout entier. Par contre, si l'on compare la commande individuelle, on observera que la mise hors service de l'un des moteurs d'entraînement, n'immobilise qu'une machine et que, le cas échéant, l'ouvrier pourra se transporter sur une machine voisine sans occasionner la moindre perte de temps dans la production.

Par surplus, il deviendra possible de loger les machines à conduite individuelle, au mieux de l'espace dont on dispose et des conditions d'éclairage de l'atelier. En ce qui concerne la première de ces propriétés, nous mentionnerons l'exemple d'un atelier de poinçonnage, actionné tout d'abord par transmissions à poulies, et pour lequel l'application de la commande individuelle a permis de disposer neuf machines dans l'espace initialement occupé par quatre d'entre elles.

Une nouvelle considération en faveur de la commande individuelle, réside dans la commodité qu'elle offre pour les transformations et déplacements dans l'usine, au moyen de palans ou de ponts-roulants ou par l'emploi de machines transportables.

Eu égard à la considération d'éclairage, on sait combien la disposition classique des machines en deux alignements parallèles à l'arbre principal est désavantageuse, la moitié du personnel ouvrier étant placée entre la lumière et la pièce à usiner. Il convient plutôt que les machines soient orientées dans un sens perpendiculaire au précédent et, sous ce rapport, on comprendra que la commande individuelle facilite encore considérablement cette disposition.

D'ailleurs, l'éclairage d'une usine composée de machines à commande individuelle, est de beaucoup supérieur à celui qui doit résulter de la commande par transmission, dont les

Digitized by Google

organes auxiliaires contribuent à obscurcir notablement l'atelier qui en est pourvu. Il nous est arrivé notamment de visiter un atelier de 27 × 60 mètres qui, en dépit d'une orientation particulièrement avantageuse (la hauteur du bâtiment par rapport aux immeubles voisins, étant telle qu'aucune ombre n'était projetée sur les fenêtres de l'atelier, de huit heures du matin au coucher du soleil), obligeait à maintenir l'éclairage artificiel en plein jour, au milieu de la salle, en raison de l'obscurcissement produit par la commande de machines à renvois multiples.

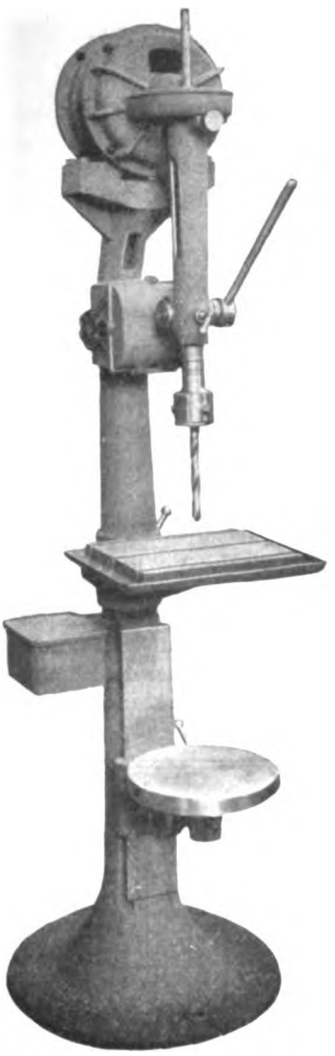


Fig. 103. — Machine à percer à commande électrique.

De même, les perfectionnements d'un atelier moderne imposent de temps à autre, la nécessité d'assurer l'adjonction ou la substitution de certaines machines, toutes opérations très faciles avec la commande individuelle et qui, au contraire, deviennent particulièrement longues et onéreuses, lorsqu'elles exigent le démontage de transmissions plus ou moins compliquées.

D'ailleurs, la conduite individuelle assure un rendement plus satisfaisant en raison des meilleures conditions de fonctionnement du moteur. Cet avantage devient particulièrement manifeste par la comparaison de machines à vitesse variable, munies de moteurs à courant continu, avec le cas où ces variations sont réalisées au moyen de poulies-cônes à quatre ou cinq étages de vitesse.

Enfin, il convient de remarquer que le nombre des accidents occasionnés au personnel, par l'emploi de certaines machines (cisailles, poinçonneuses, etc.) est considérablement moindre avec la conduite individuelle que par l'entraînement usuel par courroie attaquant le volant de commande. Il suffit, en effet, d'une fausse manœuvre de la pédale de mise en marche, pour provoquer l'accomplissement d'un cycle complet de fonctionnement de la machine, et occasionner un accident au préjudice de l'ouvrier occupé à la fixation de la pièce à usiner ou à l'ajustage de l'outil. Avec la conduite individuelle, au contraire, le moteur peut être isolé au cours des opérations préparatoires et permettre ainsi, d'éliminer tout danger de cet ordre.

Dépenses relatives d'installations des commandes individuelles et des commandes par groupes de machines. — Dans un atelier en cours d'installation, le choix du type de commande des machines est un problème de première importance. Il y aura donc lieu, en pratique, d'appliquer le calcul à la dépense inhérente aux deux cas possibles et d'interpréter les différences obtenues. Afin d'initier le lecteur à ce genre de spéculation, nous présentons ci-après un exemple basé sur les besoins d'un petit atelier de construction.

I. — Frais d'établissement de la commande par groupe.

4 tours parallèles avec barres de chariotage (hauteur, 200 millimètres, longueur entre pointes, 1m,650) à 1.500 francs	6.000 fr.
3 machines à percer verticales 25/250 millimètres à 700 francs	2.100
3 étaux limeurs, 600 millimètres à 3.000 francs	9.000
1 meule de diamètre d = 800 millimètres	100
1 moteur électrique à vitesse constante, 15 chevaux	1.000
1 panneau de démarrage du moteur et connexions	300
Chaises, paliers, consoles, boulons de fixation et de scellement	300
Courroies	1.400
Arbres de transmission (longueur, 15 mètres; diamètre 55 millimètres), y compris bagues d'arrêt, poulies d'accouplement et divers	500
Installation de la transmission	400
Plus-value résultant de l'accroissement de la puissance motrice provoquée par les pertes supplémentaires	1.000
Total	22.100 fr.

II. — Frais d'établissement de la commande individuelle.

4 tours parallèles avec barre de chariotage comme ci-dessus, mais disposés pour commande électrique, à 1.800 francs	7.200 fr.
3 machines à percer verticales, à 950 francs	2.850
3 étaux limeurs à 3.400 francs	10.200
1 meule, à 150 francs	150
3 moteurs électriques à vitesse constante, 3 chevaux, à 500 francs	1.500
7 moteurs électriques à vitesse variable, 3 chevaux, à 650 francs	1.950
1 moteur électrique à vitesse constante, 1 HP, à 250 francs	250
Panneaux de démarrage avec connexions	1.500
Total	25.600 fr.
Plus-value occasionnée par le choix de la commande individuelle	3.500 fr.

III. — Estimation en francs des pertes annuelles résultant de la commande par groupe.

1° Pertes par frottement dans la transmission, variant de 20 à 60 0/0 de la puissance fournie, appréciée à 25 0/0 de cette puissance et dissipée annuellement pendant 300 jours de 10 heures (prix du cheval-heure : 0 fr. 10) : $0{,}25 \times 15 \times 300 \times 10 \times 0{,}10 =$	1.125 fr.
2° Temps perdu par 10 ouvriers, pour l'exécution des différentes manœuvres rendues nécessaires par le mode de transmission à courroie, 20 minutes par jour, chacun pendant 300 jours, soit : $\frac{10 \times 20 \times 300}{60} =$ 1.000 heures à 0 fr. 80	800
3° Intérêts, réparations, dépréciation estimés à 15 0/0 des frais occasionnés par le complément de puissance installée	150
Total	2.075 fr.

De ce calcul résulte qu'*en moins de deux ans le surcroît de dépenses* provoqué par la commande individuelle *sera entièrement amorti*. Encore doit-on remarquer qu'en raison du prix relativement bas auquel a été compté le cheval-heure, cet amortissement sera, en fait, sensiblement plus rapide dans le cas vraisemblable où l'énergie sera empruntée à un service public. Enfin il conviendrait, en toute précision et au profit de la même thèse, d'ajouter aux frais d'installation la dépense

Digitized by Google

supplémentaire affectée à la consolidation des charpentes destinées à recevoir d'importantes transmissions.

Choix des moteurs d'après leur utilisation. — Dans le but de fixer la puissance absorbée par les machines-outils, dans le cas où ce facteur n'aurait pas été préalablement déterminé, on actionne ces machines à l'aide d'un moteur de capacité suffisante pour supporter la charge maximum, et l'on enregistre minutieusement les puissances moyennes et maxima. Il est alors usuel, à l'issue de ces observations, de choisir un moteur spécifié pour les conditions moyennes observées, en tenant compte de ses aptitudes de surcharges quant aux pointes de puissance constatées. En cas de fluctuations rapides de charges, telles qu'elles se présentent par exemple aux époques d'inversion des raboteuses, la machine est généralement complétée d'un volant calé sur l'arbre conducteur principal, et le moteur doit être suffisant pour satisfaire aux conditions de démarrage ainsi définies.

Des nombreux essais de puissance qu'il nous a été donné d'effectuer, résulte la conclusion qu'*un grand nombre de machines sont le plus souvent équipées avec des moteurs trop puissants.* Nous avons observé notamment certaines raboteuses entraînées par des moteurs de 20 chevaux, et pour lesquelles les constantes de fonctionnement démontraient la judicieuse adaptation de moteurs de 15 chevaux.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous, une brève comparaison des puissances demandées et des puissances réelles, telles que nous les avons observées sur quelques machines-outils usuelles. On notera que ce tableau est seulement destiné à l'édification des industriels, en les initiant à une coutume commerciale qui ne manque pas de leur être préjudiciable.

TYPES DE MACHINES	PUISSANCE DEMANDÉE	PUISSANCE EFFECTIVE
Raboteuse 1m,200	25 HP	10 HP
Tour à rectifier 600 millimètres	5 —	2 —
— 450 —	2 —	1 —
Perceuse radiale 1m,80	5 —	3 —
— verticale 900 millimètres	5 —	3 —
Tour parallèle 650 millimètres	10 —	4 —
Fraiseuse 1m,500	5 —	3 —
— 300 millimètres	5 —	1 —
Machine à tarauder 100 millimètres	7 1/2 (shunt)	3 (compound)

Installation des moteurs de commande des machines-outils. — Les machines-outils, dans leurs formes les plus modernes, présentent généralement sur leur bâti, un piédestal préparé pour recevoir le moteur d'entraînement.

Sur les machines anciennes qui n'ont pas été conçues à cet effet, il devient nécessaire d'adopter des dispositions différentes, et l'on se laissera guider par des considérations d'encombrement minimum, en évitant d'augmenter l'empattement de la machine en plan, mais en facilitant, dans la plus grande mesure possible, la surveillance et les réparations. Toutefois, le moteur sera placé hors d'atteinte de l'ouvrier, qui n'aura à sa portée que le controller ou l'interrupteur de commande.

Les machines importantes seront contrôlées par un disjoncteur à déclenchement par bobine à minimum de tension reliée, en différents points accessibles à de petits interrupteurs qui permettront, en cas d'urgence, la rupture du circuit auxiliaire et l'arrêt du moteur.

Bien que l'installation électrique doive être étudiée en vue d'assurer le minimum de dépense, elle sera principalement conçue pour éviter ou réduire toute dégradation pouvant résulter d'une substitution de machines.

Enfin il doit être recommandé d'introduire une liaison élastique entre le moteur et l'outil, afin d'éviter les ruptures pouvant résulter des chocs au démarrage. Un procédé récemment préconisé, consiste à monter le moteur de commande sur un support oscillant, équilibré par des ressorts qui reçoivent les réactions mécaniques provoquées par la mise en marche et servent, par ailleurs, à assurer aux courroies de commande, s'il y a lieu, une tension permanente et réglable.

Détermination rapide de la puissance à donner aux moteurs. — En définitive, et indépendamment des avantages énumérés précédemment, la commande électrique individuelle doit être choisie de préférence à la commande en groupe, dans les cas suivants :

Travail très irrégulier, caractérisé par des arrêts fréquents;
Travail de pièces lourdes et encombrantes;
Variations continuelles de la vitesse de la machine;
Machines-outils de grande puissance (supérieure à 3 chevaux).

En ce qui concerne la puissance à donner aux moteurs, on utilisera, en première approximative, la formule de M. Campbell :

Puissance en chevaux = Constante
× Poids de matière extraite, en kilogrammes par minute,

la constante de proportionnalité étant fixée à 5,5 pour l'acier dur, 4.5 pour le fer, 4 pour l'acier doux et 3,1 pour la fonte.

D'ailleurs, et en considération de ce qui a été exprimé précédemment quant à la capacité nominale des moteurs, nous indiquerons ci-dessous certains chiffres pratiques de la puissance mécanique exigée par différentes machines-outils usuelles.

TYPES DE MACHINES	PUISSANCE EN CHEVAUX
Perceuse sensitive	0,25
— verticale de 300 à 500 millimètres	1,00
— — 500 à 600 —	1,5
— — 650 à 750 —	2,5
— — 750 à 1.000 —	3,5
— radiale de 1.000 à 1.500 —	2,00
— — 1.800 à 2.400 —	3 à 5
Tour parallèle de 275 à 300 millimètres de hauteur de pointes	2,0
Tour parallèle de 325 à 375 millimètres de hauteur de pointes	2,5
Tour parallèle de 450 à 525 millimètres de hauteur de pointes	3,5
Tour parallèle de 600 à 675 millimètres de hauteur de pointes	5,0
Tour parallèle de 750 millimètres de hauteur de pointes	6,0
— 900 — — —	7,5
— 1.050 — — —	10,0
Tour vertical de 925 millimètres	5,0
— 1m,25	5,0
— 1m,50	6,0
— 1m,80	7,5
— 2m,1 à 2m,7	10
— 3 mètres	12
— 3m,5 à 4m,80	15
— 4m,80 à 7m,50	18
Raboteuse (un seul outil) 0m,5 × 0m,5 × 1m,80	3,5
— — 0m,75 × 0m,75 × 2m,40	5,0
— — 1m,05 × 1m,05 × 3 mètres	7,5
Raboteuse (2 outils) 1m,5 × 1m,5 × 3m,60	10,0
— — 1m,8 × 1m,8 × 4m,20	15,0
— — 2m,1 × 2m,1 × 5m,40	20,0
— — 2m,7 × 2m,7 × 7m,20	30
— — 3m,6 × 3m,6 × 7m,20	40,0
Mortaiseuse 300 millimètres de course	5,0
— 450 — —	7,5
— 600 — —	10,0
— 740 — —	15,0
Étau limeur 400 — —	2
— 600 — —	3
— 750 — —	5
Fraiseuse de 600 millimètres	7,5
— 900 —	10,0
— 1m,05	15
— 1m,20 à 1m,80	18 à 20

Digitized by Google

CHAPITRE II

LE MOTEUR ÉLECTRIQUE APPLIQUÉ AUX APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

La manœuvre des appareils de levage est une des applications les plus importantes et les plus anciennes des électromoteurs. Ces engins profitèrent, en effet, dès l'origine, des progrès réalisés dans le domaine de la traction électrique, et cette généralisation s'explique aisément par l'analogie qui existe entre ces deux genres de matériel.

Les appareils de levage, malgré leur diversité, peuvent être classés en trois catégories :

1° Les appareils dans lesquels la charge se meut dans une direction unique, verticale ou inclinée.

A cette catégorie, appartiennent les ascenseurs, machines d'extraction, plans inclinés, norias, monte-charges, etc. ;

2° Les appareils tels que les grues, dans lesquels la charge est animée de deux mouvements : l'un circulaire autour d'un axe et l'autre vertical ;

3° Les appareils dans lesquels la charge est animée de trois mouvements : l'un vertical, l'autre longitudinal (translation), le troisième transversal (déplacement de direction).

Tel est le cas des ponts roulants, transbordeurs, etc.

Appareils de la première catégorie. — A ces appareils appartiennent, ainsi que nous l'avons dit, les ascenseurs, monte-charges, machines d'extraction, etc. En ce qui concerne ces dernières, nous réservons leur examen pour le prochain chapitre réservé aux applications de l'électricité dans les mines.

En raison du très grand nombre d'étages que comportent les constructions modernes, c'est aux Etats-Unis qu'il convient de rechercher les applications les plus importantes d'engins de transport en hauteur, dans les immeubles.

Il ne paraîtra donc pas inutile que nous consacrions quelques lignes à l'évolution des ascenseurs en Amérique.

Le premier ascenseur électrique fut installé en 1887 à Baltimore. Il était actionné par un moteur série à intensité constante, communiquant son mouvement à la cabine par un système transmetteur à tambour et vis sans fin. Encore employé aujourd'hui sans modification appréciable, ce type d'ascenseur était, cependant, inapplicable aux immeubles de grande hauteur, en raison de sa faible vitesse et de l'encombrement exagéré du tambour.

Cette double condition de vitesse et d'altitude, a été réalisée depuis quelques années, avec certains appareils dits du type « traction » et comportant un moteur à petit nombre de tours attelé directement à une poulie à gorge sur laquelle passe un câble bouclé auquel sont fixés la cabine et le contrepoids. Ce câble est engagé à l'autre extrémité de la cage, sur une poulie conduite semblable à la première, et l'adhérence est assurée par la seule action des masses mobiles mises en jeu.

Comparé aux appareils à tambour, un tel ascenseur présente, entre autres avantages, celui d'éliminer les causes de danger dues aux cas où la cabine viendrait à dépasser ses positions de fin de course. Dans cette éventualité, en effet, le contrepoids ayant atteint sa position limite, opposée à celle de la cabine, le câble tracteur se détend et l'électromoteur tourne à vide.

Ce genre d'appareil est pourvu de moteurs à allure très lente. Pour une vitesse d'ascension de 180 mètres à la minute, le nombre de révolutions est généralement voisin de 60 tours, de sorte que le diamètre de la poulie est d'environ 95 centimètres.

Lorsque la vitesse à atteindre ne dépasse pas 120 mètres, on dispose, sur l'arbre de commande, un réducteur de vitesse à engrenage permettant de faire emploi de moteurs à vitesse normale, moins encombrants et dont le prix d'achat est moins élevé.

Quel que soit le genre d'ascenseur électrique employé, il présente sur les appareils hydrauliques, de nombreux avantages parmi lesquels il convient de signaler l'économie d'installation et, dans la majorité des cas, l'économie de fonctionnement.

L'ascenseur à tambour est, le plus souvent, muni de trois contrepoids indépendants. Tandis que l'un d'eux est généralement dimensionné pour compenser environ les 2/3 du poids de la cabine vide, le second compense le dernier 1/3 du poids de la cabine, en même temps qu'une partie de la charge utile (généralement 20 à 40 0/0 du maximum de cette charge).

Le troisième contrepoids est généralement constitué par une chaîne dont une extrémité est fixée au plancher de la cabine et la seconde à l'un des contrepoids précédents. Il a pour but de compenser les variations de masses dues au voyage des câbles, de part et d'autre des poulies. Le poids de cette chaîne est généralement choisi pour être légèrement supérieur au poids des câbles, la charge utile qui présente son maximum lorsque la cabine occupe la position inférieure de la cage, diminuant progressivement à mesure que les passagers abandonnent l'ascenseur.

Il résulte de la possibilité offerte par les ascenseurs électriques de compenser le poids de la cabine et d'une partie du poids des passagers, une économie de consommation d'énergie appréciable sur les appareils hydrauliques, bien que dans cette dernière éventualité, l'ascension seule soit motrice.

Sauf le cas d'un déséquilibrage excessif, pour lequel le moteur fonctionne en récupération à la descente, mais provoque un appel de courant exagéré aux époques de l'inversion de sens du mouvement, l'ascenseur électrique absorbe de l'énergie dans sa course descendante comme dans sa course ascendante.

Bien qu'il semble se produire ainsi, théoriquement, une sorte de compensation et que l'énergie (rapportée à la cabine-kilomètre) consommée par un ascenseur électrique paraisse peu affectée au total, il n'en a pas moins été reconnu dans la réalité, que cette récupération n'est que partielle et que le minimum de consommation, pour un nombre d'arrêts déterminé, correspond à un équilibrage pratiquement exact de la charge.

Il convient d'ailleurs de remarquer que la consommation en kilowatts-heures par cabine-kilomètre ne constitue pas,

Digitized by Google

parmi différents types d'appareils, un facteur de comparaison absolument exact, en raison des éléments divers qui en modifient la valeur : vitesse, conditions de charge, nombre d'arrêts, déséquilibrage inhérent au nombre variable des passagers etc.

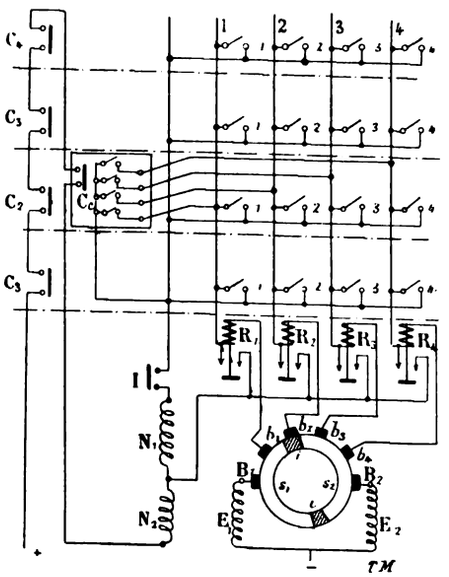


FIG. 106. — Schéma de l'ascenseur genre A.

Les *ascenseurs d'immeubles* installés en Europe, présentent généralement 15 à 25 mètres de course, une vitesse de 0m,30 à 0m,40 par seconde et sont conçus pour une charge utile d'environ 200 kilogrammes, représentant le poids moyen de trois personnes élevées simultanément.

Les frais de premier établissement de ces appareils varient de 10.000 à 12.000 francs, leur consommation annuelle oscille entre 300 et 500 kilowatts-heures et le coût moyen d'entretien est d'environ 200 francs par an.

Les différents systèmes d'ascenseurs électriques peuvent être assez aisément rapportés aux prototypes suivants :

I. *Ascenseurs genre A.* — Le schéma de ce genre d'appareils est représenté en figure 106, C_1, C_2, C_3, C_4 et C_c sont les contacts de portes des quatre étages et de la cabine, destinés à empêcher la manœuvre de l'ascenseur, si l'une quelconque des portes palières est ouverte. E_1 et E_2 figurent les électros de mise en marche du démarreur automatique, conservant l'action du moteur pendant toute la durée de leur excitation : le premier est affecté à la montée, tandis que le second est généralement réservé à la descente. Ces électros sont reliés à des balais B_1 et B_2, portant sur deux segments métalliques s_1 et s_2 séparés par une lame isolante i. Le mouvement de ce cylindre, commandé par le moteur oula cabine, est tel que la lame isolante i se présente toujours sous la position d'arrêt des balais b_1, b_2, b_3, b_4, correspondant aux fils d'étage 1, 2, 3, 4.

Si, à titre d'exemple, on imagine la cabine en station au second étage, le balai b_2 est placé en contact avec i et le circuit de commande est interrompu. D'ailleurs, b_3 et b_4 assurent la communication des fils 3 et 4 avec E_2, de sorte qu'une pression sur le bouton 4, par exemple, actionne le démarreur dans le sens de la montée. Après l'abandon du bouton, le circuit est maintenu fermé par le relais R_4. Enfin, l'électro s_2 étant seul excité, l'interrupteur u sépare du positif commun les autres boutons d'étage avec lesquels l'appareil devient indifférent.

Le cylindre est ensuite entraîné par la cabine, la lame i se déplace sous b_3 pour s'arrêter en b_4 et rompre le circuit dès que l'ascenseur a atteint le quatrième étage.

Simultanément, les balais 1-3 sont alors disposés pour communiquer, par l'intermédiaire de B_1, avec l'électro E_1 affecté à la descente.

II. *Ascenseurs genre B.* — Dans cette catégorie d'appareils représentée schématiquement en figure 107, le tambour de commande est remplacé par des interrupteurs d'étages actionnés par la cabine. Une pression sur l'un des boutons de manœuvre, isole les organes de commande de la ligne d'alimentation, de sorte qu'un mouvement commencé n'est plus modifiable. En outre, dès qu'un passager est entré dans l'ascenseur, un contact de plancher place hors circuit, tous les boutons d'étage. A partir de cet instant, toute manœuvre ne peut plus être effectuée que de l'intérieur de la cabine.

Les interrupteurs d'arrivée I_a et les interrupteurs de sûretés I_s étant fermés, imaginons que la cabine, en station au second étage, soit commandée pour la descente. Toutes les portes du puits étant fermées, une pression exercée sur le bouton 1 de l'ascenseur, provoque l'excitation du relais r_1 et de l'électro de descente E_1. L'interrupteur h_1, en fermant les contacts 1 et 2, établit le courant sur l'induit pour la descente. Il est d'ailleurs solidaire d'un second interrupteur h_3 qu'il entraîne dans son mouvement en fermant 3-4. Le premier de ces contacts (3) excite le circuit inducteur N, tandis que le second (4) assure l'alimentation de l'électro-frein F_f. Les extra-courants de rupture sont absorbés par des résistances ohmiques de valeur appropriée.

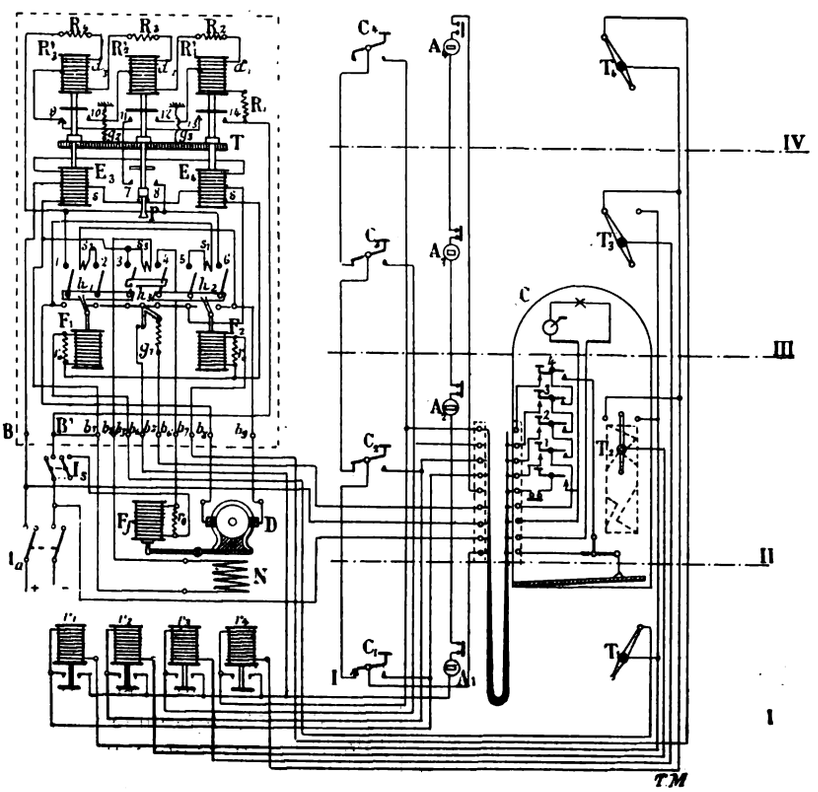


FIG. 107. — Schéma de l'ascenseur genre B.

Le parcours du courant d'alimentation prélevé aux bornes de la source comprend, en aval des bobines d'électros E_3 et E_4, deux dérivations principales, dont l'une reçoit le contact 3, la bobine de soufflage s_3, l'enroulement d'excitation N du moteur et le retour à la source ; l'autre reçoit le contact 4, la borne b_7, l'électro-frein Ff, l'interrupteur de sûreté I_s et le retour B'. Un second circuit comprend le contact 2, l'interrupteur h_1, la

Digitized by Google

bobine de soufflage 4, l'induit du moteur, la résistance de démarrage R, le relais R_3, la résistance R_2', etc., jusqu'au pôle de retour R_4. A faible charge du moteur, les bobines E_3 et E_4, renforcées par les enroulements *s* en série avec leurs homologues E_1 et E_2, attirent la barre T, solidaire des ressorts antagonistes g_2 et g_3. La résistance R_1 et la bobine additionnelle d_3, sont mises en court-circuit par la barre de contact 7-8, dont l'action est amortie par un dash-pot P. La diminution de la résistance intercalée, augmente passagèrement le courant d'armature du moteur, jusqu'au moment où, celui-ci s'accélérant, le courant diminue à nouveau et la barre 9-10 tombe et court-circuite R_1 et d_3. Les résistances auxiliaires sont ainsi successivement mises hors-circuit, par les barres 11-12 et 13-14, et la cage acquiert sa pleine vitesse. Dès que la cabine a atteint l'étage voulu, le circuit de commande est interrompu par l'interrupteur T_4 et l'électro E_4 redevient indifférent. En même temps, le ressort g_4 éloigne les leviers h_4 et h_3 des contacts 1-2 et 3-4 et les circuits du moteur et du frein sont interrompus. Les contacts 7-14 sont soulevés par la traverse et le démarreur est prêt pour une nouvelle opération.

III. *Ascenseurs genre C.* — Tous les organes de commande sont centralisés au voisinage du moteur, afin de faciliter le montage et la surveillance de l'appareil. Les interrupteurs d'étages sont remplacés par un appareil de distribution actionné par le treuil, et portant sur son arbre autant secteurs circulaires qu'il y a de points d'arrêts. A chacun d'eux correspond un commutateur relié aux circuits auxiliaires, et orienté par le passage de la cabine, dans la position appropriée à l'opération suivante.

IV. *Ascenseurs genre D.* — La cabine de ces appareils porte deux séries de boutons, respectivement destinées à la montée et à la descente, et présentant la propriété de conserver leur position de pression, dès qu'ils ont été actionnés. De la sorte, le circuit auxiliaire est maintenu fermé sans intervention de relais auxiliaires. A chaque étage, un frotteur vertical est fixé à la paroi de la cage, de façon que le bouton de commande de cet étage soit rétabli dans sa position initiale, lors du passage de la cabine. Les frotteurs des étages extrêmes, sont pourvus d'une largeur suffisante pour repousser les boutons de tous les étages et servir ainsi d'interrupteurs de fin de course.

On observera cette particularité intéressante, qu'un arrêt de la cabine, provoqué pendant la marche par une ouverture intempestive de la porte d'accès, ne persiste plus, dès que celle-ci a été replacée dans sa position de fermeture.

Les modèles plus récents de ce type d'ascenseurs, comportent une série d'interrupteurs d'étages à commande automatique, disposés au voisinage du moteur.

V. *Monte-charges.* — Les monte-charges ne diffèrent des ascenseurs que par l'importance du poids utile et la réduction de la vitesse. Leurs treuils et appareils de manœuvre sont plus simples, et il y est fait généralement emploi de chaînes au lieu de câbles.

Lorsqu'il est nécessaire de manutentionner de grandes quantités de matières transportables en sacs, en balles, en barils ou en caisses, il devient indispensable d'assurer ces opérations rapidement et économiquement, au moyen de convoyeurs ou transporteurs, dans le cas où la main-d'œuvre est rare ou dispendieuse.

Afin de montrer le bénéfice qui résulte de l'emploi d'un transporteur, adoptons l'hypothèse d'une manutention journalière de 300 tonnes de grain en sacs, pour laquelle l'intervention de 15 manœuvres coltinant chacun 20 tonnes par jour est nécessaire, avec un salaire moyen de 5 francs par jour. Les frais de manutention s'élèvent donc à 0 fr. 25 la tonne, soit par jour à 75 francs.

La même opération, effectuée par un convoyeur élévateur actionné électriquement, coûtera :

Énergie électrique à 0 fr. 25 le kilowatt-heure consommé par un moteur de 3 chevaux travaillant à demi-charge pendant 10 heures par jour	3 fr. 45
Trois manœuvres à 5 francs par jour	15
TOTAL	18 fr. 45

De sorte que le gain net par jour, s'élèvera à 56 fr. 55.

Encore doit-on noter que ce gain sera notablement accru, si l'on utilise l'élévateur avec sa capacité maximum de 7.000 sacs, correspondant à un poids utile transporté d'environ 525 tonnes.

Appareils de la seconde catégorie. — C'est dans cette catégorie d'appareils que doivent être classées les grues fixes douées d'un double mouvement de levage et de gyration, voire même exceptionnellement d'un mouvement de translation en charge (grues à portique).

Pour la commande des grues de port, l'électricité s'est peu à peu substituée à la vapeur, puis à l'eau sous pression, et nous signalerons à l'appui de ce fait, les engins dont ont été équipés les quais maritimes de Nice, Nantes, Dunkerque. L'installation nantaise comporte 12 grues à portique de 9m,80 de portée entre rails et de 1.500 kilogrammes de charge utile, à la vitesse de 0m,75 par seconde. Les moteurs à courant continu sont alimentés à la tension de 440 volts; ils sont asservis à la descente du fardeau, en assurant une gamme de vitesses réglables entre 1 mètre et 5 centimètres par seconde.

Enfin, la vitesse de rotation au crochet est de 2 mètres par seconde, et la translation est assurée au moyen du moteur de levage qui sert également à varier la portée de la grue, en relevant la flèche.

A Nice, MM. Farcot frères ont installé une grue pivotante fixe de 16 mètres de portée, soulevant 30 tonnes de charge utile à la vitesse de 3 mètres par minute ou 10 tonnes à la vitesse de 9 mètres par minute. Cet engin est actionné par un moteur asynchrone triphasé unique, développant une puissance de 35 chevaux sous la tension de 400 volts et la fréquence de 25 périodes.

La figure 109 représente une grue de port, roulante et pivotante, équipée uniquement avec des moteurs monophasés à collecteur, et installée par Brown-Boveri aux établissements Howaldt, à Kiel.

Nous signalerons également la grue roulante et pivotante Thomson-Houston, installée au débarcadère Mutelle à Levallois-Perret, et actionnée par un moteur monophasé à collecteur Latour alimenté sous 200 volts, 53 périodes. Caractérisée par une charge utile de 2.500 kilogrammes, elle présente une portée minimum de 7 mètres, une vitesse de levage de 18 mètres par minute en pleine charge et de 30 mètres par minute sous une charge de 1.500 kilogrammes.

Enfin, nous mentionnerons, à cause de son originalité, la grue portative américaine montée sur camion et utilisable tant au chargement et au déchargement des colis dans les industries de transport, qu'au déplacement des pièces lourdes dans les usines, au réenraillement des wagonnets ou des trucks industriels, etc. Cet engin représente, en définitive, une ingénieuse combinaison d'un appareil de levage rendu essentiellement transportable, par sa fixation, sur un véhicule de forme appro-

Digitized by Google

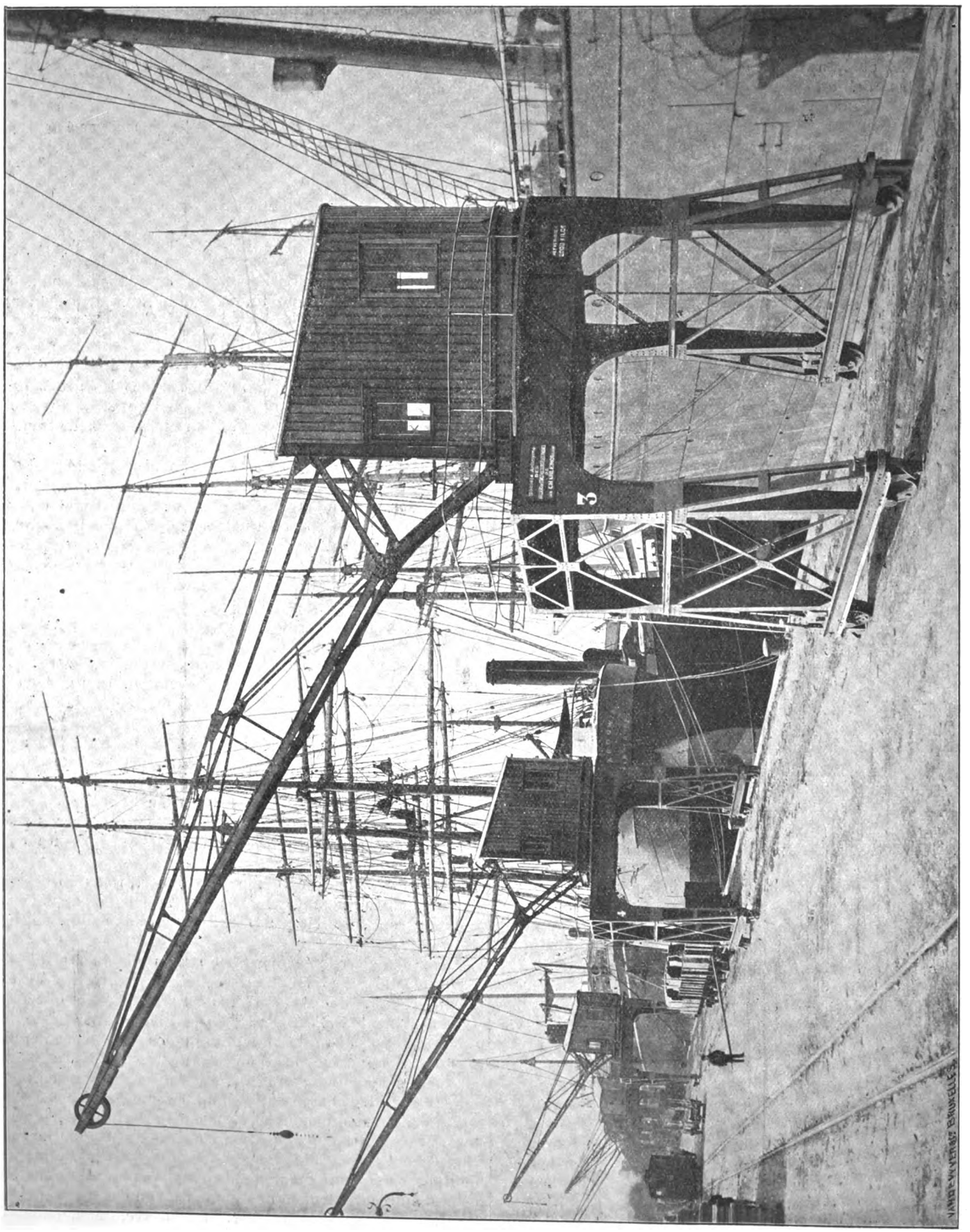


FIG. 110. — Vue générale des grues électriques de 2 tonnes du port d'Anvers. (Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est.)

Digitized by Google

priée. Ce dernier, très court, reçoit, à l'aplomb de l'essieu arrière, une caisse robuste à l'intérieur de laquelle est disposée la batterie d'accumulateurs servant à la fois de source d'énergie, de poids adhérent et de contrepoids au fardeau soulevé à l'avant du châssis. Les roues, d'un diamètre réduit, sont actionnées par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse de grand rapport, afin d'augmenter l'effort propulseur, lors de la marche en tracteur.

L'engin de levage, monté à l'avant du véhicule, consiste en une sorte d'A métallique, articulé sur sa base et servant d'armature à une flèche pivotante. L'ensemble est arc-bouté par deux câbles tendeurs fixés à l'arrière et, en vue de faciliter les longs déplacements à vide, la flèche est détachable et l'armature repliable sur les longerons du châssis.

L'équipement électrique se compose d'un moteur étanche, d'un controller et d'un réducteur à engrenages combiné à un tambour de levage à câble, capable de soulever une tonne de fardeau à la vitesse de 10 centimètres par seconde. L'appareil est en outre protégé par un frein de retenue automatique, ainsi que par un organe de sécurité destiné à éviter les vitesses excessives en descente.

Ainsi que nous l'avons dit, cet engin est susceptible, non seulement d'élever les fardeaux et de les transporter au crochet, mais aussi de servir de tracteur automoteur. Le premier genre d'utilisation intéresse les charges au plus égales à 1 tonne à élever à une hauteur maximum de 3 mètres et à déposer dans un périmètre de $1^{m},80$ à 2 mètres de rayon. Nous signalerons, à titre d'exemple, que l'appareil a permis de charger 65 lingots de plomb de 400 kilogrammes en 25 minutes et d'effectuer quatre chargements complets en deux heures et demie.

Le second genre d'utilisation est particulièrement avantageux dans les usines importantes, pour lesquelles le matériel doit être transporté en quantités variables à des distances relativement courtes (quelques centaines de mètres). La disposition des trains de roues permet d'ailleurs au véhicule, de circuler aisément parmi les encombrements de matériaux, entre les différents ateliers d'usinage.

Enfin, le dernier genre d'utilisation convient dans le cas où la distance à parcourir, aussi bien que le nombre de fardeaux à transporter, sont relativement considérables. Le véhicule est alors employé comme tracteur et attelé à plusieurs camions (quatre au maximum) supportant la charge. Le nombre de trains ainsi constitués, dépend de la distance à parcourir, de la nature des fardeaux et du temps employé au chargement et au déchargement. Afin d'assurer un rendement efficace à l'opération, on équipe généralement trois trains de quatre camions, et l'on ordonne les manœuvres de telle sorte que deux d'entre eux soient respectivement en chargement et en déchargement, pendant que le troisième est en circulation.

Afin de donner un rapide aperçu des performances que permet d'accomplir cet engin, nous signalerons l'application suivante observée au cours d'un trafic hebdomadaire moyen :

Nombre de colis manutentionnés	7.570
Poids moyen par colis	100 kg.
Poids total manutentionné	750 tonnes
Distance moyenne parcourue	250 mètres
Rapport du temps de fonctionnement effectif de l'engin à la durée totale des opérations	80 0/0
Nombre de chargements et déchargements effectués par minute	3
Nombre d'opérations élémentaires auxquelles donne lieu chacune de ces manœuvres	30
Dépense totale (y compris personnel, intérêts, dépréciation et consommation d'énergie)	110 francs
Dépense globale par colis manutentionné	0 fr. 015

Fig. 109. — Grue électrique Hellings aux établissements Howaldt à Kiel.

Appareils de la troisième catégorie. — Cette catégorie comprend les ponts roulants, transbordeurs, en un mot tous les appareils doués des trois mouvements : levage, direction et translation.

Les ponts roulants sont devenus les auxiliaires indispensables des usines et ateliers et, sauf les cas où leur fonctionnement est considéré comme peu fréquent, ils sont généralement actionnés électriquement.

Pour contribuer à vaincre une tendance fâcheuse qui a pu naître de la concurrence entre constructeurs, nous ne saurions omettre de rappeler incidemment, qu'il ne suffit pas, pour assurer une garantie effective, qu'un pont satisfasse aux épreuves de charge et de surcharge statiques, mais encore qu'il supporte sans défaillance les efforts de démarrage et de freinage brusques, susceptibles d'atteindre et de dépasser l'ordre de grandeur des charges utiles.

Au point de vue constructif, les ponts roulants électriques sont généralement équipés par trois moteurs affectés à chacun des mouvements. Cette disposition offre tous les avantages de la commande électrique directe : suppression d'embrayages, simplicité de construction et de service, sécurité plus grande, économie de consommation, etc.

A titre indicatif, nous décrirons succinctement un type de pont roulant de la Société Oerlikon, dont la construction nous a paru très minutieusement étudiée dans ses détails.

Le treuil se compose d'un châssis en fer profilé, dans lequel sont montés les tambours à câbles ; les galets guides et le galet porteur étant placés sur le même arbre. Cette disposition simplifie la construction du treuil et assure une hauteur

Digitized by Google

de levage maximum, un démontage facile et un bon rendement mécanique.

tournent les organes d'engrènement fraisés dans la masse. Les pressions axiales sont supportées par des portées à

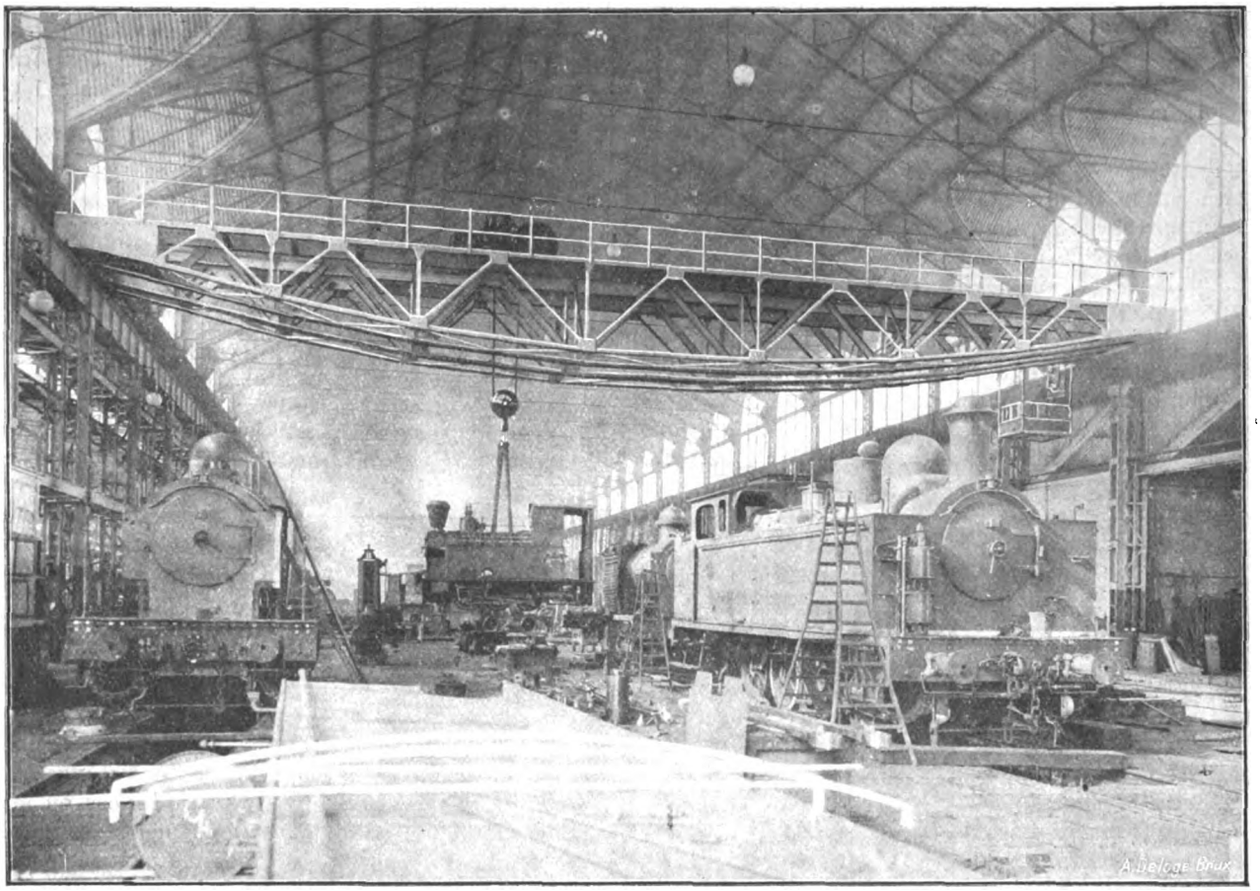


Fig. 110. — Pont roulant de 35 tonnes et de 25m,810 de portée (Ateliers de Construction du Nord et de l'Est).

Afin de réduire au minimum le nombre des renvois intermédiaires, la première réduction de vitesse est pratiquée au moyen d'un engrenage à vis sans fin, dont la marche est rendue silencieuse par la vitesse réduite à laquelle

billes renfermées dans un carter rempli d'huile. Grâce à ces dispositions, et en particulier par le choix d'une pression spécifique relativement minime, les rendements obtenus atteignent 95 0/0.

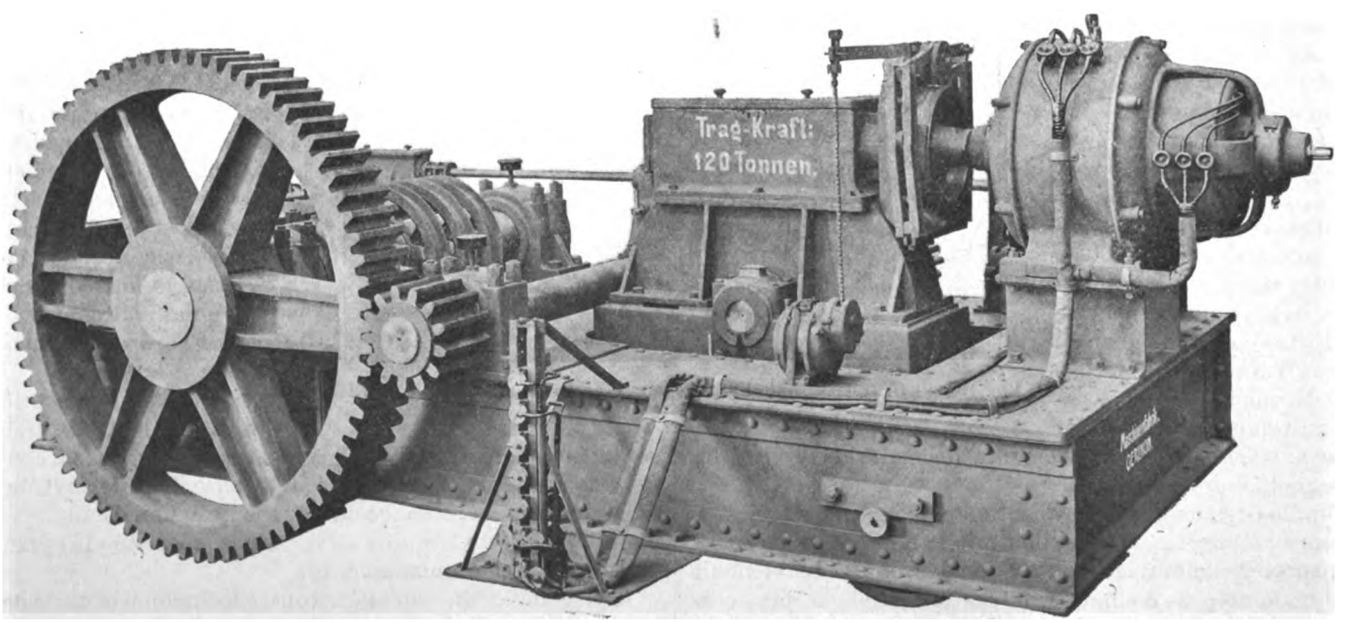


Fig. 111. — Treuil d'un pont roulant de 120 tonnes (Construction Oerlikon).

Digitized by Google

Les organes de suspension sont exclusivement constitués par des câbles d'acier extra-flexibles, en nombre approprié à la charge du pont.

Les moteurs, complètement blindés, sont accouplés directement aux engrenages à vis sans fin, au moyen d'un manchon mi-élastique servant à la fois de disque de freinage. Alimentés par courant continu, ils sont du type à excitation série; alimentés par courant triphasé, ils sont du type asynchrone à bagues.

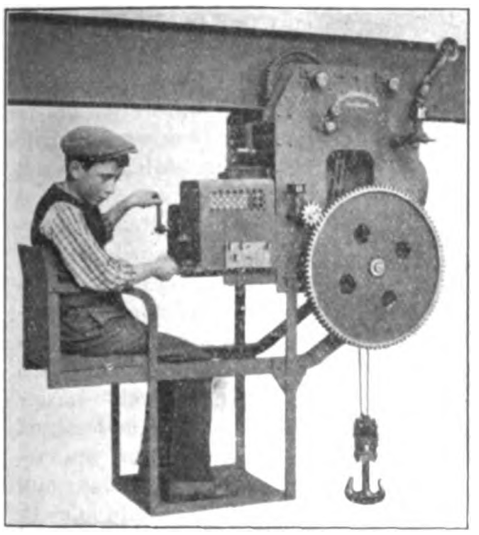


Fig. 112. — Plate-forme de commande d'un treuil roulant.

Le contrôle des moteurs est praticable soit d'une plate-forme fixée à la charpente du pont, soit du sol. Dans le premier cas, la plate-forme est disposée de façon à faciliter au conducteur la surveillance du levage, quelle que soit la position de la pièce, et à utiliser le chemin de roulement du treuil sur la totalité de son parcours.

La commande des différents mouvements s'effectue au moyen d'appareils de démarrage et de réglage distincts par moteur et fixés à la plate-forme. Néanmoins, toutes les manœuvres nécessaires à la mise en marche, au réglage, à l'arrêt et à l'inversion d'un moteur sont exécutées au moyen d'un levier unique.

Dans le cas où la commande des différents moteurs doit être effectuée à partir du sol, il est fait usage de démarreurs à cylindres actionnés par un câble de longueur suffisante.

Le frein de levage, à commande mécanique ou électrique, se compose de deux sabots frottant directement sur le manchon d'accouplement, entre le moteur et l'engrenage hélicoïdal. Il est renforcé à la descente de la charge par le moteur de levage, inversé en générateur-frein dynamique.

Afin d'augmenter la sécurité des manœuvres, des dispositifs d'arrêt automatique sont prévus aux positions extrêmes de chaque mouvement. Ces appareils assurent la fermeture de circuits auxiliaires dès que le crochet, le treuil ou la poutre a atteint sa position limite et provoquent ainsi le déclenchement de l'interrupteur principal disposé sur la plate-forme de commande. Cette dernière opération actionne solidairement, par électro-aimant ou par servo-moteur, la commande du frein de levage.

Enfin, suivant la charge et la portée du pont, les poutres maîtresses sont composées de fers profilés à I ou de membrures paraboliques. Elles reçoivent sur toute leur longueur, deux galeries d'entretien, bordées d'un garde-corps et accessibles de la plate-forme par une échelle de fer judicieusement disposée.

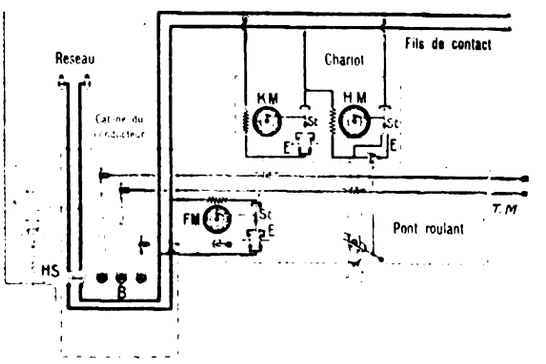


Fig. 114. — Schéma des connexions d'un pont roulant avec moteurs monophasés à collecteur.

HM, moteur de levage; KM, moteur du chariot; FM, moteur de translation du pont; HS, interrupteur général; B, commande des balais; St, interrupteur de stator; E, interrupteur de fin de course.

Un équipement différent, préconisé par la Cie Electro-Mécanique, est présenté en figure 113. Les moteurs adoptés sont du type monophasé à collecteur à enroulement Déri. Le stator est muni de deux bornes permettant le branchement sur le réseau, par l'intermédiaire d'un simple interrupteur bipolaire; le rotor, dont l'enroulement est constitué par des barres, est complètement indépendant du stator. Il est complété d'un collecteur sur lequel reposent des balais fixes et des balais mobiles connectés entre eux. Le démarrage, le réglage de la vitesse, l'arrêt et le changement de marche s'effectuent par simple déplacement des balais mobiles sur le collecteur.

Lors de la fermeture de l'interrupteur, le moteur n'absorbe que le courant magnétisant (correspondant à 3 à 5 0/0 de la puissance normale) sans exercer de couple. Celui-ci croit progressivement avec le décalage des balais.

En marche normale, la vitesse varie en rapport inverse avec la charge et l'opérateur peut, suivant son appréciation, régler la position des balais, de façon à faire exercer par le moteur, un couple convenable avec le minimum de consommation. De plus il peut faire varier à son gré entre certaines limites, les vitesses de montée, de descente ou de translation du fardeau et obtenir de très faibles déplacements de la charge, du chariot

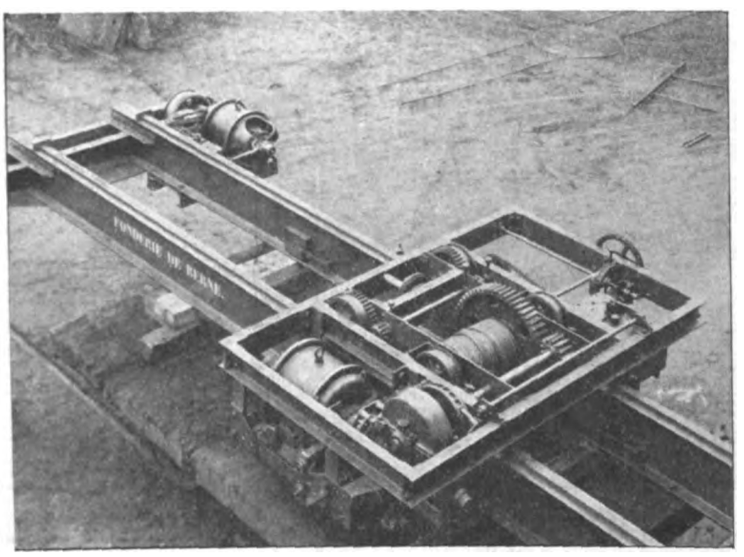


Fig. 113. — Pont roulant de 7 tonnes équipé avec : un moteur monophasé à collecteur Déri de 13 HP, 1 000 tours, 40 périodes pour le levage; un moteur monophasé à collecteur « Déri » de 6 HP, 110 volts, 900 tours, 40 périodes pour la translation.

Digitized by Google

ou du pont roulant lui-même : avantage très appréciable dans les ateliers de montages et fonderies.

Le ralentissement, comme l'accélération, se produit sans à-coup, en rappelant les balais vers la ligne neutre. Au delà de cette position, le moteur exerce un couple de freinage croissant avec le décalage, et fournit un courant de récupération au réseau.

A proximité de chaque moteur est disposé l'interrupteur de stator, actionné par la tringle de manœuvre des balais. En outre le circuit des moteurs de levage et de translation, peut être ouvert par un dispositif d'interruption à fin de course.

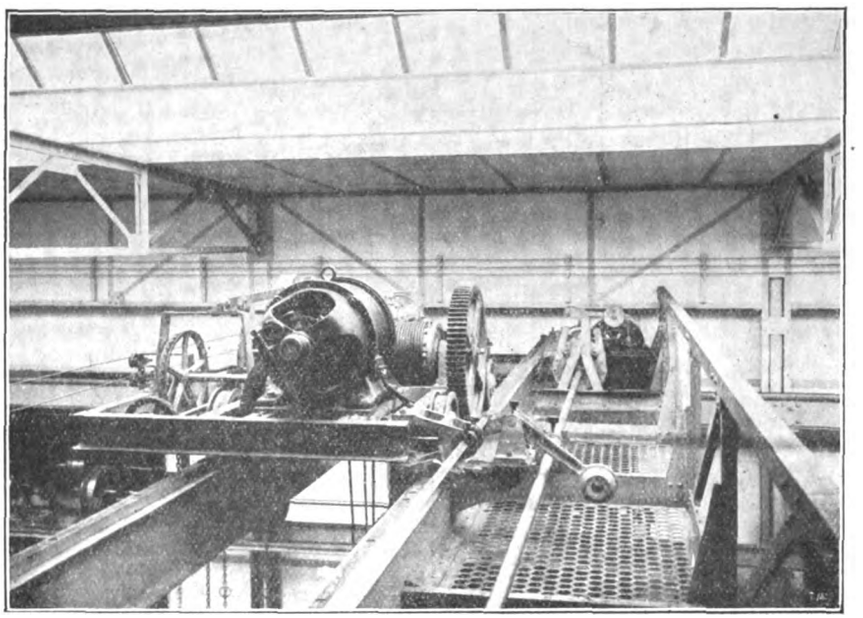


Fig. 115. — Chariot et tringlage de manœuvre d'un pont roulant d'atelier équipé avec un moteur de levage de 6 HP et un moteur de translation de 3 HP.

Les freins nécessaires sont actionnés par des électros ou des moteurs de freinage monophasés.

La manœuvre des moteurs dépourvus de mouvement relatif par rapport à l'opérateur, s'effectue par l'intermédiaire de chaînes ou de tringles. Quant à celle des moteurs complémentaires, elle est pratiquée par l'intermédiaire d'un manchon glissant sur un arbre carré (*fig.* 115) supporté par des paliers fixés à la charpente du pont.

Outre l'interrupteur principal et les instruments de mesure, la plate-forme de manœuvre (*fig.* 116) ne porte que les leviers ou volants de manœuvre, en nombre égal aux moteurs, de sorte que l'opérateur peut facilement observer les déplacements qu'il commande.

Dans le cas où le décalage mécanique des balais ne peut être employé, cette opération est pratiquée électriquement à l'aide d'un dispositif spécial.

Enfin, la figure 117 fournit une application intéressante du moteur monophasé à collecteur, à la manœuvre des locomotives sur plaque tournante.

En conclusion de ce qui précède, on notera que les avantages de la commande électrique des appareils de levage, résident non seulement dans les qualités de souplesse, de simplicité et de conduite inhérentes à l'électromoteur, mais aussi et principalement, dans la facilité avec laquelle l'énergie électrique peut être transportée et distribuée. Ce sont, en effet, ces dernières propriétés qui confèrent à l'électricité une supériorité indiscutable sur la transmission hydraulique qui a si longtemps prévalu dans ce genre d'application.

Pour affirmer davantage encore la supériorité de la commande électro-mécanique, il conviendrait d'augmenter les vitesses données aux déplacements de la charge et de généraliser l'emploi de câbles métalliques, qui offrent dès à présent des qualités de souplesse et de résistances largement suffisantes.

On devra définitivement proscrire la commande des divers mouvements par un moteur unique, et l'on améliorera la vitesse et la précision des manœuvres, par l'adoption d'un moteur affecté à chacun d'eux. Enfin, il conviendra que ces moteurs soient doués d'une vitesse intermédiaire relativement réduite, afin de diminuer les effets d'inertie aux époques de démarrage et de freinage de la charge.

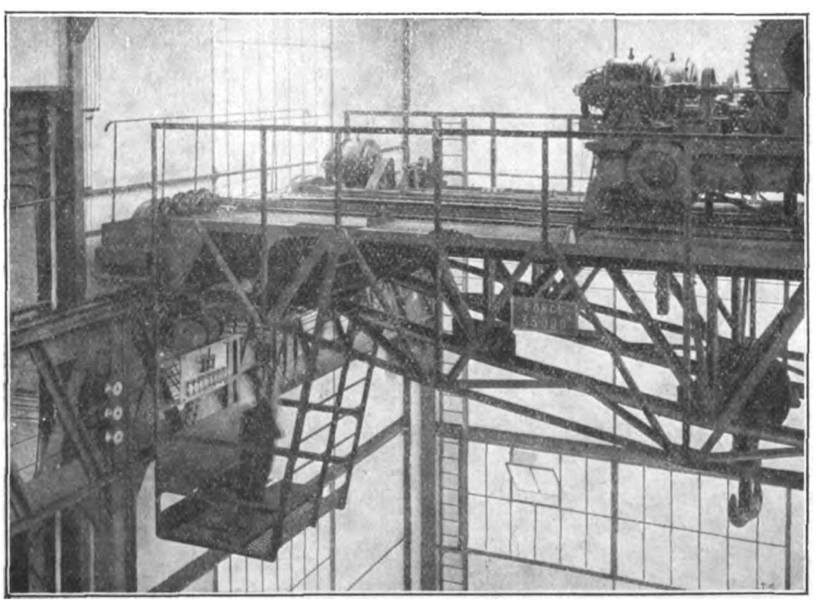


Fig. 116. — Pont roulant de 75 tonnes. Equipement : 4 moteurs monophasés à collecteur, dont 2 moteurs de 15 HP chacun pour le levage, un moteur de 4 HP pour le chariot, un moteur de 15 HP pour la translation du pont.

Nous mentionnerons, à titre d'exemples, les caractéristiques de quelques installations importantes de ponts roulants.

La Société anonyme des forges et usines de « La Providence », à Marchienne-au-Pont, a installé dans ses ateliers, un pont roulant construit par les Ateliers de construction du Nord et de l'Est, à Jeumont (*fig.* 110), de 25 tonnes et d'une portée de 20m,700. Ses caractéristiques sont :

Hauteur de levage, 9m,50;
Vitesse de levage en charge, 2m,20 par minute;
Vitesse de translation du chariot, 20 mètres par minute;

Digitized by Google

Vitesse de translation du pont, 45 mètres par minute.

La partie électrique comporte :

1° *Pour le levage :* 1 moteur à courant continu, 20 HP, excitation série, 230 volts, 650 tours ;

2° *Pour la translation du pont :* 1 moteur à courant continu, 20 HP, excitation série, 230 volts, 650 tours ;

3° *Pour la translation du chariot :* 1 moteur 6 HP, excitation série, 230 volts, 750 tours ;

4° 3 controllers, avec résistances ;

5° 1 tableau avec appareillage de mesure et de sécurité ;

6° 2 interrupteurs automatiques de fin de course unipolaires, pour le levage et le chariot.

La partie mécanique comporte :

La charpente métallique avec cabine ainsi que la partie mécanique proprement dite, comprenant les mécanismes de levage et de translation.

Le levage de la charge est pratiqué par câble.

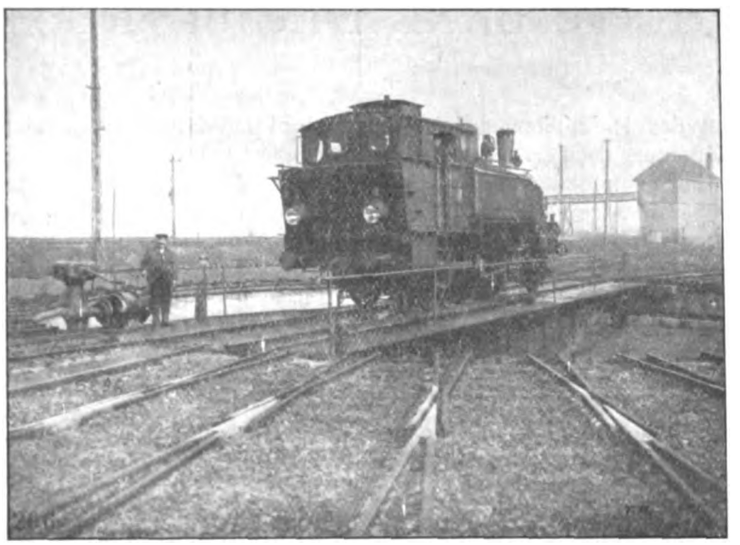


FIG. 117. — Plaque tournante de la nouvelle gare Ouest de Francfort-sur-le-Mein. Un moteur monophasé à collecteur de 15 HP, 240 volts, 1 100 tours, 45 2 3 périodes.

Aux usines métallurgiques de Couillet, un pont roulant de 35 tonnes, d'une portée de 26m,81 *fig.* 110, équipé par les Ateliers de Construction du Nord et de l'Est, à Jeumont, présente les caractéristiques suivantes :

Vitesse de levage en charge, 2 mètres par minute ;

Vitesse de translation du chariot, 20 mètres par minute ;

Vitesse de translation du pont, 50 mètres par minute.

La partie électrique comporte :

1° *Pour le levage :* 1 moteur à courant continu, 24 HP, excitation série, 440 volts, 750 tours ;

2° *Pour la translation :* 1 moteur à courant continu, 24 HP, excitation série, 440 volts, 750 tours ;

3° *Pour la translation du chariot :* 1 moteur à courant continu, 9 HP, excitation série, 440 volts, 800 tours ;

4° 3 controllers avec résistances ;

5° 2 électro-aimants de frein, pour le levage et la translation du pont ;

6° 1 tableau avec appareillage de mesure et de sécurité ;

7° 3 interrupteurs automatiques de fin de course, 1 bipolaire au levage et 2 unipolaires au pont et au chariot.

La partie mécanique comporte :

La charpente métallique avec cabine, ainsi que la partie mécanique proprement dite, comprenant les mécanismes de levage et de translation.

Le levage de la charge est pratiqué par câble.

Digitized by Google

CHAPITRE III

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MINIÈRE

La principale préoccupation des techniciens spécialisés dans l'industrie minière a porté, en ces dernières années, sur la réduction des frais d'extraction en même temps que sur les perfectionnements imposés par la sécurité du personnel. A cet égard, les avis sont maintenant unanimes à reconnaître que, parmi les agents énergétiques utilisables, l'électricité, mieux que tout autre, facilite la réalisation de ces désidérata; c'est la raison pour laquelle la plupart des nouveaux puits d'extraction sont équipés électriquement, et bon nombre d'installations anciennes ont été transformées d'après ces données modernes. Les considérations qui vont suivre apporteront la justification de telles dispositions. Toutefois, nous signalerons dès à présent que la sécurité, envisagée au double point de vue du personnel et du matériel, est grandement facilitée par le choix de machines hermétiques, de disjoncteurs à bain d'huile et de dispositifs de protection, propres à éviter l'inflammation des gaz explosifs par l'étincelle électrique.

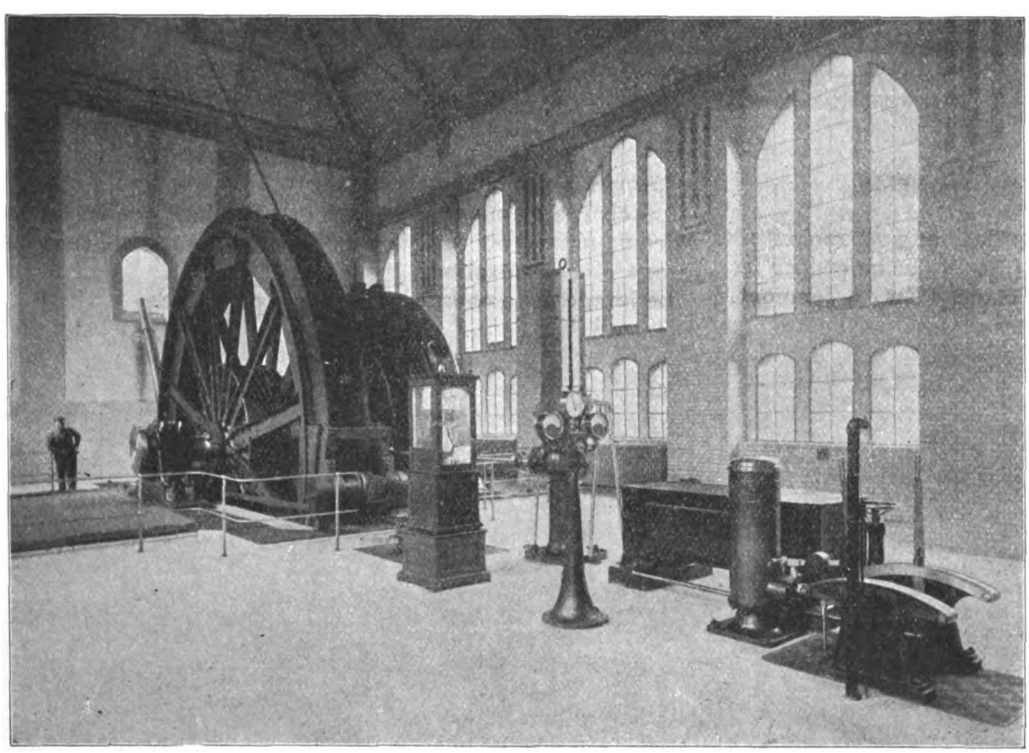


Fig. 118. — Salle des machines d'extraction électrique, système Léonard, à Benthen (Haute-Silésie).

Extraction. — La machine d'extraction, qui constitue la partie la plus importante de l'agencement mécanique de la mine, intéresse directement le succès de l'exploitation. Sa fonction consiste à établir une communication matérielle entre le sous-sol et la surface et, à cet égard, elle ne diffère pas de tout autre système de transport. Elle fonctionne notamment entre des stations permanentes, dans un ordre parfaitement défini quant aux démarrages, aux arrêts et aux mises en marche. De même, elle doit assurer différentes allures déterminées par le genre de travail à effectuer : transport du personnel, du matériel ou inspection. Toutefois, elle diffère des modes usuels de transport par ce fait que l'agent préposé à sa conduite, étant placé hors du véhicule, est mis dans l'impossibilité d'observer directement l'accomplissement des manœuvres qu'il commande.

Indépendamment des régions et des modes d'extraction pratiqués, les conditions d'installation d'une machine d'extraction diffèrent avec la profondeur du puits, le nombre des recettes, la nature et les charges du minerai, les durées de marche, de manœuvre, etc.

Le choix de l'une des trois formes usuelles de l'énergie : la vapeur, l'air comprimé et l'électricité, utilisables à l'entraînement de la machine d'extraction, résulte d'une étude particulière à chaque cas, envisagée en considération des frais d'établissement et d'exploitation auxquels il doit donner lieu.

D'ailleurs, malgré la rareté des résultats pratiques publiés, l'imperfection du rendement de la machine d'extraction à vapeur est dès à présent reconnue. Elle résulte, tant de l'intermittence de la charge et de l'inaptitude à la récupération, que du choix d'unités déterminées par les conditions de démarrage et d'efficacité défectueuses aux époques de charge normale.

De même, le treuil d'extraction à air comprimé, bien que rarement adopté, demeure indirectement tributaire de la machine à vapeur nécessaire à l'entraînement des compresseurs d'air. Il exige, en outre, la mise en jeu de dispositifs de réfrigération et de réchauffage du fluide qui contribuent à affaiblir le rendement.

La commande électrique, envisagée concurremment aux systèmes précédents, offre de nombreux avantages qui justifient la préférence dont elle est l'objet. Non seulement les frais d'établissement et d'exploitation peuvent être particulièrement réduits, mais une partie de l'énergie devient récupérable au cours de certaines phases du cycle d'opérations. D'ailleurs, elle se prête à l'adoption d'organes de sécurité de grande efficacité, aussi bien qu'à l'emploi de dispositifs spéciaux, grâce auxquels le facteur de charge peut être relevé à un taux pratiquement satisfaisant.

Les machines d'extraction importantes sont à peu près

Digitized by Google

exclusivement entraînées par des moteurs shunt à courant continu ou par des moteurs d'induction polyphasés. Ces deux types d'électromoteurs présentent d'ailleurs plusieurs propriétés communes : *vitesse limitée à vide, faible glissement* en charge, *réversibilité* utilisable au freinage, qui expliquent le principe de leur substitution.

Quel que soit le type de moteur envisagé, l'examen des différentes méthodes applicables à son contrôle révèle l'existence de deux procédés principaux : l'un basé sur l'utilisation des rhéostats et imparfait au point de vue des rendements; l'autre, basé sur la variation de la tension continue d'alimentation réalisée au moyen d'une génératrice à voltage variable.

On remarquera, à l'occasion du premier procédé, que si la machine d'extraction actionnée par courant alternatif est destinée à un fonctionnement prolongé en allure lente, le rendement sera avantageusement amélioré par l'emploi d'un moteur d'induction spécial à deux vitesses, bien que le bénéfice de la combinaison soit en partie annulé par un accroissement des frais d'installation et la complication du contrôle.

Quoi qu'il en soit, il est possible de rattacher les différents dispositifs imaginés en vue de l'entraînement et du contrôle des machines d'extraction à quatre procédés principaux, dont nous résumons ci-après la description, le fonctionnement et les propriétés.

Premier dispositif. — Le dispositif le plus simple, consiste à entraîner le tambour d'extraction au moyen d'un moteur d'induction polyphasé, dont la vitesse est contrôlée par l'introduction d'une résistance réglable dans le circuit du rotor. En raison de l'importance des courants mis en jeu, cette résistance est généralement constituée par un rhéostat liquide divisé en deux compartiments, dont l'un sert de refroidisseur. L'électrolyte puisé dans ce dernier est refoulé à la partie inférieure du rhéostat. L'adjonction d'un déversoir placé à sa partie supérieure permet de faire varier le niveau du liquide, dans l'appareil, et par suite la résistance ohmique du rhéostat. Les électrodes, en fer, convenablement isolées, sont dimensionnées pour rester, dans tous les cas, partiellement immergées, afin d'éviter l'ouverture accidentelle du circuit du rotor.

Par ce dispositif, la puissance absorbée par le moteur est constante pendant les périodes d'accélération, mais le rendement correspondant n'est pas supérieur à 50 0/0. Pendant les périodes de ralentissement, aucune récupération n'est possible et l'énergie absorbée par les petits mouvements de la cage est très importante. Toutefois, le rendement en fonctionnement à pleine vitesse, est élevé environ 90 0/0 et la consommation au repos est nulle. Quant à la puissance restituée à la descente de la cage vide, elle est approximativement égale à 20 0/0 de la puissance absorbée à la montée en charge.

Il résulte de ces considérations que le rendement global d'un cycle d'extraction diminue rapidement à mesure que décroît la durée des phases de pleine vitesse, mais qu'il augmente avec le facteur d'accélération.

Ainsi, on retiendra que le rendement rapporté à la profondeur maximum d'un puits à recettes multiples ne suffit pas à caractériser le système par rapport aux dispositions concurrentes. Quant au moteur, il devra être spécifié pour admettre une forte surcharge compatible avec une accélération élevée, afin de favoriser les conditions propres à améliorer le rendement.

Deuxième dispositif. — Dans ce dispositif, le treuil d'extraction est actionné par un moteur shunt à courant continu, puisant son énergie aux bornes d'une génératrice à voltage variable, elle-même entraînée par moteur alternatif synchrone ou asynchrone. L'ensemble ainsi constitué est autonome. Le contrôle de la vitesse du moteur d'extraction résulte du réglage de la tension développée aux bornes de la génératrice, pourvue à cet effet d'une excitatrice indépendante.

Avec ce système, la puissance consommée pendant la période d'accélération est sensiblement inférieure à celle à laquelle donne lieu la disposition précédente. Le rendement correspondant est approximativement de 80 0/0, et l'énergie emmagasinée dans les parties mobiles de l'équipage est restituée à la source aux périodes de ralentissement. Par contre, le rendement à pleine vitesse, voisin de 82 0/0, est inférieur à celui qui est offert par le moteur d'induction ci-dessus envisagé, et les périodes d'arrêt sont accompagnées des pertes à vide du groupe moteur-générateur.

Cette dernière considération est loin d'être négligeable, si l'on envisage que la durée des périodes de repos est sensiblement équivalente à celle des périodes de travail.

Ainsi, l'avantage du treuil à courant continu, comparé au treuil à courant alternatif, apparaît principalement dans l'éventualité d'ascensions courtes et fréquentes pour lesquelles les phases d'accélération prédominent dans le cycle total, par rapport aux phases d'inactivité. D'ailleurs, le procédé assure une récupération de 30 0/0 de l'énergie consommée par l'extraction.

Le choix qu'il convient de faire entre les deux dispositifs qui précèdent n'est passible d'aucune règle absolue. Le premier d'entre eux, bien que séduisant par sa simplicité et l'économie qu'il apporte dans les frais de premier établissement, reste onéreux par la médiocrité de son rendement. Le second, au contraire, présente une efficacité plus élevée que compensent, dans une certaine mesure, des frais d'installation plus importants et un entretien plus onéreux.

L'inconvénient opposable à la fois aux deux systèmes réside dans les variations considérables de la puissance consommée au cours de chaque cycle d'extraction, depuis un maximum positif correspondant à la période d'accélération, jusqu'à un maximum négatif provoqué par la descente des charges non équilibrées. L'effet perturbateur de telles irrégularités est bien connu : non seulement elles détruisent la régulation de tension du réseau, mais encore elles conduisent à un prix élevé de l'énergie, en raison de l'importance des pointes de puissance comparée au facteur réel d'utilisation.

On est ainsi amené à rechercher un mécanisme d'extraction qui serait à la fois égalisateur de charge, c'est-à-dire dans lequel les pointes d'énergie consommée, seraient franchies par le concours de l'énergie emmagasinée pendant les périodes de travail minimum.

Troisième dispositif. — Le troisième dispositif résulte de ces considérations et met à profit les propriétés du volant d'inertie quant à l'absorption et la restitution rapides des quantités d'énergie mises en jeu. Il ne diffère du second procédé que par l'adjonction au groupe moteur d'induction-générateur, du volant et d'un régulateur automatique destiné au contrôle de la vitesse.

Dans la majorité des cas, ce régulateur est constitué par un rhéostat liquide connecté en série avec l'armature du moteur d'induction. Des électrodes mobiles sont, par une suspension appropriée, rendues solidaires des déplacements de l'arbre d'un petit moteur asynchrone auxiliaire branché en série, directement ou par transformateurs, avec le moteur d'induction principal. Le poids des électrodes, partiellement compensé, est équilibré par le couple de l'électromoteur auxiliaire, de sorte que si, sous l'effet d'une pointe de charge, le

Digitized by Google

courant de ligne excède la valeur pour laquelle le régulateur a été réglé, le couple du moteur l'emporte sur le moment mécanique dû au poids des électrodes. Celles-ci se trouvent ainsi soulevées, de sorte que la résistance du rhéostat augmentant, la vitesse du groupe tend à décroître et la force vive du volant entre en jeu pour absorber la pointe.

Quatrième dispositif. — Ce dispositif est particulièrement indiqué lorsque l'éloignement de la source impose l'emploi d'un transport d'énergie par courants alternatifs, aussi bien que dans les cas où, le treuil étant entraîné par moteur d'induction, l'on se propose d'éliminer les pointes de charge à la station génératrice.

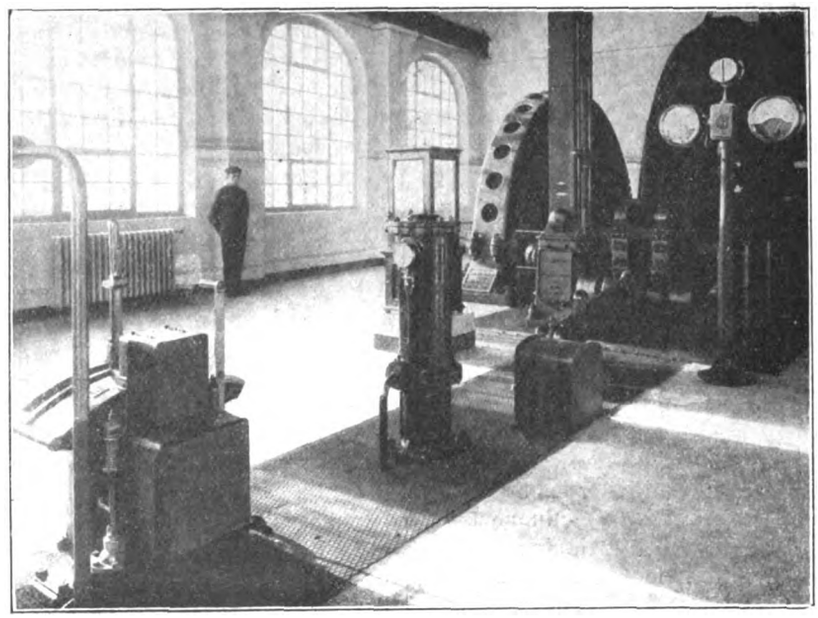


Fig. 119. — Installation d'extraction actionnée par moteur à courant continu, 515 HP, 700 volts, 38 tours par minute (Puits-Mauve).

Il diffère du premier procédé envisagé par l'adjonction d'un convertisseur rotatif-égalisateur, relié par ses bagues à la source et par son collecteur à un groupe moteur-volant, dont le circuit d'excitation est contrôlé par un régulateur sensibilisé par le courant de ligne. De la sorte, à tout excès de puissance consommée par rapport à la puissance moyenne, correspond un accroissement d'intensité inductrice et, par suite, une chute de vitesse favorable à l'action régulatrice du volant. Inversement, si la puissance moyenne excède la puissance absorbée, la vitesse s'accélère et le volant récupère la force vive perdue.

Ce système présente un rendement moindre et nécessite un volant de masse plus élevée que le dispositif précédent. Il offre cependant sur ce dernier, l'avantage de n'être pas subordonné aux avaries possibles du groupe égalisateur en permettant d'assurer l'extraction, même en cas de mise hors service de ce dernier.

	TONNES DE CHARBON brûlé par 24 heures	TONNES DE MINERAIS extrait par 24 heures	TONNES DE MINERAIS extrait / Tonnes de charbon brûlé
Profondeur d'extraction, 600 mètres.			
Extraction à vapeur	47	1.780	40
Extraction électrique 1er système.	13	»	137
Extraction électrique 2e —	15	»	110
Extraction électrique 3e —	16	»	110
Extraction électrique 4e —	15	»	119
Profondeur d'extraction, 1.800 mètres.			
Extraction à vapeur	65,5	1 580	24
Extraction électrique 1er système.	23	»	69
Extraction électrique 2e —	24	»	66
Extraction électrique 3e —	25	»	63
Extraction électrique 4e —	27	»	59

On remarquera, en outre, que les combinaisons faisant l'objet des troisième et quatrième dispositifs sont également applicables lorsque la source d'énergie débite des courants continus. Il suffit, en effet, de substituer, dans le premier cas, un moteur à courant continu au moteur d'induction du groupe volant et, dans le second cas, de supprimer le convertisseur synchrone affecté à la transformation et à l'échange de l'énergie.

En vue de faciliter la comparaison des résultats économiques fournis par les systèmes que nous venons de décrire avec ceux auxquels donne lieu l'extraction à vapeur, nous avons résumé, en un tableau présenté ci-dessus, les chiffres relevés sur chacun d'eux pour des profondeurs d'extraction très différentes. On notera, pour la compréhension de ce tableau, que les machines d'extraction à vapeur envisagées ne comportaient aucun matériel de condensation et consommaient respectivement 25 et 30 kilogrammes de vapeur par cheval-heure indiqué. Quant à l'extraction électrique, elle était alimentée par une station à turbines pourvue d'unités de 1.000 kilowatts ou de 2.500 kilowatts suivant la profondeur d'extraction. Dans l'un et l'autre cas, la consommation a été majorée de 10 0/0 pour tenir compte des pertes dues aux transmissions.

On notera, à l'avantage de l'extraction électrique, un gain supplémentaire dont il n'a pas été tenu compte et qui résulte de la réduction de main-d'œuvre. Dans tous les cas, il convient de compter sur une consommation de 4 à 7 kilowatts-heures par 1.000 tonnes-mètres de minerai extrait en cage équilibré.

Digression sur le contrôle des moteurs d'extraction par le système Ward-Léonard. — Ainsi que nous l'exposions ci-dessus, le contrôle par variation de tension ou contrôle Ward-Léonard, est applicable à toute machine d'extraction actionnée par moteur à courant continu puisant son énergie aux bornes d'un groupe moteur-générateur conjugué, dont la tension variable est réglée au moyen d'un combinateur ordinaire (*controller*). De la sorte, la mise en marche et l'accélération sont obtenues par la manœuvre par plots successifs du controller : la pleine vitesse étant maintenue sur un plot fixe et l'arrêt obtenu par un retour de la poignée à la position d'ouverture.

Un premier avantage ressort donc immédiatement de cette disposition qui, tout en imposant seulement l'emploi d'un combinateur léger, dimensionné dans ses parties électriques pour l'intensité relativement réduite du courant d'excitation, permet d'éviter aux phases d'inversion la rupture difficile du courant d'armature.

On trouvera en figure 120 un schéma du contrôle Léonard figurant, ainsi que nous venons de l'indiquer, les connexions entre armatures du moteur et du générateur à courant continu,

Digitized by Google

les circuits d'excitation de chacun d'eux, ainsi que leur aboutissement à l'excitatrice à travers le controller.

Le circuit principal comprend un disjoncteur, un interrupteur, un ampèremetre à graduation symétrique et un contacteur produisant la rupture du circuit dès que la manette du controller a été ramenée à sa position d'ouverture.

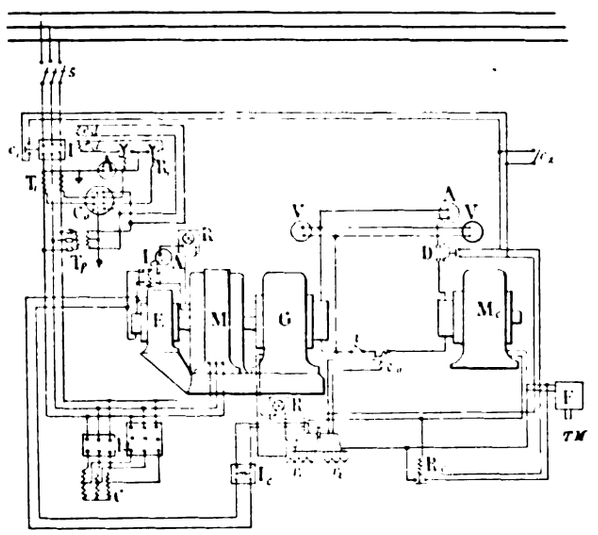


Fig. 120. — Schéma du dispositif *Léonard*, appliqué à la commande d'un moteur d'extraction.

A, ampèremetre ;
C_c, compensateur de demarrage ;
C_1, contacts fermes quand l'interrupteur à huile est ouvert ;
C_2, contacts fermés par l'interrupteur de fin de course ;
C_m, compteur ;
C_a, contacteur ;
D, disjoncteur ;
E, excitateur à courant continu ;
e_d, electros de declanchement de l'interrupteur à huile principal ;
F, electro de frein ;
G, generateur à courant continu ;
I_d, interrupteur à huile de demarrage ;
I_e, interrupteur d'excitation ;
I, interrupteur à huile principal ;
i, interrupteur à couteau ;
M, moteur synchrone à haute tension ;
M_e, moteur d'extraction à courant continu ;
R, rheostat d'excitation de la génératrice ;
R_r, relais ;
r_1, resistance d'excitation de la génératrice ;
r_2, resistance d'excitation du moteur d'extraction ;
s, sectionneurs à couteaux ;
T_i, transformateurs d'intensité ;
T_p, transformateurs du potentiel ;
V, voltmetre.

On notera que le disjoncteur doit être réglé pour la surcharge ultime que peuvent supporter les machines et complété par un contact auxiliaire qui, au déclenchement, actionne le frein de secours.

En raison du danger relatif que peut occasionner l'interruption intempestive du circuit principal, certains techniciens ont proposé de faire servir le disjoncteur à la mise en court-circuit d'une résistance ohmique élevée, destinée à réduire, par l'ouverture de l'automatique, toute intensité de courant dangereuse, sans compromettre la sécurité de l'installation. Etant donné le succès des nombreuses applications qui ont été faites de la première de ces dispositions, aussi bien que l'efficacité des engins de protection dont il est accompagné, nous ne pensons pas que cette modification soit pratiquement justifiée. Quant au contacteur, il protège le moteur contre les courants qui pourraient s'élever en charge sous l'influence de la tension résiduelle du générateur.

Il convient d'observer que le circuit d'excitation du moteur d'extraction aboutit également au controller. Cette disposition favorise un léger ajustage de la vitesse reconnu nécessaire, dans le cas tel que celui du groupe volant, où la tension génératrice présente des variations spontanées. Dans cette éventualité, le champ du moteur est augmenté ou affaibli de la quantité voulue pour maintenir la constance de la vitesse en dépit de l'élévation ou de l'amoindrissement de la tension.

De même, le circuit inducteur du moteur comprend le bobinage de l'électro de frein, afin que tout accident survenant sur ce circuit provoque immédiatement l'immobilisation de la benne. Cet électro est d'ailleurs également sensibilisé : par l'ouverture de l'interrupteur à huile affecté au circuit d'alimentation du moteur auxiliaire; par le franchissement de la position de fin de course de la cage; et enfin, comme il a été dit ci-dessus, par le déclenchement du disjoncteur principal.

L'objection la plus importante qu'on puisse élever contre le système de contrôle Léonard, réside dans l'interposition de plusieurs machines entre le circuit principal et le moteur d'extraction.

Toutefois, si l'énergie électrique est distribuée sous forme de courant continu, il devient possible, sinon de supprimer la machinerie intermédiaire, du moins d'en réduire l'importance et le prix, en reliant la génératrice en série avec le moteur extraction proprement dit. C'est ce qui indique le schéma de la figure 121 appliqué au cas où, le moteur étant bobiné pour le double de la tension de ligne, la capacité du groupe moteur-générateur est réduite de moitié.

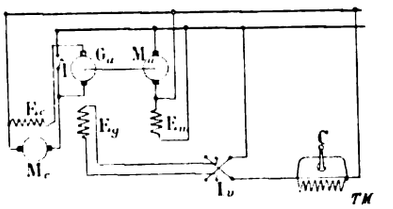


Fig. 121. — Schéma d'un dispositif applicable au cas du courant continu.

C, controller ;
E_e, circuit d'excitation du moteur d'extraction ;
E_g, circuit d'excitation de la génératrice auxiliaire ;
E_m, circuit d'excitation du moteur auxiliaire ;
G_a, generateur auxiliaire ;
I, interrupteur de mise en court-circuit de la génératrice ;
I_e, interrupteur inverseur du courant d'excitation de la génératrice ;
M_a, moteur auxiliaire ;
M_e, moteur d'extraction ;
V, volant.

Dans cette éventualité, le démarrage est réalisé en fournissant, à la génératrice auxiliaire G_a, son courant de pleine excitation dans un sens convenable pour assurer la neutralisation partielle de la tension de ligne. Un courant réduit traverse alors le circuit d'armature du moteur d'extraction M_e et assure la mise en marche à faible vitesse. L'accélération est produite par la réduction progressive du courant inducteur en G_a. Dès que la demi-vitesse est atteinte, l'armature de G est mise en court-circuit, son champ est inversé, puis, le court-circuit étant supprimé, le champ est progressivement élevé jusqu'à réalisation de la vitesse de pleine marche.

Au cours de la première phase, la machine G_a fonctionne en moteur, restituant son énergie au réseau par l'intermédiaire de M_a ; au contraire, elle fonctionne en générateur pendant la seconde phase et prélève son énergie au réseau. Cette observation montre que le moteur M_a doit être réversible. Il ne peut donc être mû par l'eau ou la vapeur, et plus généralement par un agent mécanique inapte à absorber de l'énergie.

D'ailleurs, le ralentissement du moteur est réalisé par l'affaiblissement de la dynamo G_a, de sorte que le cycle des manœuvres est complété par un processus similaire à celui de l'accélération, mais de sens opposé.

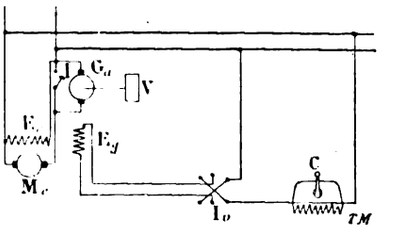


Fig. 122. — Schéma d'un dispositif de commande à courant continu avec tamponnage des pointes.

On notera que, par son fonctionnement successif comme moteur et comme générateur, la dynamo G_a se prête très heureusement au tamponnage des pointes de charge. A cet effet, il suffit de remplacer le moteur M_a par un volant d'inertie tel qu'il est figuré ci-dessous (*fig.* 122).

Digitized by Google

En définitive, le système de contrôle Léonard se distingue avantageusement du contrôle par rhéostat, non seulement par la progression ou la dégression régulière de la vitesse, mais aussi par la suppression des pertes élevées dans la résistance et la récupération possible de l'énergie. D'ailleurs, avec une exploitation intense et convenablement ordonnée, ce système, malgré les pertes qu'il occasionne dans les machines auxiliaires, permet, toute autre chose égale, de réduire la consommation à 85 0/0 de l'énergie mise en jeu avec le contrôle rhéostatique. Cette observation serait en défaut dans le cas d'une extraction intermittente où les pertes à faible charge du groupe moteur-générateur, pendant un temps prolongé, rendraient ces avantages illusoires.

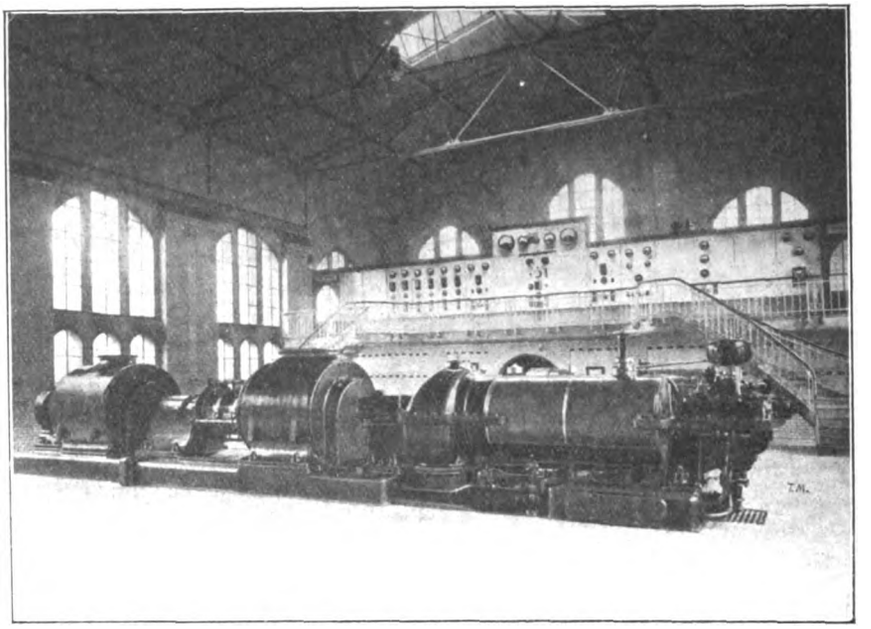


FIG. 123. — Turbo-groupe de l'installation électrique d'extraction du Puits-Mauve.

Quelques descriptions d'installations récentes de machines d'extraction à commande électrique. — A la suite des considérations qui précèdent, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de décrire quelques installations françaises et étrangères de machines d'extraction électriques, ayant subi avantageusement l'épreuve d'une exploitation prolongée.

Equipement du Puits-Mauve de la Mine Heinitz (Silésie). — L'une des premières installations sur lesquelles on ait pu effectuer des essais concluants est celle de la fosse Mauve rattachée à la mine Cono-Heinitz, à Beuthen (Haute-Silésie). Sa mise en exploitation date de septembre 1908 et, depuis cette époque, elle assure un service ininterrompu (*fig.* 123 et 124).

Les principaux facteurs numériques de son fonctionnement sont les suivants :

	Au début	Ultérieurement
Profondeur	540 m.	770 m.
Charge utile	3 600 kg.	7 200 kg.
Vitesse maximum d'extraction	10 m : sec.	
Nombre de wagonnets par cage	6	12
Nombre d'étages par cage	2	4
Nombre de recettes	1	2
Manœuvres à la recette	1	1
Extraction horaire	147,6 t.	230 t.
Poids d'une cage vide	8 360 kg.	11 000 kg.
Poids d'un wagonnet vide	600 kg.	600 kg.
Diamètre du câble	52 mm.	65 mm.
Poids du câble par mètre courant	10 kg.	15,7 kg.
Diamètre de la poulie Koepe	8 m.	
Moment de giration	1 210 000 kgm²	
Diamètre des molettes	6 m.	
Vapeur à la valve d'admission de la turbine :		
Pression	9,5 kg : cm²	
Température	275° C.	
Vide de la condensation centrale à la tubulure d'échappement de la turbine	90 0/0	

La salle des machines comprend :

Une turbine à vapeur système Brown-Boveri-Parsons, à 1.500 tours par minute, munie d'un by-pass automatique de surcharge servant à admettre de la vapeur vive à un étage intermédiaire, pendant les surcharges momentanées de la machine d'extraction.

Une génératrice triphasée, d'une puissance de 1.000 kilowatts, prévue pour fonctionner sur charges inductives à $\cos \varphi = 0{,}8$, et développant une tension de 3.150 volts à la fréquence de 50 périodes par seconde.

Une dynamo à courant continu, d'une puissance de 475 kilowatts en régime normal et capable de développer une puissance de 1.250 kilowatts en fin de période d'accélération, sous une tension variable entre 0 et 500 volts.

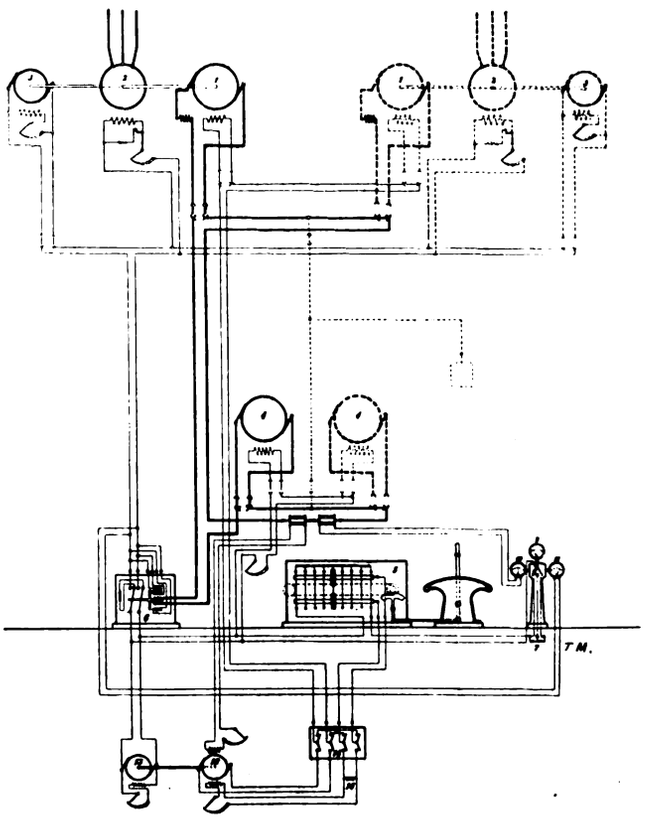


FIG. 124. — Schéma des connexions de l'installation électrique d'extraction du Puits-Mauve.

Une excitatrice à courant continu assure le service d'excitation nécessaire à la génératrice triphasée, à la génératrice à courant continu et au moteur d'extraction.

Digitized by Google

La dynamo d'extraction à courant continu est munie d'un enroulement Déri permettant de compenser la déformation du champ due à la réaction de l'induit. Sa commutation sous toutes les charges et à toutes les tensions de 0 à — 500 volts s'effectue pratiquement, sans étincelle et sans réglage spécial des balais.

L'excitatrice est une machine normale à pôles auxiliaires, dont l'induit est monté en porte-à-faux sur l'arbre de la génératrice principale.

Un indicateur de profondeur, conjugué à un dispositif ralentisseur, évite les démarrages trop rapides et ramène le levier de manœuvre en arrière, vers la fin de la cordée, de façon que la cage n'aborde la recette qu'à une très faible vitesse. Si elle dépasse celle-ci, l'indicateur de profondeur déclenche le frein de sûreté qui immobilise la machine. Ce frein entre également en action.

1° Lorsque la tension d'excitation fait défaut ;

2° Lorsque cette tension dépasse une valeur déterminée par suite d'une augmentation anormale de vitesse de la turbine ;

3° Lorsque, par suite d'un chargement trop considérable de la cage ou d'un coincement de celle-ci dans le puits, l'intensité du courant de l'induit tend à atteindre une valeur inadmissible.

Dans tous ces cas, en même temps que le frein de sûreté est actionné, l'interrupteur déclenche et coupe le courant d'excitation.

Le principal avantage de la commande Léonard réside dans le fait que la vitesse d'extraction dépend de la position du levier de manœuvre.

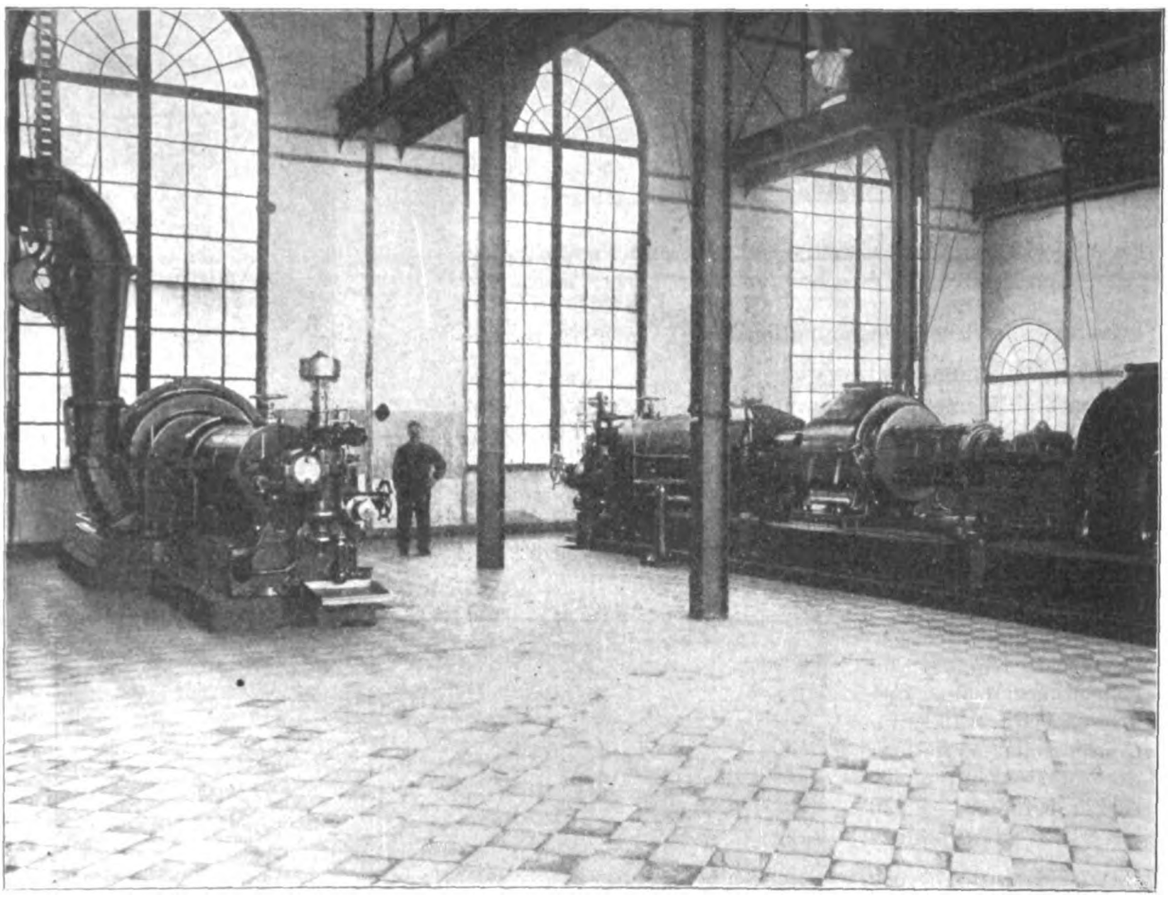


Fig. 125. — Turbo-groupe de l'installation d'extraction électrique de la Société minière Rastenberg.

Toutefois, sans l'intervention d'un compoundage spécial, cette dépendance n'existe que si la charge utile ne varie pas.

Avec une charge utile plus faible, lors de la descente de remblais par exemple, la vitesse devient notablement plus élevée.

En vue d'éviter cet inconvénient, un groupe spécial est prévu pour l'excitation de la dynamo d'extraction.

Le champ de cette dynamo n'est pas, comme à l'ordinaire, réglé par un rhéostat d'excitation, mais il est soumis à la tension variable d'une dynamo auxiliaire (voir le schéma des connexions, *fig.* 124) à vitesse constante, pourvue de deux enroulements d'excitation dont l'un est parcouru par un courant proportionnel à celui absorbé par le moteur d'extraction, et l'autre, alimenté par une source constante de courant.

Si l'intensité dans le circuit d'armature de la dynamo augmente, la tension de l'excitatrice auxiliaire, de même que celle du moteur d'extraction croît également, et il ne se produit aucun ralentissement.

Pendant la descente des charges, le sens du courant est inversé dans le circuit de l'induit, la tension diminue, et l'on conçoit que, par un calcul convenable des deux enroulements de champ, il soit possible de réaliser une dépendance pratique entre la vitesse d'extraction et la position du levier de manœuvre.

Les essais de consommation de vapeur ont été appliqués à cette machine par l'Association de surveillance des chaudières à vapeur de la Haute-Silésie, en septembre 1909.

Cette consommation a été déterminée par pesées de l'eau condensée pratiquées par intervalles de cinq minutes.

Pour une pression de 8,9 kg-cm² et une surchauffe à 228°C., la consommation, en une heure, a été de 10.363 kilogrammes de vapeur avec une extraction d'environ 113.500 kilogrammes, à une profondeur de 540 mètres en 31,3 cordées. La puissance développée par la génératrice triphasée était en moyenne de 1.006 kilowatts, la puissance effective correspondante est :

$$\frac{540 \times 113\,500}{75 \times 3\,600} = 227 \text{ ch.-heure en charge extraite.}$$

Pour comparer la consommation de vapeur ainsi atteinte à celle d'une machine d'extraction à vapeur, il faut admettre que la charge fondamentale de 1.000 kilowatts est produite par un groupe électrogène à turbine de puissance correspondante faisant 3.000 tours par minute.

Un pareil groupe électrogène à turbine, de construction moderne, avec une pression effective à l'admission de 9 kilogrammes, une température de 230° C. et un vide de 90 0/0 à

Digitized by Google

la tubulure d'échappement, présente une consommation spécifique de vapeur de 8kg,3 par kilowatt-heure, ce qui correspond à $8{,}3 \times 1.006 = 8.350$ kilogrammes de vapeur par heure, de sorte qu'il reste pour l'extraction $10.363 - 8.350 = 2.013$ ki-

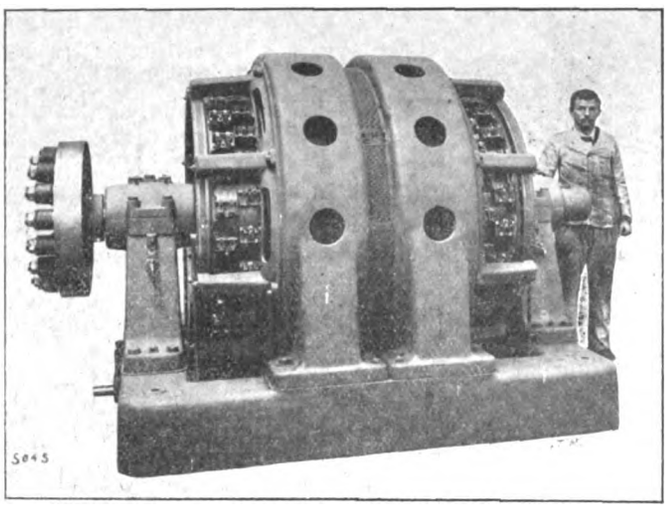


Fig. 126. — Moteur triphasé à double collecteur pour machine d'extraction.

logrammes, soit une consommation de $\frac{2.013}{227} = 8^{kg},85$ par cheval-heure de matière extraite.

Pour établir une comparaison avec une machine électrique d'extraction d'un système différent, il faudrait considérer que les 350 à 400 kilogrammes nécessaires pour la marche de la machine d'extraction devraient être également fournis par le groupe électrogène qui, par conséquent, travaillerait avec une consommation spécifique un peu meilleure: 8kg,1 par kilowatt-heure par exemple.

La charge prise par le réseau triphasé ne consommerait ainsi que $8{,}1 \times 1.006 = 8.150$ kilogrammes par heure tandis que l'extraction absorberait $10.363 - 8.150 = 2.213$ kilogrammes soit $\frac{2.213}{227} = 9^{kg},75$ par cheval-heure ou $\frac{9{,}75}{8{,}5} = 1{,}2$ kilowatt par heure de matière extraite.

Dans l'appréciation de ces chiffres, il faut tenir compte non seulement de ce que l'extraction n'utilisait que 70 0/0 de sa puissance maximum, mais encore de ce que l'installation avait été commandée dès 1906 et qu'alors les garanties exigibles de la turbine à vapeur étaient notablement inférieures à ce qu'elles sont aujourd'hui.

On peut admettre avec certitude que, si une turbine de construction moderne avait pu être employée, la consommation totale de vapeur eût été réduite de 3 à 4 0/0 et n'aurait pas dépassé 10.000 kilogrammes à l'heure. Les chiffres de

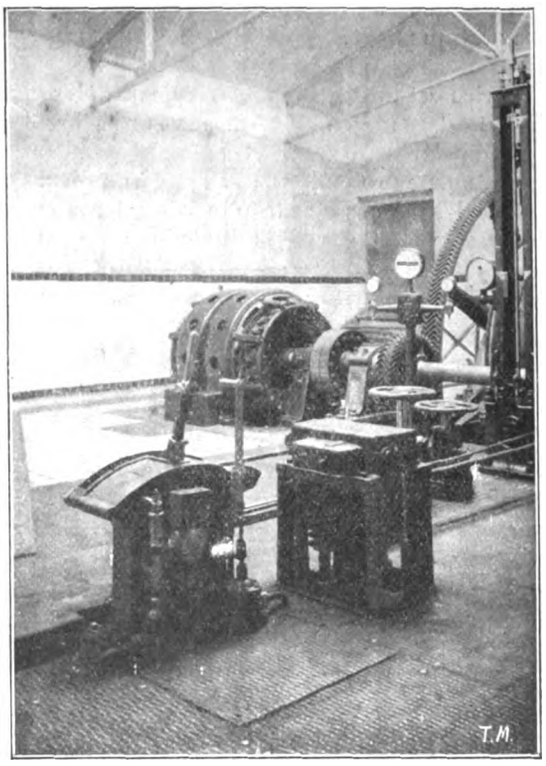


Fig. 127. — Machine d'extraction électrique des houillères de Czeladz.

consommation indiqués ci-dessus se seraient donc trouvés portés respectivement à 8kg,5 et 9kg,5 par cheval-heure de matière extraite.

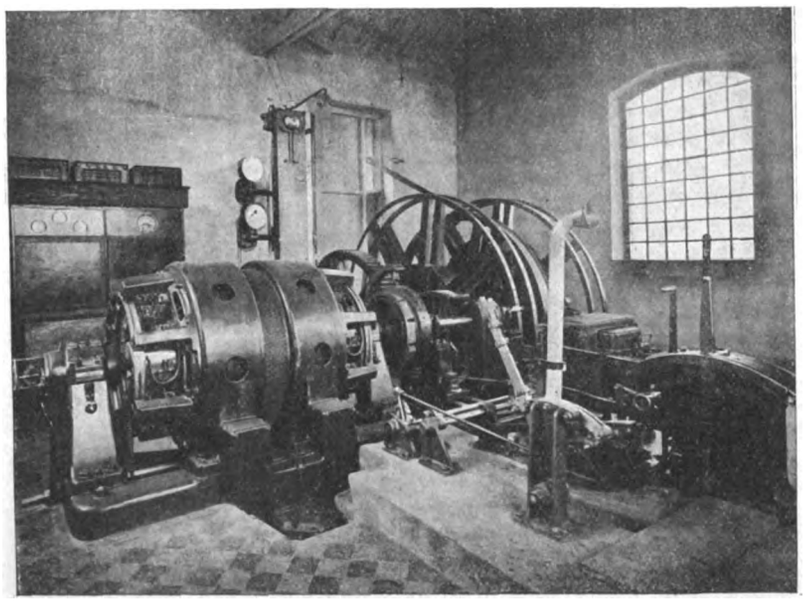


Fig. 128. — Machine d'extraction des mines de fer d'Errouville (Meurthe-et-Moselle), avec moteur triphasé à double collecteur.

Equipement d'extraction électrique des Mines Rastenberg. — Nous signalerons encore brièvement l'installation d'extraction de la société minière Rastenberg (*fig.* 125) établie sur le même principe. La puissance de la machine d'extraction est analogue à celle de la fosse Mauve dans sa construction primitive. La charge utile atteint 3.000 kilogrammes et la vitesse maximum d'extraction, 10 mètres par seconde.

Toutefois ce groupe électrogène diffère du précédent en ce sens que la turbine a été prévue pour permettre le prélèvement d'une certaine quantité de vapeur destinée au chauffage. Une soupape automatique règle ce prélèvement de manière à maintenir la pression toujours constante dans la conduite de chauffage, malgré les variations de charges de la turbine.

Digitized by Google

A cette disposition se rattachent également les installations d'extraction des usines de la Mourière (Meurthe-et-Moselle) et des mines Volkenroda, à Menterode (Thuringe).

Installation des houillères de Czeladz et des mines de fer d'Errouville. — Ces installations diffèrent des précédentes par la suppression du matériel de production de l'énergie électrique et l'alimentation du matériel moteur par le courant emprunté à un grand réseau.

Elles fournissent, en outre, des exemples particulièrement probants de l'application du moteur triphasé à double collecteur *fig.* 126, dont nous avons précédemment décrit les propriétés, à la commande des machines d'extraction.

Ce dernier présente, en effet, par la multiplicité de son montage et de son démarrage, l'inversion facile de son sens de marche et enfin sa récupération au freinage, des qualités particulièrement adéquates à ce genre d'utilisation.

L'équipement électrique se compose uniquement d'un interrupteur permettant d'isoler le moteur du réseau pendant les arrêts prolongés de l'extraction. La machine d'extraction constitue, par suite, un ensemble de surveillance particulièrement facile.

On trouvera figures 127 à 129 une vue de l'agencement des machines d'extraction à double collecteur, installées aux houillères de Czeladz Pologne russe et aux mines de fer d'Errouville Meurthe-et-Moselle précédemment citées.

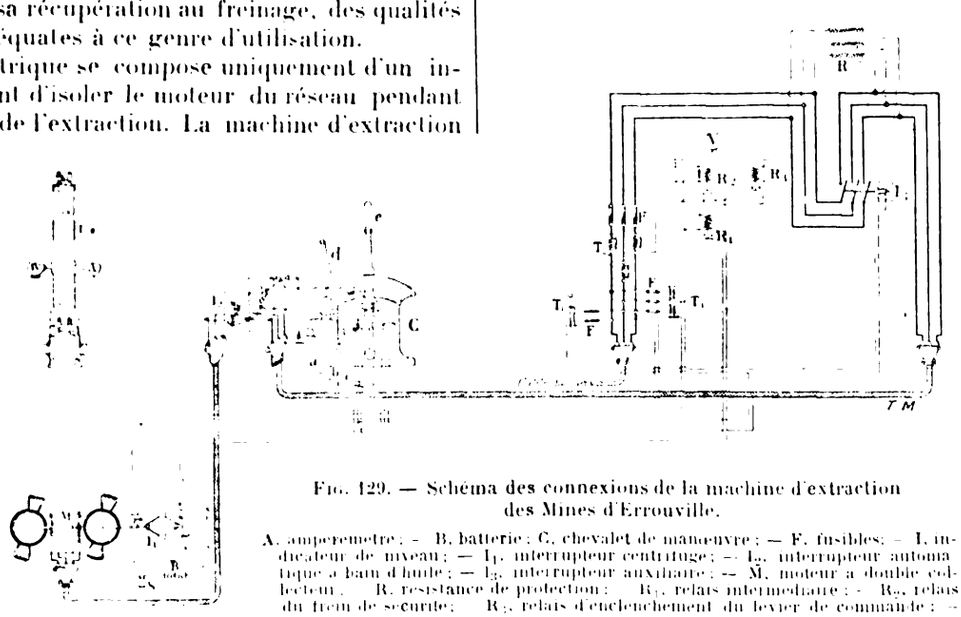


Fig. 129. — Schéma des connexions de la machine d'extraction des Mines d'Errouville.

A, ampèremètre; — B, batterie; C, chevalet de manœuvre; — F, fusibles; — I, indicateur de niveau; — I_1, interrupteur centrifuge; — I_2, interrupteur automatique à bain d'huile; — I_3, interrupteur auxiliaire; — M, moteur à double collecteur; — R, résistance de protection; — R_1, relais intermédiaire; — R_2, relais du frein de sécurité; — R_3, relais d'enclenchement du levier de commande; — T_1, transformateurs de tension; — T_2, transformateurs de courant; — V, voltmètre; — W, wattmètre.

a, tringle en relation avec l'indicateur de niveau et produisant le déclenchement automatique si la cage dépasse la recette; *b*, tringle de déclenchement du frein de sûreté; — *c*, arbre commandant les balais mobiles; — *d*, levier de secours; — *e*, levier de manœuvre.

Cette dernière installation comporte un treuil d'extraction de 150 kilowatts, dont les bobines sont actionnées par le moteur à double collecteur, au moyen d'engrenages réducteurs.

Les facteurs caractéristiques de son fonctionnement sont les suivants :

Profondeur	200 m.
Charge utile	3 000 kg.
Poids de la cage vide avec attelage	600 kg.
Nombre de wagonnets par cage	2
Vitesse maximum par seconde	2,50 m.
Bobine : diamètre initial d'enroulement	2,070 m.
Bobine : diamètre final d'enroulement	3,000 m.
Nombre de tours de l'arbre des bobines	22
Nombre de tours du moteur	425
Rapport d'engrenages	1 : 19,5
Distance d'axe en axe des câbles	1,300
Puissance nécessaire au début de la cordée	105 chv.
Puissance nécessaire en fin de cordée	185 chv.

Les bobines sont constituées par des moyeux en fonte avec bras en fer U armés intérieurement de chêne. L'une d'elles peut être rendue folle pour le réglage des câbles. Les engrenages, du système Citroën, fonctionnent sans aucun jeu, d'où une marche silencieuse dépourvue de trépidations.

Le frein de manœuvre, placé sur l'arbre intermédiaire des engrenages, présente un contrepoids normalement serré et à desserrage par pédale. Le frein de sécurité, placé sur l'arbre principal, est également pourvu d'un contrepoids; un encliquetage le maintient levé et l'actionne dans les cas suivants :

A main, par un levier monté sur le chevalet de manœuvre;

Automatiquement, par un dispositif de déclenchement électromagnétique monté également sur le chevalet de manœuvre et agissant en cas de manque de courant.

Automatiquement et au moyen de tringles, par le curseur de l'indicateur de profondeur au cas où la cage dépasserait la recette.

Le moteur à deux collecteurs, branché sur le réseau triphasé à 3.000 volts, 50 périodes, peut développer normalement 200 chevaux à la vitesse de 425 tours par minute. Le stator est branché directement sur le réseau, tandis que le rotor, complètement indépendant, porte son jeu de balais fixes et mobiles reliés entre eux, comme il a été dit précédemment (*fig.* 129).

Le démarrage, le réglage de la vitesse pendant le trait, le freinage et le renversement de marche, sont effectués par un simple déplacement des balais mobiles, produit à partir du chevalet de manœuvre, au moyen de tringles et par l'intermédiaire du levier de commande qui se déplace dans une rainure en forme de T.

En cas de surcharge exagérée du moteur, le levier se trouve verrouillé, et son introduction permet d'ouvrir dans une fente normale à la rainure principale l'interrupteur du stator. Un dispositif de déclenchement électro-magnétique du frein de sécurité, que l'on peut actionner à la main par un levier auxiliaire, est également supporté par le chevalet.

En outre, un interrupteur tripolaire à bain d'huile permettant de débrancher le moteur du réseau pendant les arrêts, sert en même temps d'interrupteur de secours actionné par le frein de sûreté. Un interrupteur centrifuge, monté sur l'arbre du moteur, provoque la mise en action du frein de sécurité dès que la vitesse du câble dépasse le maximum admis et actionne simultanément une sonnerie et une lampe signal.

L'installation comporte enfin un indicateur de profondeur vertical à deux curseurs, commandé par l'arbre principal et excitant à fin de course une sonnerie et les appareils de sécurité ci-dessus mentionnés.

Nous conclurons en signalant que, toutes les fois où la préoccupation d'un minimum d'immobilisation domine le gain d'énergie et l'intérêt d'un contrôle précis, le mode de réglage par moteur asynchrone par rhéostat ou par moteur triphasé à double collecteur doit être préféré.

S'il s'agit au contraire d'une installation importante pour laquelle la prospérité de l'entreprise reste liée à l'économie et

Digitized by Google

à la sécurité rationnelle de l'extraction, le système Léonard simple ou composé, trouvera une application judicieuse.

Machine d'extraction électrique des mines de Landres de la Société des Aciéries de Micheville. — Les règlements miniers en usage en France imposent à toute exploitation minière de posséder deux communications distinctes avec le jour: l'un des puits sert en général à l'extraction et à l'entrée de l'air, l'autre sert au retour d'air et à tous les services secondaires : circulation du personnel, du matériel, etc.

Le service d'exploitation des mines de Landres désirant profiter de ce second puits pour assurer, outre ces services secondaires, une extraction plus importante et disposer d'une installation prête à fonctionner en cas d'accidents au puits principal, décida d'équiper électriquement le puits n° 2.

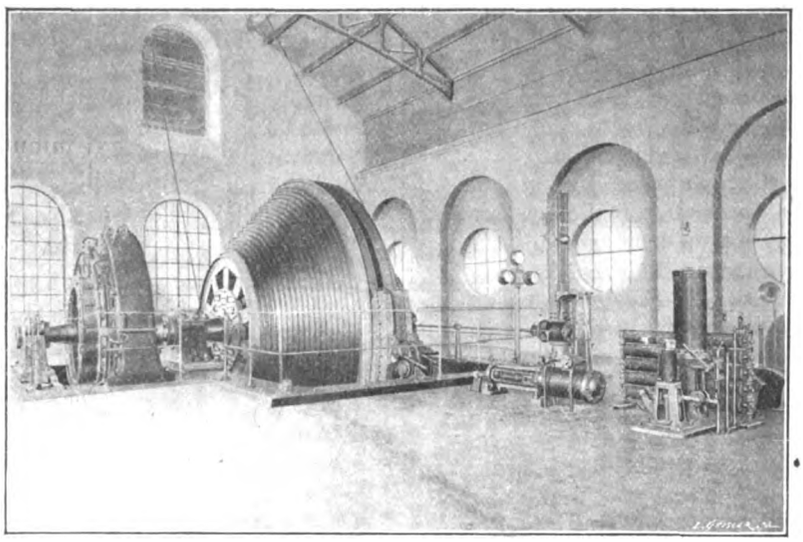


Fig. 130. — Machine d'extraction électrique du puits n° 2 des mines de Landres (Société Alsacienne de constructions mécaniques).

Outre les avantages ordinairement obtenus par la commande électrique, un tel choix était motivé par la nécessité d'installer, à bref délai, des pompes d'épuisement de plus en plus puissantes, tant en raison des croissantes venues d'eau qu'en prévision des extensions à la station génératrice.

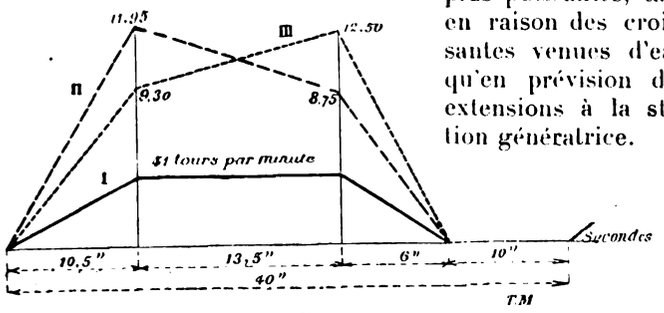


Fig. 131.

I, courbe de vitesse de rotation de l'arbre du moteur;
II, courbe de vitesse linéaire de la cage montante (en mètres par seconde);
III, courbe de vitesse linéaire de la cage descendante (en mètres par seconde)

Le programme d'extraction à réaliser était le suivant :

Hauteur d'élévation normale	230	mètres
Charge utile (minerai)	2.700	kgs
Cage à un étage (un wagonnet par cage), poids	3.400	—
Poids d'un wagonnet vide	830	—
Câble rond en acier, diamètre	38	mm.
— — poids au mètre	4.900	grammes
Nombre de cordées à l'heure	90	
Durée totale de la cordée, manœuvres comprises	40	secondes
Durée d'un trait	30	—
Durée des manœuvres	10	—

Ce programme particulièrement pénible, par suite du grand nombre de cordées à l'heure, ne pouvait être assuré qu'avec une machine très souple et susceptible de manœuvres très précises.

La Société Alsacienne de constructions mécaniques de Belfort, à qui fut confiée la construction de cette machine, rejeta, dès le début, la commande directe par moteur triphasé en raison de la faible profondeur d'extraction et de la fréquence des démarrages. Après examen approfondi, elle décida d'appliquer un moteur d'extraction à courant continu (*fig.* 130 à 133) alimenté par groupe convertisseur, suivant le principe *Ward-Léonard*.

Ainsi que nous l'avons déjà décrit, le moteur d'extraction, à excitation indépendante, est alimenté à tension variable par la dynamo génératrice du groupe convertisseur. Cette variation de la tension aux bornes du moteur qui permet, comme nous l'avons vu, de produire les démarrages, variations de vitesse, freinages et changements de sens de marche de la machine d'extraction est obtenue en agissant sur l'excitation de la génératrice. Un simple rhéostat de champ avec inverseur, commandé par levier, suffit donc pour effectuer toutes les manœuvres et, propriété caractéristique à chaque position du levier de manœuvre correspond une tension bien déterminée de la dynamo génératrice, autrement dit une vitesse sensiblement constante du moteur d'extraction, quelle que soit sa charge.

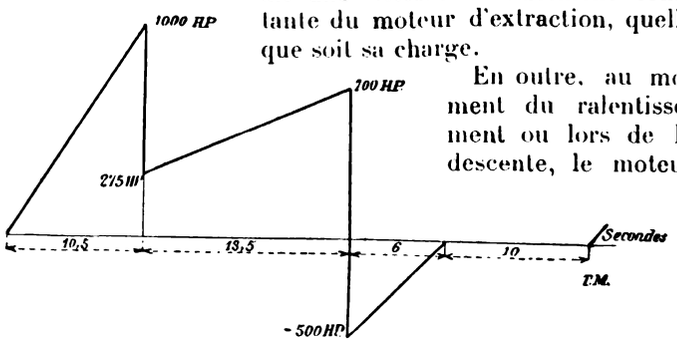


Fig. 132. — Diagramme des puissances.

En outre, au moment du ralentissement ou lors de la descente, le moteur d'extraction fonctionne en génératrice-frein et restitue au groupe convertisseur l'énergie résultant de la diminution de la force vive des masses en mouvement.

Afin de soulager la station génératrice des fréquents à-coups résultant des démarrages, un volant accouplé au convertisseur emmagasine l'énergie disponible pendant les périodes de marche à vide et la restitue pendant les périodes de travail (voir (*fig.* 132).

La machine d'extraction proprement dite fut l'objet d'un examen particulièrement attentif.

La poulie Kœpe, souvent très pratique, ne put être utilisée en raison de la faible profondeur du puits.

Les tambours cylindriques présentent l'inconvénient de provoquer un couple résistant variable, décroissant du commencement à la fin de la cordée, par suite de la différence du poids des câbles.

Il fut donc décidé d'employer des tambours tronconiques

Digitized by Google

qui permettent de maintenir le couple résistant à peu près constant et consécutivement l'intensité dans le moteur et la génératrice.

Ils répondent aux caractéristiques suivantes :

Diamètres extrêmes des tambours.....	3 mètres et 6m,35
Diamètres extrêmes utiles pour câbles neufs....	3m,75 et 6m,15
Diamètre minimum utile pour câbles usés.....	3m,500

Les tours d'enroulement du câble sur le tambour, entre les diamètres 3m,75 et 3m,50, permettent de faire le prélèvement pour essais des parties usées du câble, au fur et à mesure que la longueur du câble diminue, les diamètres utiles des tambours décroissent pour arriver à 3m,500 et à 6 mètres en fin d'usure.

Les tours d'enroulements, entre 3m,500 et 3m,200, permettent à la cage intérieure de descendre au-dessous de la dernière recette; pendant ce temps, la cage supérieure s'élève au-dessus de la première recette et le câble s'enroule sur les tours compris entre les diamètres de 6m,150 et 6m,350.

Enfin, les tours d'enroulement du diamètre 3m,200 au diamètre 3 mètres, sont les tours morts nécessaires à la fixation du câble sur le tambour.

Les diagrammes de fonctionnement sont reproduits en figure 131 et 132.

Description de la machine d'extraction. — A. *Partie mécanique.* — Les tambours sont en tôles soigneusement assemblées. L'un d'eux peut être renforcé pour le réglage des câbles et immobilisé par un frein actionné à l'aide d'un volant à main agissant sur une jante spéciale.

Ils peuvent être rendus solidaires l'un de l'autre par un système à vis qui assure le réglage absolument exact de câbles.

L'accès de l'intérieur des tambours facilite à la fois le calage de ceux-ci et les manœuvres d'attache des câbles qui sont ramenés jusqu'à l'arbre. Celui-ci est creux; il est terminé à l'une de ses extrémités par un plateau venu de forge permettant l'accouplement à l'arbre du moteur électrique.

Les paliers sont auto-graisseurs. L'ensemble est monté sur un châssis en fers profilés très résistant.

Freins. — Les poulies composantes sont solidaires de chaque tambour. Elles reçoivent les mâchoires doubles d'un frein à articulations inférieures reliées à des ancrages intéressant l'ensemble du massif de fondation.

Les dispositifs de freinage sont mus par l'air comprimé; ils agissent soit par le cylindre du frein de manœuvre, soit par le cylindre du frein de sécurité. Le premier est horizontal et à action directe; le second, vertical et à contrepoids.

Le mécanisme de freinage est appelé à fonctionner dans les cas suivants :

1° *Comme frein de manœuvre pour produire l'arrêt ou bloquer la charge déjà arrêtée.* — Cette manœuvre s'effectue au moyen d'un levier agissant sur un robinet de distribution d'air comprimé à trois voies. L'action de la pression progressive et réglable sur le piston du cylindre horizontal provoque le serrage du frein.

2° *Comme frein de sécurité.* — Le frein est relié à un contrepoids normalement soulevé par la pression de l'air comprimé sur le piston du cylindre vertical. Ce contrepoids, par sa chute, provoque le serrage.

Les causes de fonctionnement sont les suivantes :

a) Manque d'air comprimé ;

b) Quand la cage dépasse la recette, l'index de l'indicateur de position produit alors le déclenchement au moyen d'une tringlerie appropriée ;

c) A la main par l'intermédiaire de levier en cas de non-fonctionnement du frein de manœuvre ;

d) Au moyen d'un solénoïde. Le noyau de ce solénoïde est normalement maintenu, soulevé par un courant d'excitation prélevé sur les barres du réseau à 500 volts de la station centrale. Si ce courant vient à être interrompu, le noyau du solénoïde retombe et provoque la chute du contrepoids du frein de sécurité.

Cette manœuvre se produit :

1° Quand le courant du réseau général d'excitation à 500 volts des génératrices et des moteurs vient à manquer;

2° Quand l'interrupteur automatique principal du moteur déclenche ; cet interrupteur est muni, dans ce but, d'un interrupteur auxiliaire qui coupe le circuit d'excitation du solénoïde;

3° Quand il y a excès de vitesse des cages dans le puits. A cet effet, l'appareil enregistreur « Karlick » est muni d'un contact auxiliaire qui, par l'intermédiaire d'un relais, coupe le circuit d'alimentation du solénoïde dès que la vitesse dépasse une certaine valeur;

4° Quand la cage dépasse la recette par l'intermédiaire d'un interrupteur de fin de course.

La chute du contrepoids de sécurité a, en outre, pour effet de couper l'excitation de la génératrice, de sorte que le moteur d'extraction cesse d'être alimenté lorsque les freins sont serrés.

L'air comprimé nécessaire à ces manœuvres est fourni par un petit compresseur à commande électrique automatique par coupleur à force centrifuge monté sur le moteur. Lorsque la pression devient inférieure à 5 kilogrammes, un relais à air ferme l'interrupteur du moteur qui se met en marche. Le moteur est mis hors circuit de façon analogue, quand la pression dépasse 7 kilogrammes.

Accessoires. — 1° *Stand du mécanicien.* — Il comporte deux chevalets de manœuvre, l'un pour le levier agissant sur les rhéostats de champ, l'autre pour le levier de frein.

2° *Indicateur de position.* — Il se compose de deux curseurs guidés par deux montants verticaux et actionnés par deux vis sans fin, commandées elles-mêmes par l'arbre de la machine d'extraction au moyen d'un arbre intermédiaire et de pignons.

Cet indicateur de position est muni d'un dispositif de ralentissement automatique destiné à parer à une inattention du mécanicien.

A cet effet, le curseur conjugué à la cage montante vient, au moment voulu, appuyer sur une pédale, laquelle, par l'intermédiaire d'une tringlerie, ramène le levier de manœuvre au voisinage de la position d'arrêt. Si le machiniste n'a pas provoqué l'arrêt complet, au moment où la cage arrive à la recette, l'index agit sur une seconde pédale qui actionne le frein de sécurité.

B. *Moteur électrique.* — Le moteur électrique est monté sur l'arbre de la machine d'extraction entre l'un des paliers de tambour et un palier extérieur (voir *fig.* 130). La liaison du moteur à la machine est assurée par deux plateaux d'accouplement forgés, permettant de dégager le moteur en cas de démontage.

Celui-ci est alimenté sous une tension variable de 0 à + 500 volts. Sa vitesse varie alors de 0 à + 41 tours par minute, et la puissance développée, de 0 à 1 000 chevaux conformément au diagramme donné ci-dessus.

Il est muni de pôles auxiliaires qui assurent une commutation parfaite à toutes les charges, à toutes les vitesses et pour les deux sens de rotation.

Digitized by Google

Les inducteurs sont alimentés par les barres générales à 500 volts de la station centrale.

L'excitation est constante pendant toute la période de marche. Toutefois aux arrêts, une résistance additionnelle placée sur l'appareil de manœuvre est introduite automatiquement dans le circuit des inducteurs, dont on réduit ainsi notablement les pertes.

C. *Groupe convertisseur volant* (voir *fig.* 133). — Ce groupe comprend une génératrice, un moteur et un volant.

La génératrice fournit au moteur d'extraction proprement dit le courant qui lui est nécessaire; elle est munie de pôles de commutation et d'enroulements compensateurs.

Le moteur qui l'entraîne est un moteur asynchrone triphasé alimenté par le réseau à 3.000 volts, 50 périodes. Il peut fournir en marche permanente une puissance de 450 chevaux; à la vitesse de 485 tours par minute.

Le groupe est complété par un volant relié aux machines par manchon d'accouplement semi-élastique. Il est en acier coulé d'une seule pièce et pèse 15 tonnes. A la vitesse périphérique de 90 mètres par seconde, il peut emmagasiner une force vive de 3.500.000 kilogrammètres environ.

Ce volant est calculé pour fournir sous une chute de vitesse de 15 0/0, le supplément d'énergie qu'il faudrait demander à la station centrale depuis le moment où la puissance absorbée par la machine d'extraction dépasse la puissance moyenne, jusqu'au moment où elle retombe au-dessous de cette valeur.

Inversement, le volant absorbe aux époques de repos, l'énergie précédemment libérée, et rétablit sa vitesse initiale.

De sorte que la puissance absorbée par le moteur asynchrone reste sensiblement constante.

Pour obtenir les variations de vitesse nécessaire à l'utilisation du volant, on insère automatiquement, au moyen d'un régulateur, les résistances d'un rhéostat de réglage dans le rotor du moteur asynchrone.

Afin de réduire au minimum les pertes par frottement dans l'air, qui sont loin d'être négligeables avec les vitesses périphériques employées, le volant est complètement enfermé dans une enveloppe en tôle (voir à gauche *fig.* 133).

En outre ses paliers sont à refroidissement par circulation d'eau et, pour faciliter le démarrage du groupe, une pompe à main permet d'envoyer de l'huile sous pression dans les coussinets.

Enfin un frein manœuvré par un volant à main permet l'arrêt du groupe.

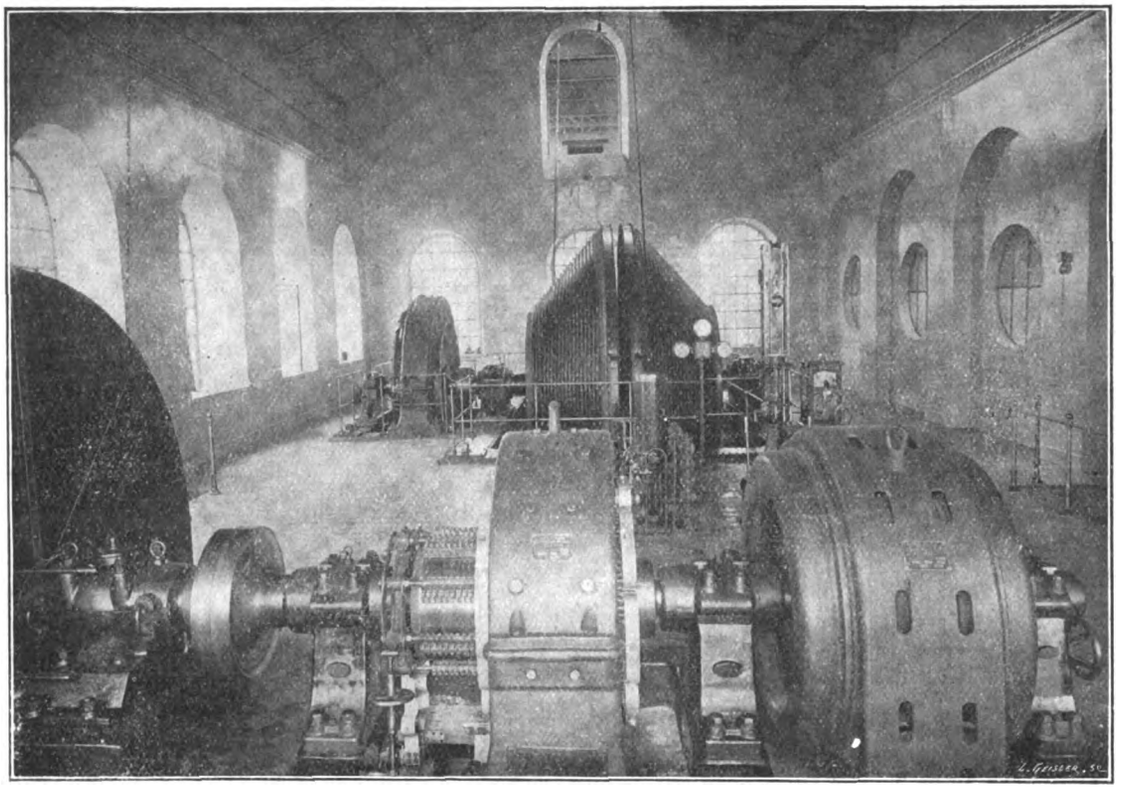


FIG. 133 — Vue d'ensemble de la machine d'extraction électrique des mines de Landres et du groupe convertisseur-volant qui l'alimente.

Alimentation de secours du moteur d'extraction. — Une particularité intéressante de cette installation, réside dans la possibilité d'alimenter directement le moteur d'extraction, par une des génératrices à courant continu de la station centrale. En cas d'accident au groupe convertisseur ou lorsque le courant triphasé vient à manquer, la manœuvre de la machine d'extraction peut être poursuivie provisoirement de la façon suivante :

La centrale comprend deux groupes électrogènes formés chacun d'une machine à vapeur compound tournant à 110 tours par minute accouplée à une génératrice à courant continu, munie de pôles auxiliaires, et développant normalement une puissance de 600 kilowatts sous 500 volts.

Un commutateur spécial permet d'envoyer le courant de l'une quelconque de ces génératrices au moteur d'extraction. Pour alimenter le moteur sous tension variable, l'excitation des dynamos est prise sur les barres à 500 volts de la centrale, par l'intermédiaire d'un rhéostat analogue à celui de la génératrice du groupe convertisseur. Ce rhéostat est d'ailleurs manœuvré par le même levier, et un dispositif très simple permet de relier l'un ou l'autre d'entre eux au levier de manœuvre.

D. *Résultats d'exploitation.* — Cette installation a donné d'excellents résultats. La marche est souple et régulière, les manœuvres sont rapides et sûres. Tous les ralentissements et arrêts peuvent être obtenus normalement en agissant sur un seul levier de manœuvre, sans que l'on ait jamais à recourir au levier de frein.

La durée du trait varie de 28 à 32 secondes et celle des manœuvres de 8 à 12 secondes, soit une valeur moyenne de la cordée de 40 secondes, correspondant au programme imposé. On a ainsi pu réaliser en service normal 95 cordées en une heure, résultat tout à fait remarquable.

Digitized by Google

Le fonctionnement par les groupes électrogènes de la centrale a été également reconnu satisfaisant et constitue un secours de premier ordre.

Installation des Mines de Béthune. — La machine d'extraction à poulie Kœpe de 7 mètres de diamètre avec câble d'équilibre, est établie pour répondre à un double programme : 235 tonnes à l'heure, à 430 mètres de profondeur, avec cages à 8 berlines en 50 cordées, ou 265 tonnes à 530 mètres avec cages à 12 berlines en 38 cordées.

A chaque extrémité de l'arbre de la poulie Kœpe, est disposé un moteur à courant continu tournant à la vitesse maximum de 32,7 tours par minute pour l'étage de 430 mètres, et à 29,5 tours pour celui de 530 mètres et alimenté sous tension variable de 0 à ± 500 volts.

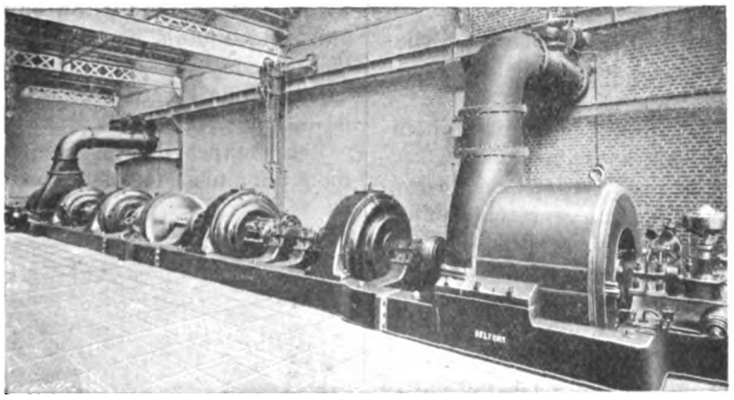


Fig. 134. — Mines de Courrières. — Groupes turbo-dynamos à courant continu et volant, 2 000 à 3 000 ch., 1 500 tours.

Le courant est fourni par deux groupes convertisseurs volants tournant à 485 440 tours par minute et comprenant chacun :

1° Une génératrice à courant continu, ± 500 volts, munie de pôles de commutation;

2° Un moteur asynchrone à courant triphasé, alimenté à 5 000 volts, 50 périodes et capable de développer, de façon permanente, une puissance de 400 chevaux;

3° Un volant, d'une seule pièce, en acier coulé, pesant 22 tonnes et susceptible d'emmagasiner une force vive de 5.000.000 de kilogrammètres, avec une vitesse périphérique de 85 mètres par seconde.

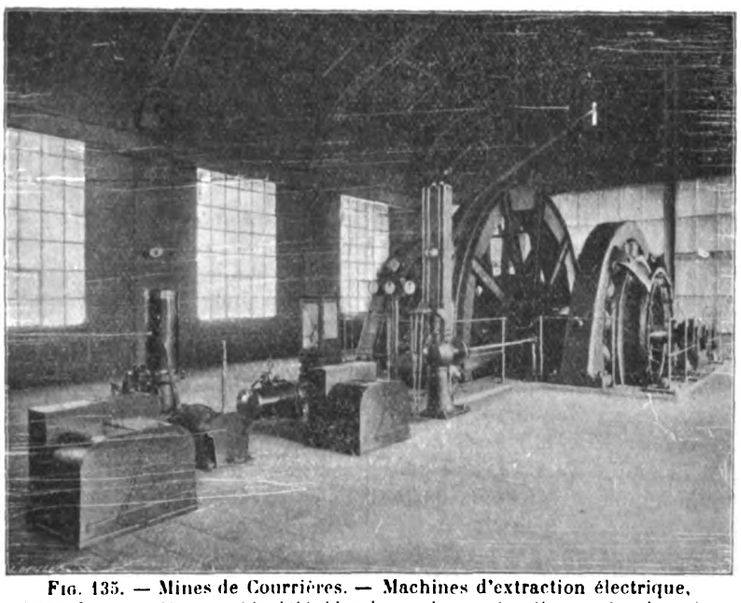


Fig. 135. — Mines de Courrières. — Machines d'extraction électrique, 1 500 chevaux, 35 tours (Société Alsacienne de constructions mécaniques).

L'extraction normale est assurée par les deux moteurs montés en série et alimentés par les deux génératrices également associées en série. En cas d'avarie à l'une des machines, on peut, avec un seul groupe et les deux moteurs, remonter la pleine charge à demi-vitesse, ou avec un seul groupe et un seul moteur, la demi-charge à demi-vitesse. De la sorte, même dans l'hypothèse où un moteur et un groupe convertisseur seraient immobilisés, l'exploitation ne pourra être complètement interrompue.

Installation des Mines de Courrières. — Cette installation est particulièrement intéressante, en ce qu'elle utilise comme source d'énergie, la vapeur d'échappement de diverses machines, de sorte que les moteurs électriques des deux groupes convertisseurs sont remplacés (*fig.* 134 et 135) par des turbines à vapeur à basse pression.

Chaque groupe comprend une turbine et deux turbo-dynamos à excitation indépendante. Entre ces deux groupes placés bout à bout, est disposé un volant qui peut être rendu solidaire de l'un ou de l'autre d'entre eux, au moyen de manchons d'accouplement.

Le groupe relié au volant actionne seul le moteur d'extraction. Il tourne normalement à 1 500 tours par minute et une baisse de vitesse de 25 0/0 permet d'utiliser l'énergie emmagasinée par le volant.

L'autre groupe est indépendant du premier, il tourne à la vitesse constante de 1 500 tours et fournit du courant continu à 500 volts servant à actionner divers moteurs. De simples modifications de connexions effectuées par des sectionneurs et des commutateurs prévus à cet effet, permettent d'alimenter la machine d'extraction par le deuxième groupe qui fonctionne alors, dans les mêmes conditions que le premier. Les moteurs électriques qui, d'ordinaire, sont alimentés par ce groupe, sont remplacés momentanément par d'anciennes machines à vapeur.

Les turbines à vapeur sont du type Zoelly de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques. La pression au robinet d'admission est de $1^{kg},150$ par centimètre carré. Les régulateurs à force centrifuge, agissent par laminage de la vapeur, en assurant une marche à la vitesse constante de 1.500 tours ou à une vitesse variable entre 1.500 à 1.425 tours.

Les dynamos génératrices sont connectées en série sur l'excitation et donnent une tension de ± 500 volts. Elles sont munies de pôles auxiliaires et leurs collecteurs sont frettés.

L'excitation des génératrices et des moteurs d'extraction est fournie, en marche normale, par une excitatrice entraînée par courroie, par le groupe à vitesse constante. Lorsque la machine d'extraction fonctionne avec ce deuxième groupe, l'excitatrice est actionnée par une machine à vapeur verticale à grande vitesse.

Le volant est en acier forgé au nickel, son poids est de 8,5 tonnes et sa vitesse périphérique atteint 130 mètres par seconde; il peut emmagasiner dans ces conditions une force vive de 3 500 000 kilogrammètres.

La machine d'extraction est à poulie Koepe de $6^{m},500$ de diamètre. Elle est capable d'extraire 200 tonnes à l'heure, à 400 mètres de profondeur, en 48 cordées.

Digitized by Google

Un moteur à courant continu alimenté à tension variable de 0 à ± 500 volts et tournant à la vitesse maximum de 35 tours par minute, est placé de chaque côté de la poulie Koepe (*fig.* 135).

La Société Alsacienne de Constructions mécaniques a également installé aux mines de Carmaux, quatre machines d'extraction électrique, destinées aux sièges de la Grillatié et de la Tronquié.

Les moteurs d'extraction sont également à courant continu et alimentés par groupes convertisseurs volants.

Pompage. — L'importance relative des appareils de pompage varie avec les conditions géologiques du lieu d'extraction. Pour certaines mines et, en raison de la présence de drainages naturels, le service de ces pompes ne représente qu'une fraction négligeable de la puissance génératrice. Pour d'autres, au contraire, franchissant les niveaux aquifères, l'efficacité et la continuité de l'épuisement, constituent les facteurs essentiels de l'extraction et, de l'économie de cette opération, résulte le plus souvent l'intérêt de l'entreprise. C'est ainsi que la mise en valeur des puits de certaines mines, impose l'épuisement au plus bas prix, d'un tonnage d'eau décuple de la quantité de charbon extrait.

Dans tous les cas, ce matériel doit être pourvu d'une réserve importante capable de faire face aux inondations, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle.

De même que dans les applications déjà envisagées, l'entraînement électrique des pompes assure un rendement de 25 à 40 0/0 supérieur à celui de la commande à vapeur ou par l'air comprimé, autrement dit, un accroissement effectif des profits dont le quantum augmente en rapport direct avec la diversité des applications et les distances auxquelles la puissance doit être transmise.

Deux faits ont principalement contribué à solutionner avantageusement le problème du pompage dans les mines : les améliorations récentes apportées au rendement des pompes centrifuges multicellulaires à grande vitesse, dont les applications étaient autrefois restreintes aux faibles hauteurs ; la possibilité d'appliquer à des pompes initialement actionnées par la vapeur, la conduite par électromoteur, apte à recevoir une commande automatique et à réduire, dans une notable proportion, la puissance consommée.

Le matériel de pompage employé le plus communément dans les mines de charbon peut être divisé en quatre classes : les *pompes de fonçage* employées à l'avancement des galeries ; les *pompes d'épuisement* principales installées à poste fixe dans la mine ; les *pompes auxiliaires*, débouchant dans un puisard central ; les *pompes transportables*, affectées à des services temporaires (rechange, incendie) ou à l'épuisement de petites quantités d'eau, à proximité des pompes auxiliaires stationnaires. A ces différentes catégories, n'appartiennent naturellement pas les engins de pompage affectés au service des générateurs de vapeur non plus qu'à celui des canalisations d'eau.

L'électromoteur, associé à la pompe de fonçage, doit présenter un rendement élevé sous des hauteurs variables et pouvoir fonctionner partiellement ou complètement immergé. L'ensemble est généralement monté sur un système mobile, permettant de suivre les variations du niveau de l'eau. Dans certains cas, le moteur est placé sur un flotteur, afin d'opérer à la surface ou soulevé par des câbles et des chaînes extensibles. Son branchement est pratiqué au moyen de conducteurs flexibles, de longueurs suffisantes pour satisfaire à toutes variations en hauteur.

Des différentes classes de moteurs, le type d'induction polyphasé se prête avantageusement à la commande de cette catégorie de pompes, principalement s'il est destiné à être immergé, en raison de l'absence de tout contact mobile.

Toutefois, le facteur de sécurité se trouvera considérablement accru par l'emploi de moteurs hermétiques dont les paliers seront simplement garnis d'un bourrage de chiffons. Nous rapporterons à cet égard, l'essai pratiqué en toute satisfaction, sur un moteur d'induction ouvert de 2 chevaux à 1.800 tours qui a été soumis, complètement immergé, à un régime de marche continue pendant dix semaines, sans autre inconvénient qu'une légère diminution de la puissance mécanique développée.

Les pompes d'épuisement principales, exigent généralement une puissance élevée, et l'énergie qu'elles absorbent représente souvent un large pourcentage de la puissance génératrice.

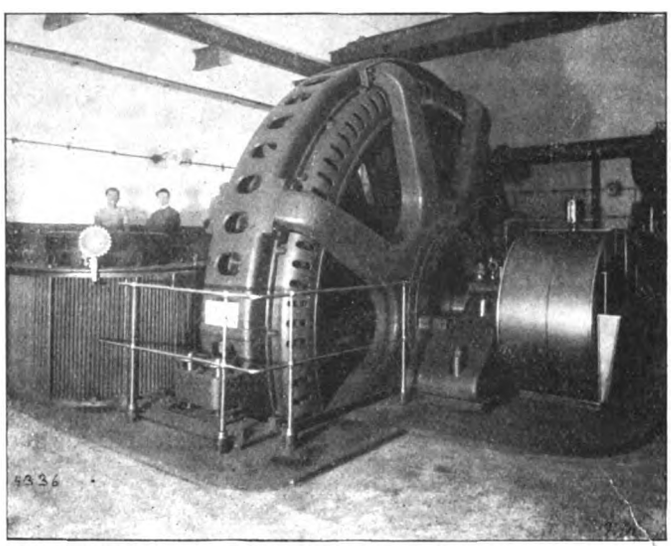


Fig. 136. — Moteur asynchrone triphasé de 1 150 chevaux, 82 tours, 5 000 volts, 50 périodes, accouplé directement à une pompe à pistons « Erhardt et Schmer » de 8 mètres cubes à 540 mètres de hauteur.

Lorsque le puisard présente une capacité suffisante pour emmagasiner la quantité totale d'eau débitée pendant le jour, la dépense d'établissement des unités génératrices peut être sensiblement diminuée, en procédant à l'épuisement pendant la nuit, afin d'uniformiser la charge à la station et réduire la puissance des générateurs.

L'adoption des pompes centrifuges pour un tel service se justifie, non seulement par l'élévation de leur rendement, mais aussi par leur aptitude à recevoir, mieux que les pompes alternatives, une eau chargée de matières solides en suspension. En outre, elles facilitent, ainsi qu'il a été dit, l'emploi de la commande directe par moteurs à grande vitesse et permettent de diminuer, sinon d'éviter, l'emploi de pompes relais entre le fond et la surface.

L'épuisement des différentes régions de la mine situées au-dessous du niveau des puisards, est généralement pratiqué au moyen de plusieurs pompes semi-fixes de capacité réduite, travaillant à faible hauteur. Ces pompes sont généralement actionnées par des moteurs à courant continu, prélevant leur énergie sur le circuit d'alimentation des locomotives. De même que pour les pompes principales, elles fonctionnent sans autre surveillance que celle occasionnellement imposée par le nettoyage et le graissage, leur contrôle pouvant être rendu automatique.

Digitized by Google

En dehors de ces applications, la commande électrique trouve une utilisation exclusive dans le matériel de pompage transportable, dont la rapidité de mise en service et le faible encombrement constituent un avantage remarquable. Ce matériel consiste dans la commande directe par engrenages, d'une pompe centrifuge ou à pistons plongeurs, au moyen d'un moteur à courant continu alimenté par le circuit de traction et commandé par controller. L'ensemble est monté sur un truck répondant au gabarit des locomotives, et il constitue un dispositif particulièrement économique dans toutes les opérations intermittentes : secours, incendies, etc.

Avant de terminer le paragraphe que nous avons consacré à l'épuisement de l'eau dans les mines, nous signalerons les intéressantes tentatives d'équipements électriques, qui ont été appliquées avec succès sur le système déjà ancien de l'épuisement par caisses à eau.

On sait que ces caisses étanches, en permettant d'élever de toute profondeur et de rejeter d'un seul coup à la surface, plusieurs mètres cubes d'eau, évitaient ainsi l'inconvénient de plusieurs stations de pompage superposées et présentaient, pour cette raison, un rendement que l'on s'accordait à considérer, à l'époque de leur création, comme tout à fait satisfaisant.

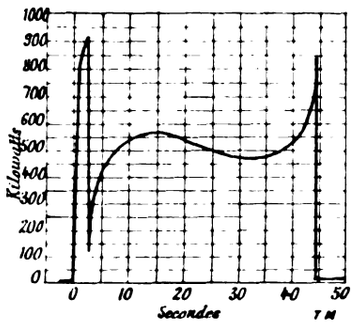


Fig. 137. — Allure d'un cycle d'extraction decrit par une caisse d'epuisement.

Parmi les engins de ce système, restés en service, un grand nombre d'entre eux ont été dotés de la commande électrique, et c'est ainsi qu'aux mines de Delaware (États-Unis) la caisse à eau est encore employée parallèlement à deux pompes centrifuges, pour l'épuisement collectif de huit puits établis dans un périmètre de 2.500 mètres de rayon.

La capacité de l'ensemble est de 1.100 mètres cubes à l'heure; elle est actionnée par treuil, au moyen d'un moteur d'induction de 800 chevaux, 2.200 volts, 225 tours par minute. Tandis que la profondeur des puits est de 150 mètres, un câble d'acier de 50 millimètres, pesant 100 kilogrammes par mètre courant, est employé pour extraire les caisses, qui présentent respectivement une capacité de 14 mètres cubes. Le diagramme du cycle d'extraction est figuré ci-contre (*fig.* 137). On notera que le service n'en est assuré que pendant les heures de faible charge de la station génératrice.

Ajoutons que l'équipement du système est entièrement automatique, et protégé par un régulateur et un frein pneumatique, montés directement sur l'arbre du moteur. Le moteur électrique entraîne le tambour par renvoi d'angle, et l'inversion du sens de rotation est mécaniquement réalisée au moyen d'un embrayage spécial.

Ventilateurs et compresseurs d'air. — Les services de ventilation ayant pour objet l'introduction d'air frais dans les galeries d'extraction, doivent être prévus pour éviter toute interruption. Ils sont généralement assurés au moyen de soufflantes rotatives ou de ventilateurs refoulants.

Dans l'un et l'autre cas, l'arbre de la turbine est accouplé directement à celui de l'électromoteur, afin de supprimer tout organe de transmission intermédiaire et de diminuer ainsi l'encombrement, en améliorant à la fois le rendement.

Il convient d'ajouter néanmoins, que l'intérêt de la conduite électrique (sécurité, facilité de contrôle, économie d'installation) reste probant, lors même que celle-ci serait appliquée à un ventilateur de forte capacité, à vitesse lente et commandé par courroie, initialement entraîné par machine à vapeur. Cet intérêt devient tout à fait évident, dans le cas où les appareils de ventilation, étant éloignés de la station génératrice, un contrôle à distance est rendu nécessaire. L'adjonction d'un simple dispositif à contacts avec sonnerie d'alarme, permet alors d'avertir le personnel de toute interruption de service.

Si le ventilateur ou le compresseur doit être mis à vitesse variable, la distribution étant mono ou triphasée, l'emploi du moteur mono ou triphasé à collecteur est particulièrement indiqué (*fig.* 138); la variation de vitesse s'exécute alors très simplement par décalage des balais sur le collecteur.

La figure 139 représente un ventilateur à commande directe, par un moteur asynchrone triphasé, installé par la Société Alsacienne, au siège n° 11 de la Compagnie des mines de Béthune. Le ventilateur de la maison Messian-Lengrand, est suscep-

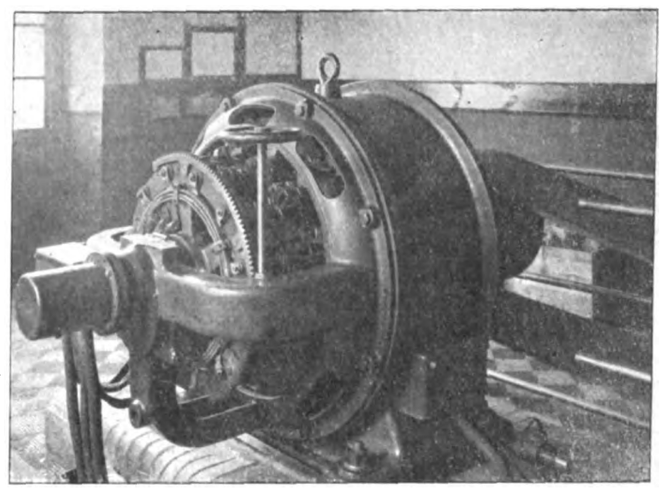


Fig. 138. — Société des Houillères de la Haute-Loire. Moteur triphasé à collecteur commandant par courroie un ventilateur.

tible d'aspirer 100 mètres cubes d'air à la seconde, sous une dépression de 120 millimètres d'eau. Le diamètre du ventilateur est de 7m,40, la largeur des palettes est de 3m,500, la vitesse tangentielle est de 40m,50.

Le moteur est du type asynchrone triphasé, à induit bobiné, à bagues, sa puissance est de 400 chevaux et sa vitesse de 104 tours par minute

Le courant d'alimentation est distribué à la tension de 5.000 volts et à la fréquence de 50 périodes.

Une particularité intéressante de construction, réside dans l'absence de paliers séparés, ceux-ci étant constitués par les flasques du moteur.

Le démarrage est effectué au moyen d'un rhéostat liquide, dans lequel l'électrolyte est mis en circulation par une pompe centrifuge.

Un régulateur d'intensité, agissant sur une vanne du tuyau de vidange du rhéostat, produit, en cas de surcharge, une chute automatique de la vitesse du ventilateur, en vue de régulariser la charge du réseau, malgré les variations de résistance qui se produisent dans les circuits d'aération de la mine.

Lorsque le siège de l'extraction est canalisé en courant triphasé et que les charges distribuées sont de nature à affaiblir le facteur de puissance de la distribution, il y a souvent lieu d'examiner l'application du moteur synchrone à la com-

Digitized by Google

mande des ventilateurs. Dans une telle éventualité, on fera | avec la tension, et le rapport $\frac{CB}{AC}$ le facteur de puissance du

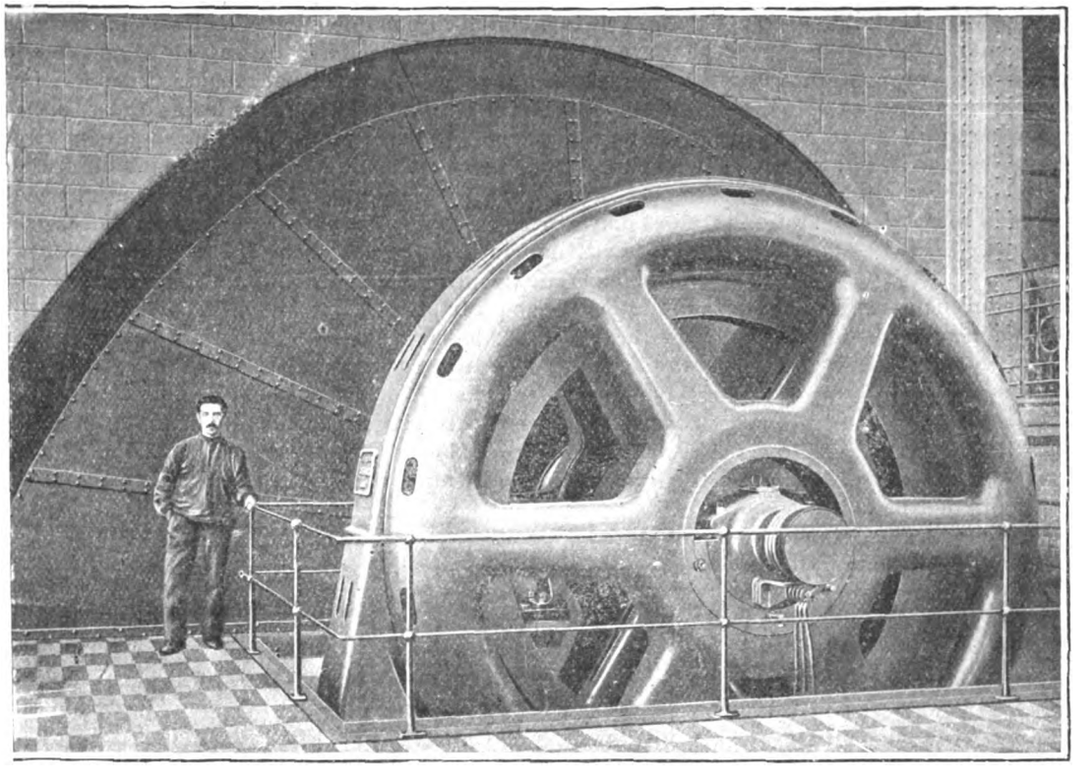


Fig. 139. — *Compagnie des Mines de Béthune.* Commande électrique d'un ventilateur de 100 mètres cubes à la seconde sous une dépression de 120 millimètres d'eau.

choix d'un moteur de puissance légèrement supérieure à celle | C'est ainsi qu'un générateur de 100 kilowatts débitant son qui est imposée par la capacité du matériel à entraîner, afin d'améliorer le facteur de puissance par l'introduction de courants déwattés en avant, dans le réseau de distribution. On évitera ainsi très judicieusement, l'emploi de condensateurs synchrones, fréquemment utilisés à compenser l'influence sur le facteur de puissance, des moteurs d'induction et des transformateurs fonctionnant à très faible charge, considérations importantes sur lesquelles nous apporterons quelques détails.

Il convient, en effet, de noter que tout moteur d'induction absorbe, quelle que soit la charge qui lui est appliquée, un courant entièrement déwatté, servant à l'excitation de ses enroulements. Dans ces conditions, l'expression graphique des composantes électriques mises en jeu est telle que l'indique la figure 141, dans laquelle AB représente le vecteur KVA magnétisant, CB le vecteur puissance, en phase | courant de régime, sous un facteur de puissance égal à 0,8, ne

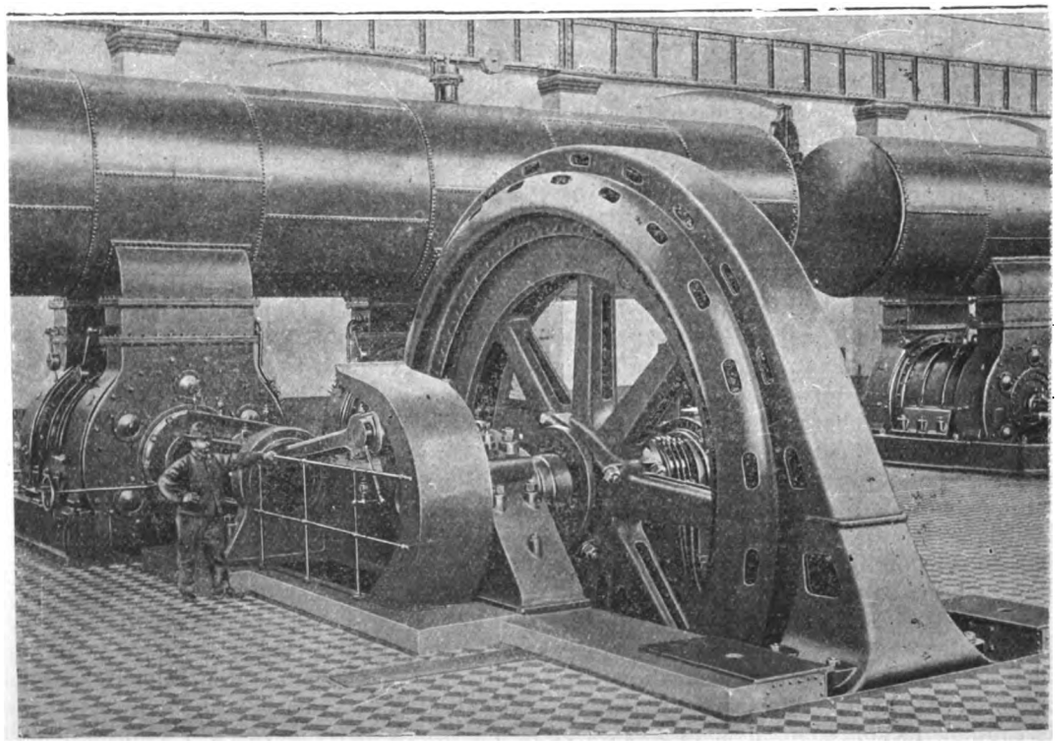


Fig. 140. — Usine d'Ilayange de MM. les Petits-Fils de François de Wendel. Machine soufflante pour hauts fourneaux commandée par moteur asynchrone triphasé de 1 000 chevaux, 3 000 volts, 25 périodes, 75 tours (Société Alsacienne de Constructions mécaniques).

circuit. On observera donc aisément que si la charge représentée par CB diminue, le vecteur AB restant pratiquement constant, l'angle ACB augmente et le facteur de puissance exprimé par le cosinus de cet angle s'affaiblit solidairement. En particulier, au cours de la marche à vide, le vecteur CB mesure seulement les pertes magnétiques par frottement et ventilation, de sorte que si nous l'exprimons en vraie grandeur par BD, le facteur de puissance tombe au voisinage de 0,10 à 0,15, et le courant absorbé par le moteur atteint environ 30 0/0 de l'intensité de pleine charge.

Un tel courant magnétisant est, dans le cas le plus général, fourni par le générateur sur lequel, eu égard aux conditions d'échauffement, il détermine une chute de puissance utile.

Digitized by Google

fournira que 80 kilowatts de charge utilisable, de sorte que 20 0 0 de la capacité des moteurs primaires et des générateurs de vapeur conjugués resteront de ce fait inutilisés.

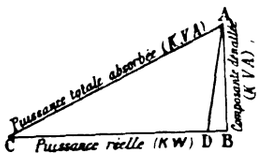


Fig. 141. — Relation graphique entre la puissance réelle et la puissance apparente d'un moteur d'induction.

On conçoit, cependant, que si le courant magnétisant absorbé par le moteur, était prélevé sur une source étrangère, le générateur deviendrait susceptible de fonctionner sous un facteur de puissance égal à l'unité, et sa capacité nominale pourrait être intégralement convertie en charge utile.

Le moteur synchrone, à excitation indépendante par courant continu, se prête avantageusement à cette application. Toutefois, il importe de noter l'existence d'une intensité critique du courant inducteur, pour laquelle le fonctionnement du moteur s'effectue sous un facteur de puissance égal à l'unité, de sorte que, pour toute excitation inférieure à cette valeur critique, le courant prélevé sur le réseau présente les mêmes inconvénients de décalage arrière que celui auquel donne lieu le moteur d'induction.

Au contraire, dès que le courant d'excitation excède l'intensité critique, le moteur provoque la génération de courants déwattés en avant, qui suppléent à l'excitation des moteurs d'induction en allégeant solidairement les courants de charge des générateurs. Ainsi, on retiendra que, par une surexcitation appropriée d'un moteur synchrone, il devient possible d'assurer l'alimentation en courant magnétisant, de la totalité des transformateurs et moteurs d'induction branchés sur le réseau, en réalisant sur les génératrices un facteur de puissance sensiblement égal à l'unité.

Cette caractéristique des moteurs synchrones surexcités, révèle le principe des applications qui ont été faites de tels appareils exempts de toute charge mécanique et utilisés exclusivement pour cette remarquable propriété *condensateurs synchrones*. Dans cette éventualité, ils sont avantageusement disposés au voisinage des moteurs d'induction qu'ils alimentent en courants d'excitation, et l'on conçoit aisément que, dans le cas où ces moteurs sont suffisamment groupés, le gain réalisé sur le poids de cuivre des conducteurs, aussi bien que sur la meilleure utilisation des générateurs, devient considérable.

En ce qui concerne la commande des installations minières et métallurgiques, caractérisées l'une et l'autre par des charges très irrégulières, le facteur de puissance des moteurs d'induction qui y sont affectés, ne sera généralement pas supérieur à 0,8. Un moyen quelquefois employé, dans le but d'obvier en partie aux inconvénients qui en sont les conséquences immédiates, consistera dans l'emploi d'un générateur alternatif de capacité suffisante pour développer le courant total consommé et entraîné par un moteur primaire, de puissance seulement égale à la composante wattée de la charge. Suivant les cas, on aura recours à ce moyen ou à l'emploi du condensateur synchrone précédemment décrit : si la charge est placée à l'extrémité d'un long feeder ou si les générateurs sont d'un type à vitesse lente, il y aura vraisemblablement économie à disposer un condensateur synchrone à grande vitesse au voisinage des moteurs.

On remarquera enfin, qu'il reste possible de pourvoir partiellement, à l'aide du condensateur synchrone, au courant magnétisant consommé par les électromoteurs d'induction et, à cet égard, on notera, ainsi que nous l'expliquons ci-après, que l'amélioration du facteur de puissance des générateurs devient moins sensible à mesure que s'élève le cos Φ du système.

Soit OA (*fig.* 142) le courant normal développé par un générateur alimentant un moteur d'induction, dont le facteur de puissance égal à 0,71, devient aussi celui de l'alternateur. L'angle de décalage alors tel que AOC, décroît solidairement, à mesure qu'augmente le cos Φ. Si ce dernier était égal à 1, le vecteur AB, qui représente la composante déwattée d'excitation du moteur, devenant nulle, OA coïnciderait avec OC. Il résulte que, pour porter le facteur de puissance à l'unité, on devra introduire supplémentairement, un courant magnétisant en avance et égal à AB, le générateur n'ayant plus alors à développer que la puissance utile représentée par OC. Si donc la source auxiliaire ne fournit qu'une fraction AD de ce courant magnétisant, le nouvel angle de décalage deviendra A''OB et son cosinus atteindra 0,95.

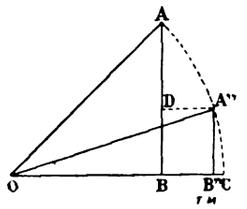


Fig. 142 — Graphique montrant l'importance de la compensation avec le facteur de puissance.

Un calcul plus complet montrerait que, dans l'hypothèse où cette source fournirait 60 0 0 de la composante déwattée AB, le facteur de puissance serait relevé de 0,71 à 0,958, tandis que l'introduction des 40 0 0 déwattés supplémentaires ne servirait qu'à élever de 4,2 0 0 le cos Φ, pour le rendre égal à l'unité. Cette considération montre l'économie qui s'attache à ne pas rechercher, par ce procédé, un facteur de puissance de plus de 95 à 96 0 0, au delà duquel la dépense de courant décalé devient hors de proportion avec l'importance du résultat atteint.

Il est intéressant de noter qu'indépendamment de son fonctionnement en condensateur, un moteur synchrone surexcité reste parfaitement apte à développer de l'énergie mécanique. La valeur maximum du courant inducteur admissible est déterminée, dans tous les cas, par les intensités d'armature et d'excitation que le moteur est capable de supporter sans échauffement anormal. Si le moteur est partiellement soumis à une charge mécanique, il devient évident qu'une fraction de sa capacité est absorbée par le courant de travail et que le complément reste seul accessible à la production des courants d'excitation d'un réseau et, à cet égard, on observera facilement qu'il existe une proportion optime dans laquelle il convient de partager la puissance mécanique.

C'est ainsi qu'un moteur, surexcité de quantité suffisante pour fournir son plein courant, et auquel on applique une charge mécanique absorbant 71 0/0 de sa capacité nominale, conserve en disponible 71 0 0 de cette capacité pour la production de courants magnétisants.

Telle est la meilleure répartition des charges pour lesquelles l'abandon de 29 0/0 de la puissance du moteur autorise l'affectation d'une égale capacité de 71 0/0, à l'amélioration du facteur de puissance du réseau. Par contre, si la puissance mécanique appliquée était élevée à 90 0/0, les 43/100 de la capacité nominale du moteur resteraient seulement disponibles, pour assurer son fonctionnement en condensateur.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Commande des laminoirs. — Envisagée au point de vue des engins mécaniques qu'elle utilise, l'industrie métallurgique présente une analogie évidente avec l'industrie minière, tant en raison de l'importance des efforts mis en jeu que des fluctuations et de l'intermittence des charges appliquées.

Il est donc possible d'étendre à ce chapitre, les méthodes

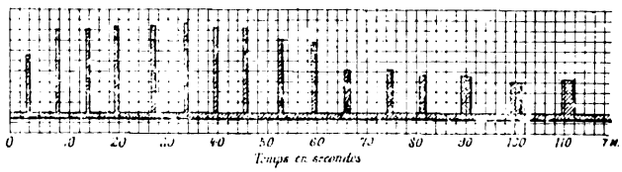


FIG. 143. — Représentation graphique des pointes de charge d'un laminoir simple à deux cylindres.

de contrôle précédemment décrites, aussi bien que les considérations envisagées au début de notre ouvrage, à l'occasion des charges variables et de l'application du volant d'inertie au tamponnage des pointes de puissance instantanée.

Sauf le cas assez rare des laminoirs continus, l'acier n'acquiert sa forme définitive qu'après une succession de passes correspondant à des périodes de fortes surcharges, dont la durée dépend de l'allongement du métal, et dans l'intervalle desquelles, l'effort moteur n'acquiert que la valeur relativement faible des résistances passives du système mobile.

Quant à leur durée, on retiendra que les dernières passes s'étendent le plus souvent sur quelques secondes, tandis que les premières, sensiblement plus courtes, ne durent qu'une fraction de seconde.

La capacité du moteur d'entraînement du laminoir dépend du genre de travail effectué, aussi bien que de l'agencement du train. Le service le plus irrégulier résultera de la commande électrique d'un train à deux cylindres, dans lequel les passes sont inévitablement courtes et puissantes. Au contraire, lorsque le laminoir comprend plusieurs trains, il devient possible de traiter à la fois, deux ou plusieurs blooms, et le diagramme des charges se rapproche d'autant mieux de l'horizontale figurative des ordonnées moyennes, que les phases d'opération sont plus judicieusement combinées.

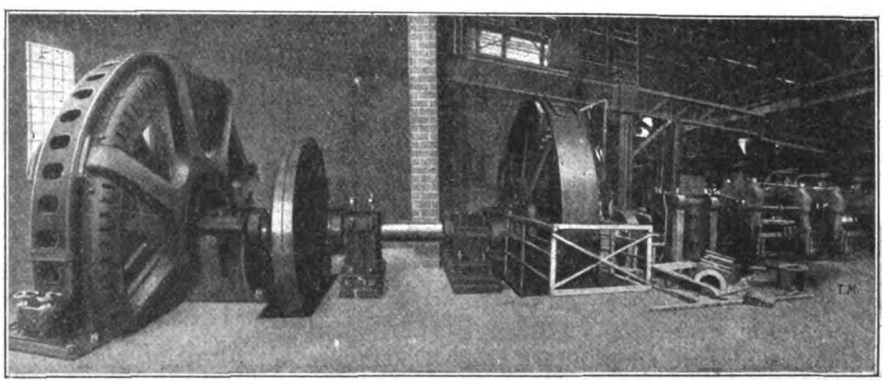


FIG. 144. — Entraînement électrique d'un train de laminoir par un moteur asynchrone triphasé de 2 500-3 000 chevaux, 3 100-2 700 volts, 42,5 périodes, 105/75 tours, réglage de vitesse par résistances.

En pratique, la charge d'un laminoir varie avec le genre de travail effectué et, pour un même travail, avec la température du métal, l'habileté de l'ouvrier et un grand nombre de causes fortuites qui modifient la configuration des diagrammes indépendamment de toute autre considération. Nous avons donné en figure 57 et 58 deux caractéristiques usuelles de charges. On trouvera en figure 143 le diagramme beaucoup plus irrégulier d'un laminoir à deux cylindres, tel que ceux employés à la fabrication des plaques à blindage.

Dans le cas le plus général, la solution de tels problèmes impose le tracé du diagramme des charges le plus irrégulier, en même temps que du graphique des puissances moyennes, et l'on notera immédiatement que, bien que le moteur électrique soit exempt des inconvénients inhérents à l'intermittence des couples de la machine à vapeur, l'adjonction d'un volant d'inertie se justifie amplement par le tamponnage des pointes, aussi bien que par l'amortissement des chocs imprimés à l'ensemble.

Quoi qu'il en soit, la détermination d'un régulateur d'inertie judicieusement dimensionné, reste une question complexe exigeant, dans chaque cas, un examen particulier et, à ce sujet, il n'est sans doute pas inutile de rappeler qu'à l'inverse de l'idée généralement admise, la masse du volant ne suffit pas à en caractériser les effets, mais bien son énergie cinétique représentée par le produit $\frac{1}{2}MV^2$ de la moitié de sa masse par le carré de la vitesse mesurée à l'extrémité du rayon de giration. D'ailleurs, il importe d'observer également que la variation de vitesse pratiquement admise pour permettre au volant de libérer ou d'emmagasiner l'énergie mise en jeu, est faible et généralement comprise entre 10 et 15 0/0, de sorte qu'il n'est possible de récupérer que 20 à 30 0/0 de l'énergie absorbée, et c'est ainsi qu'un volant capable de tamponner une surcharge de 100 0/0 pendant une seconde, resterait inapte à absorber pendant cinq secondes une surcharge moitié moindre.

Ces conditions restrictives révèlent les limites étroites entre lesquelles il reste possible d'employer le volant d'inertie à étaler les pointes de charges courtes et puissantes et à épargner, à la fois au moteur et à la station génératrice, les surcharges brutales communiquées par les soudaines phases de travail.

Digitized by Google

Nous avons donné précédemment (1) une formule basée sur la proportionnalité pratiquement exacte avec le moteur d'induction, des couples aux glissements, et permettant d'observer algébriquement l'effet d'un volant d'inertie de moment donné, sur un moteur affecté à un travail déterminé. Ainsi que nous l'avons dit alors, la courbe figurative des charges appliquées au moteur dépend de la vitesse, du facteur de proportionnalité ci-dessus mentionné (autrement dit de la résistance ohmique du rotor et du moment d'inertie du volant, de sorte qu'elle sera modifiable selon le choix qui sera fait de ces facteurs mécaniques et électriques.

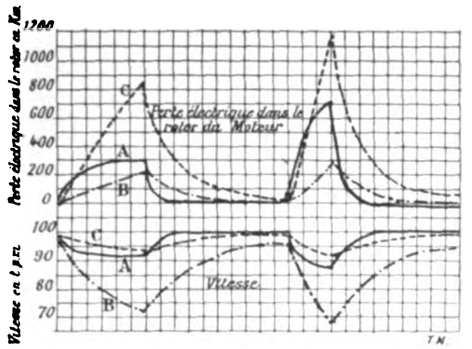


Fig. 145. — Pertes et variations de vitesse consécutives à l'emploi de volants et de glissements différents.

Au point de vue mécanique, il y aura donc identité dans les résultats, en doublant la résistance du stator ou le moment d'inertie du volant, bien que cependant les conséquences électriques qui en dérivent soient différentes, et que les pertes occasionnées par la résistance d'armature augmentent en rapport direct avec celle-ci.

La figure 145 fournit une représentation graphique de ces considérations. En particulier, on retiendra que la vitesse étant, dans tous les cas, fixée à 100 tours par minute, les courbes et diagrammes A et B résultent du choix d'un même volant, mais de glissements atteignant respectivement 5 et 20 0 0, tandis que les courbes C sont consécutives à un glissement de 5 0 0 appliqué à un volant de moment quadruple du précédent. On observera que, tandis que les diagrammes de charge sont superposables, les pertes respectives dans la résistance du rotor, aussi bien que les variations de vitesse, sont très sensiblement différentes.

Si l'on considère maintenant les conséquences électromécaniques auxquelles donne lieu l'adjonction d'un volant, on observera que, malgré les pertes mécaniques apportées par ce dernier, il assure une réduction importante de l'énergie dissipée par effet Joule pendant le franchissement des pointes de puissance.

Les dépenses de premier établissement dépendent principalement de l'écart observé entre la charge moyenne et la charge maximum. Lorsque cet écart n'excède pas la capacité de surcharge du moteur, l'utilité du volant reste contestable. Si cependant la courbe figurative de la charge affecte la forme de la figure 142, l'intérêt du régulateur d'inertie devient évident, car son intervention permet de réduire la capacité et, consécutivement, le prix du moteur d'entraînement. Toutefois, l'économie finalement réalisée sera peu importante, si l'on tient compte des frais occasionnés par l'installation supplémentaire du volant.

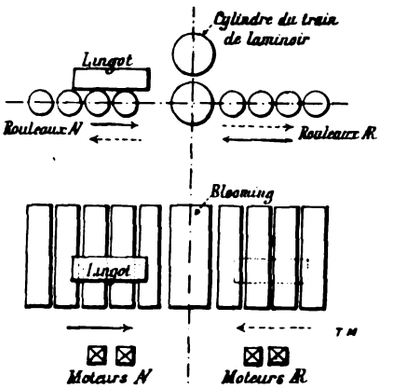


Fig. 147. — Schéma figurant les rouleaux entraîneurs d'un laminoir réversible.

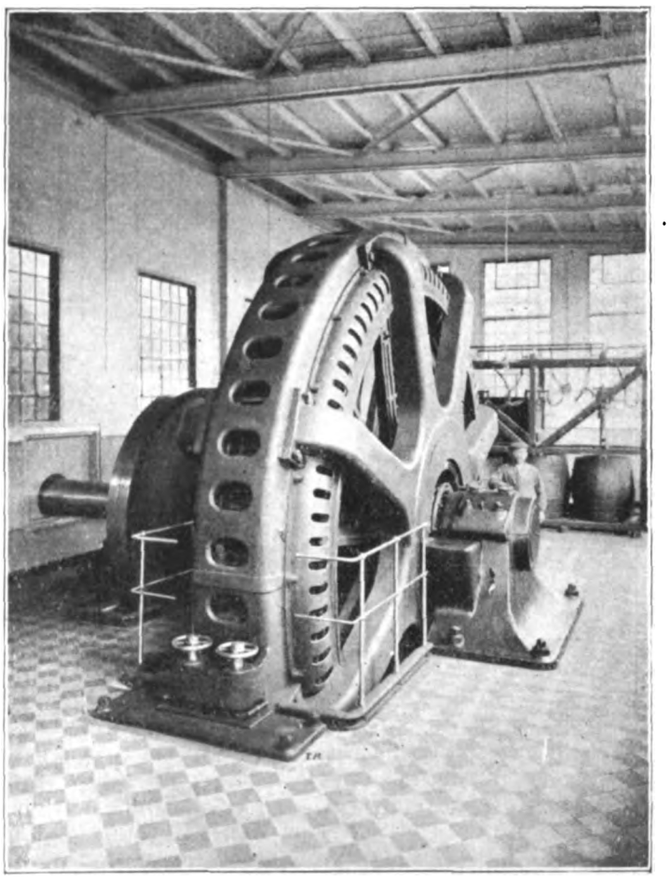


Fig. 146. — Moteur d'un laminoir, type asynchrone triphasé 2 500-5 000 HP, 105 tours, Eisenhütten-Aktienverein à Dudelange (Luxembourg).

Ainsi que nous le signalions dans les considérations générales envisagées au début de notre étude, le groupe volant présente l'avantage d'améliorer à la fois le facteur de puissance et de réduire le courant magnétisant aux faibles charges. Les indications complémentaires mentionnées au cours de ces généralités, sont d'ailleurs applicables au cas particulier qui nous occupe, et nous invitons le lecteur à s'y reporter.

Rouleaux entraîneurs. — Ces rouleaux, disposés horizontalement au niveau du sol, servent à la translation de la pièce à l'entrée et à la sortie du train des laminoirs (*fig.* 147). Le lingot chaud est transporté par les rouleaux AV devant le blooming, au niveau du cylindre de laminage inférieur. Après passe, de nouveaux rouleaux AR reçoivent la pièce et la renvoient au blooming par une inversion de leur sens de marche.

Suivant l'importance du train, ces rouleaux avant et arrière, varient en nombre et en poids, et sont ou non dotés d'une commande distincte. La puissance nécessaire à leur entraînement est déterminée à la fois par les résistances passives et l'accélération à fournir aux masses. En raison des poids mis en jeu qui peuvent atteindre 50 tonnes, cette dernière considération est prépondérante, et le couple d'accélération pour un train de rouleaux à double

(1) Voir p. 20.

Digitized by Google

réduction de vitesse acquiert souvent 10 à 15 fois le couple dû aux frottements. Les opérations se succèdent généralement dans l'ordre suivant :

1° Avancement du lingot par les rouleaux AV;

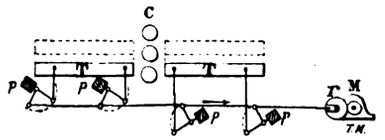


Fig. 148. — Schéma de commande des tabliers releveurs.

C, cylindre de laminage; — M, moteurs de commande; — *p*, contrepoids; — *r*, réducteur de vitesse; — T, tablier releveur.

2° Laminage. Entraînement du lingot par les rouleaux AR;

3° Avancement du lingot par les rouleaux AR;

4° Laminage. Entraînement du lingot par les rouleaux AV;

5° Avancement du lingot par les rouleaux AV, etc.

Cependant, les opérations d'entraînement prévues aux 2° et 4° sont quelquefois supprimées dans la première cannelure du train, de sorte que les démarrages et les inversions se succèdent avec une plus grande rapidité.

Il convient d'ajouter que le nombre des démarrages varie suivant l'installation, l'intensité de la production, le profil laminé et le poids du lingot; il peut atteindre 10 démarrages par minute, soit, pour un service de 24 heures, 10.000 démarrages par jour.

Pour déterminer la puissance du train, on trace un diagramme du fonctionnement, en tenant compte du moment d'inertie des parties tournantes, de la vitesse maximum à atteindre, du nombre de démarrages par minute et de leur durée. Il devient ainsi possible de déterminer la puissance moyenne et, par suite, la puissance normale du moteur.

Tabliers releveurs. — Lorsque, suivant une pratique américaine, on substitue au blooming réversible le trio à trois cylindres superposés, les rouleaux entraîneurs sont supprimés et remplacés par des tabliers releveurs. Ces appareils, qui sont destinés à présenter la pièce devant le train supérieur ou inférieur, sont passibles d'un fonctionnement alterné avec le travail de laminage (*fig.* 148).

Malgré les difficultés qui accompagnent la commande électrique de ces tabliers, les résultats obtenus ont été reconnus satisfaisants, après équilibrage des masses, par l'action combinée d'un contrepoids et d'un compensateur hydrauliques. C'est ainsi que le blooming principal des aciéries Gary, comporte un tablier releveur de 116 tonnes, commandé par un moteur compound développant 250 chevaux à la vitesse de 100 tours par minute, et dont le démarrage est commandé par contacteurs. On trouvera en figure 149 la reproduction du diagramme de charge du moteur.

Cisailles. — Sauf en ce qui concerne les ateliers annexes, les laminoirs sont pourvus de cisailles à chaud, disposées à la suite des trains et employées à débiter les blooms et les billettes laminées. Ces appareils peuvent être classés en deux catégories, suivant les dimensions maxima des pièces qu'elles sont destinées à trancher : 200 × 200 millimètres ou 400 × 400 millimètres. Tandis que l'équipement électrique des premiers tend à être généralisé, les seconds, au contraire, sont le plus souvent pourvus d'une commande hydraulique.

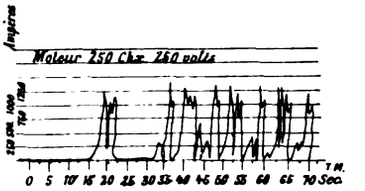


Fig. 149. — Diagramme de charge des moteurs des tabliers releveurs.

Quelle que soit la catégorie envisagée, le moteur de commande tourne, en régime continu, dans un seul sens de rotation, entraînant dans sa marche un volant rendu nécessaire par l'instantanéité de l'effort imposé par le cisaillage. La détermination exacte de sa puissance est rendue difficile par les nombreux facteurs arbitraires de l'opération : sections à trancher, température et dureté du métal, nombre de coupes par minute, etc...

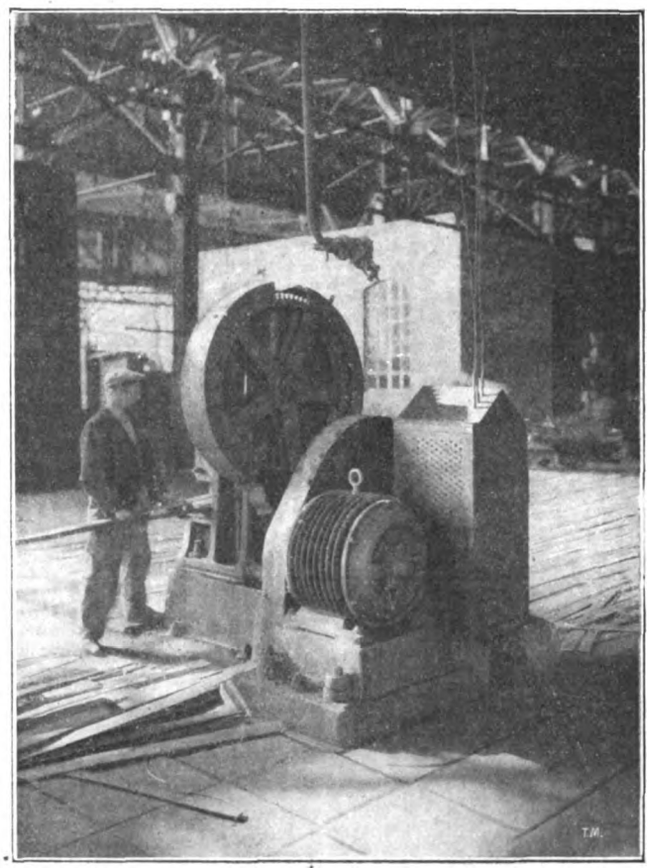


Fig. 150. — Moteur commandant une cisaille, type Oerlikon.

Toute autre chose égale, le travail développé par le moteur sera d'autant plus élevé que la production sera plus faible, autrement dit que l'allongement sera plus considérable, les coupes étant très rapprochées. Cette considération permettra de distinguer les cas où un moteur à grande capacité de surcharge sera nécessaire, par rapport à ceux pour lesquels l'emploi d'un volant de grande dimension favorisera l'emploi d'un moteur de capacité réduite.

Ainsi que nous l'avons dit, l'application de la commande électrique aux cisailles de la seconde catégorie, tant en raison de la difficulté des manœuvres d'embrayage que d'une prétendue insuffisance de robustesse, est peu employée. Toutefois, le stand de la Société Bechem et Keetmann présentait, à la dernière Exposition de Bruxelles, une forte cisaille électrique à lingot dont les caractéristiques étaient les suivantes :

Sens de la coupe	de bas en haut
Section maximum de la coupe	450 × 450 mm.
Nombre de coups par minute	6
Moteurs Siemens à courant continu et excitation compound 500 volts	300 chevaux
Vitesse du moteur.. à vide	420 t/m
Vitesse du moteur.. en charge	340 —
Vitesse du volant	340 —
Moment d'inertie du moteur	800 kg/m²
— du volant	13.600 —
Embrayage du moteur avant chaque coupe	à la main
Débrayage	automatique

Digitized by Google

Digression sur la mesure de la puissance des trains de laminoirs. — La détermination de la puissance mise en jeu par le laminage de l'acier, autrement dit l'évaluation de l'énergie rendue nécessaire par la transformation de la section et la longueur d'une pièce d'acier en une section moindre et une longueur plus grande dans un temps défini, a fait l'objet, en ces dernières années, de nombreuses recherches, tant en Europe qu'aux États-Unis.

Dans la généralité des cas, le laminage comprenant plusieurs passes, l'énergie nécessitée par cette opération, est représentée par le nombre total de chevaux-seconde qui y sont employés.

Si l'installation ne comprend aucun volant, la puissance développée par le moteur d'entraînement, au cours d'un cycle complet, représente bien la puissance effectivement absorbée par ce cycle.

Cette condition reste sensiblement satisfaite, lorsque les passes, atteignant une durée suffisante (huit à dix secondes) pour épuiser l'énergie du volant avant la fin de l'opération, le couple total d'entraînement doit être forcément développé par le moteur primaire.

Lorsque, au contraire, l'inertie du volant est considérable et les passes de courte durée, la puissance développée par le moteur primaire pendant le laminage peut ne présenter qu'une fraction de la puissance totale nécessaire, l'appoint complémentaire étant fourni par le volant. Avec la commande à vapeur, cette fraction est principalement déterminée par le jeu du régulateur; avec la commande électrique, la quantité d'énergie apportée par le volant est déterminée par le facteur de régulation du moteur, c'est-à-dire, à un point de vue qualificatif, par sa tendance à baisser en vitesse à mesure que la charge augmente. On remarquera néanmoins que l'énergie employée à l'accélération du volant étant, dans tous les cas, empruntée au moteur, le nombre total de chevaux-seconde développés par celui-ci reste sensiblement constant.

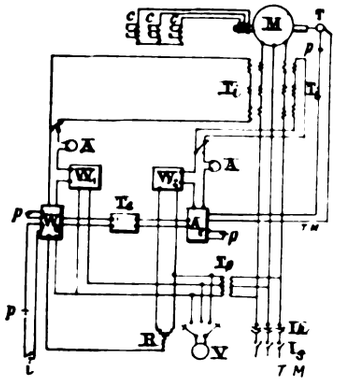


Fig. 151. — Schéma de connexions du montage d'essais d'un moteur de laminoir de 1 000 chevaux.

A, ampèremètre; — C, contacteur; — *i*, interrupteur de signal au laminoir; — Ih, interrupteur à huile; — Is, interrupteurs sectionneurs; — M, moteur principal; — *r*, éléments de pile; — R, boîte de résistance; — T, tachymètre enregistreur; — Te, enregistreur à secondes; — Ti, transformateur d'intensité; Tp, transformateur de potentiel; — V, voltmètres; — W_1, W_2, wattmètres indicateurs; — We, wattmètre enregistreur.

Les méthodes employées pour la mesure des divers facteurs du problème diffèrent naturellement avec le mode de commande électrique ou mécanique du laminoir. En raison du cadre de cet ouvrage, la commande électrique sera seule envisagée. D'ailleurs, la plupart des installations actuelles rattachées à ce mode d'entraînement, étant alimentées par du courant alternatif, nous examinerons plus particulièrement les mesures qu'impose ce genre de distribution.

La figure 151 reproduit le schéma des connexions disposées pour l'essai d'un laminoir à double train, composé de cylindres de 40 et 50 centimètres de diamètre et entraîné par un moteur d'induction triphasé, développant 1.000 chevaux, à la vitesse de 83,3 tours par minute à vide, étant alimenté sous la tension de 2.200 volts et la fréquence de 25 périodes. Un volant présentant un poids de 20 tonnes complète, en outre, l'ensemble.

La puissance absorbée, est enregistrée au moyen d'un wattmètre enregistreur monophasé, mais calibré pour enregistrer une puissance triphasée, sa bobine de tension étant reliée à

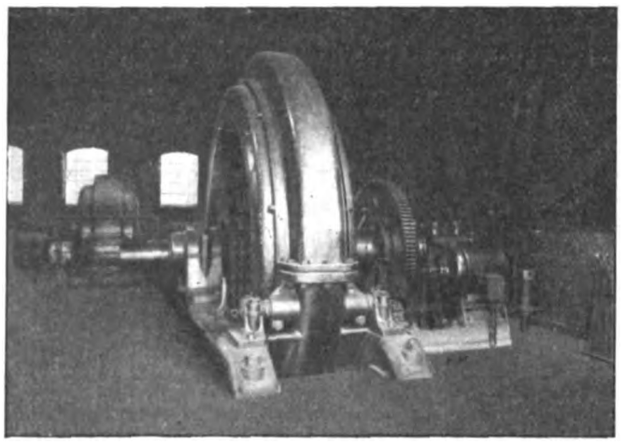


Fig. 152. — Moteur de type laminoir asynchrone triphasé, 1 650 ch., 115 tours, 5 000 volts, 50 périodes.

une boîte de résistance Y. L'étalonnage est pratiqué à l'aide de wattmètres indicateurs monophasés et d'ampèremètres, branchés sur des transformateurs de mesure. En plus du tracé des puissances et des intensités, chaque diagramme est complété d'un enregistrement des temps.

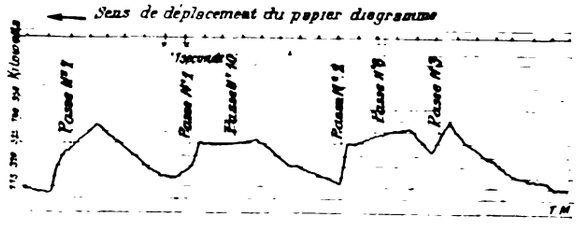


Fig. 153. — Diagramme relevé au wattmètre enregistreur sur un laminoir entraîné par un moteur asynchrone triphasé de 1 000 chevaux, 83,3 tours, 2 200 volts, 25 périodes.

A mesure que le moteur, démarré au moyen de résistances intercalées dans le rotor, acquiert sa vitesse, une série de contacteurs placent en court-circuit les fractions successives de ce rhéostat. Une résistance suffisante est cependant conservée en permanence dans le circuit d'armature du moteur, afin de

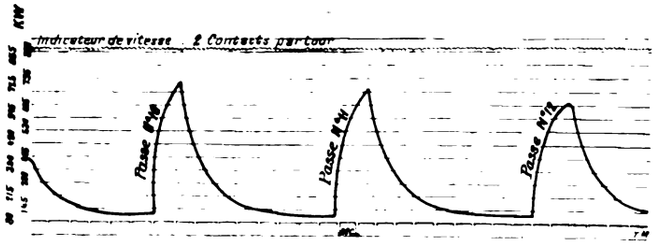


Fig. 154. — Diagramme montrant l'insuffisance du volant installé sur un laminoir.

provoquer un glissement en charge et de favoriser ainsi l'action du volant. Les billettes, de 1m,50 de longueur et de 50 centimètres carrés de section environ, sont successivement soumises au laminoir jusqu'à transformation en une tôle d'environ 10 mètres de longueur et 12 millimètres d'épaisseur.

Digitized by Google

Bien qu'en régime de marche, trois billettes puissent être simultanément traitées, les essais, dont on trouvera ci-après le compte rendu, ont été pratiqués avec une seule d'entre elles.

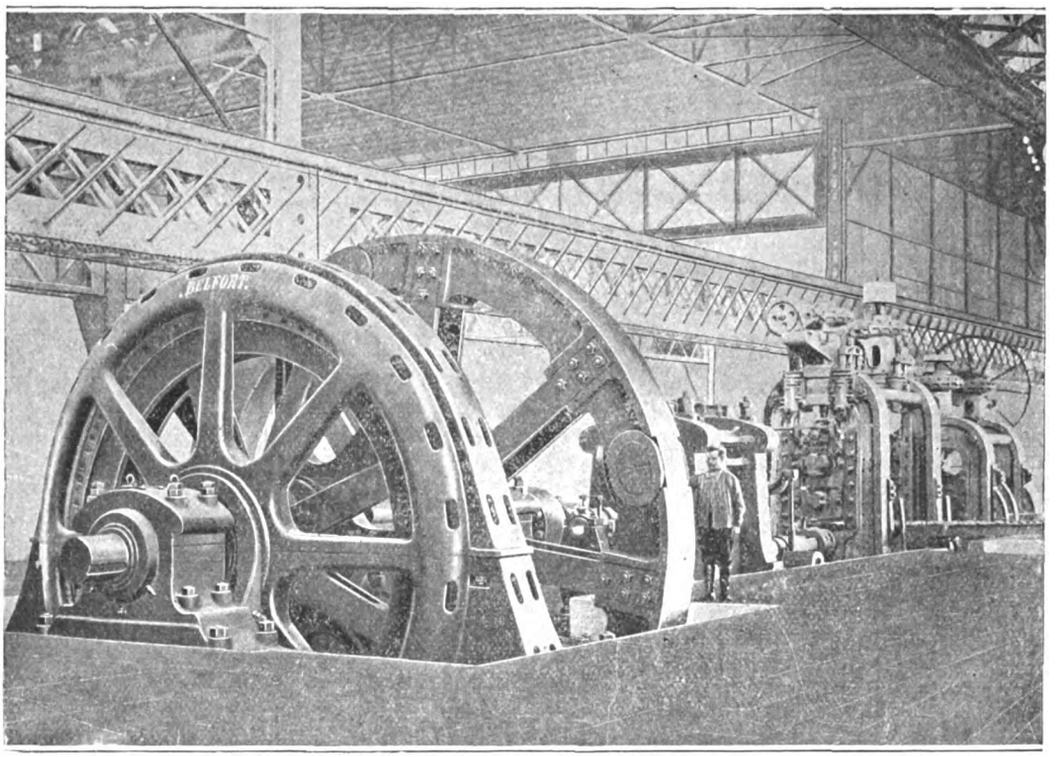


Fig. 155. — Société des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt. — Moteur asynchrone triphasé de 2 000 à 4 000 chevaux, 525 volts, 50 périodes, vitesse variable de 79 à 95 tours avec volant de 90 tonnes (Société Alsacienne de Constructions mécaniques).

Celle-ci étant alors engagée dans le laminoir, les enregistreurs sont mis en service et l'on observe simultanément les puissances et les intensités absorbées par le moteur, la vitesse et le temps, pendant qu'un aide note l'ordre des passes, leur effet de déformation sur la pièce et la vitesse maximum et minimum accusée par le tachymètre à liquide.

A la suite de ces opérations, il devient immédiatement possible d'appliquer la formule précédemment rappelée et d'établir la courbe représentative des couples demandés au moteur, en fonction du temps.

Dans le cas où l'énergie électrique est distribuée en courant continu, la disposition reste la même, sauf suppression des transformateurs de mesure et emploi d'appareils de contrôle appropriés à cette forme de courant. Les figures 153-154 expriment les résultats fournis par un laminoir de 50 centimètres. On notera que la première pointe observée sur la figure 153 est consécutive à la passe n° 7 dont la durée est de trois secondes. L'action du volant s'y trouve nettement démontrée par l'épanouissement des pointes. Par contre, la figure 154 révèle le cas d'une installation pour laquelle l'insuffisance du volant impose au moteur des variations de charge de 100 à 750 kilowatts.

Exemple d'installation de laminoirs à commande par moteur à courant continu. — A titre d'exemple, nous décrirons l'installation effectuée par la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, à l'usine de Réhon de la société anonyme de la Providence.

Cette installation se compose :

1° D'un train réversible à poutrelles et rails, de 550 t^mes de production journalière, pour marche de jour seulement ;

2° D'un train de blooming de 850 tonnes de production journalière, également pour marche de jour.

Le moteur électrique qui commande chacun de ces trains est un moteur à courant continu représenté en figure 156.

Ce moteur est constitué par deux machines accolées. Les deux induits sont montés respectivement sur les deux moitiés boulonnées, d'un tambour d'acier supporté à chaque extrémité par un palier. Au point de vue électrique, ces induits sont montés en série.

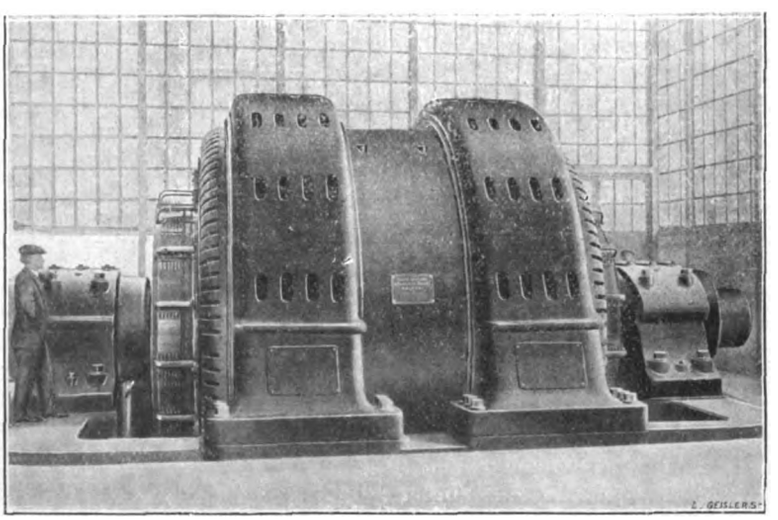


Fig. 156. — Usine de Réhon de la Société de la *Providence*. — Moteur double à courant continu de 10 000 à 15 000 chevaux, vitesse de 0 à 60 tours, tension 1 250 volts (Société Alsacienne de Constructions mécaniques).

Les deux inducteurs à 16 pôles chacun sont montés en parallèle ; la culasse est en acier coulé ; les pôles principaux sont rapportés et constitués par des tôles assemblées ; les pôles de commutation sont en acier coulé.

L'enroulement des pôles de commutation est combiné avec un enroulement de compensation. La ventilation est assurée par de l'air filtré, arrivant dans l'axe du moteur et sortant aux deux extrémités.

Le montage est réalisé d'après le système Léonard, l'alimentation du moteur étant assurée par un groupe convertisseur volant (*fig.* 157 et 158).

La tension d'alimentation du moteur est de 0 à ± 1 250 volts ;

Digitized by Google

sa puissance est variable de 10.000 à 15.000 chevaux. La vitesse est variable de 0 à ± 60 tours par modification de la tension aux bornes et de 60 à 150 tours par réglage de l'excitation.

L'excitation est séparée et le moteur est muni d'un compoundage spécial amortisseur d'à-coups (schéma *fig.* 158).

Ce dispositif spécial de compoundage est breveté par la Société Alsacienne et s'applique particulièrement, aux moteurs à courant continu réversibles, alimentés par des génératrices de démarrage suivant le système « Léonard ». On sait que, dans les applications du moteur à courant continu à la commande des laminoirs réversibles, on peut diminuer les à-coups qui se produisent pendant la marche par le compoundage des moteurs et le décompoundage des génératrices.

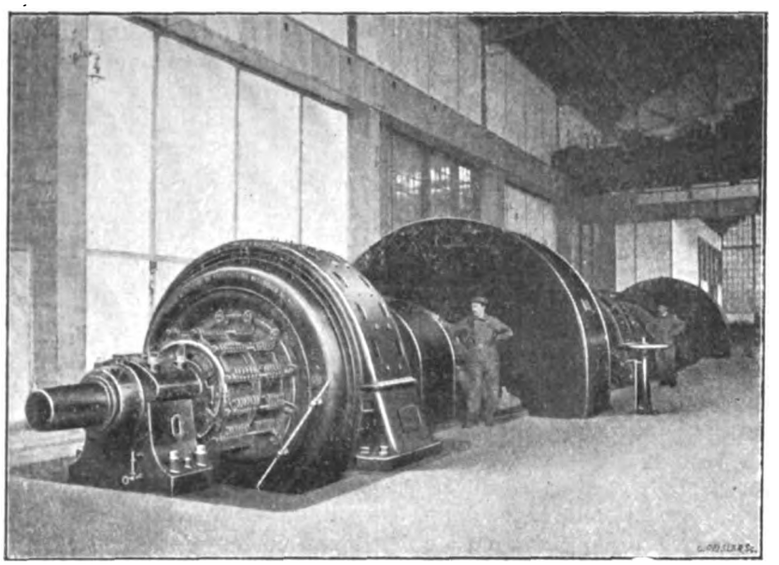


Fig. 157. — Usine de Réhon (Société de la Providence). — Groupes convertisseurs volants d'alimentation des moteurs de laminoirs. Moteur à courant continu de 3.000 chevaux, 525 volts et génératrice de ± 625 volts (Société Alsacienne de Constructions mécaniques).

La figure 158 représente schématiquement ce dispositif dans le cas d'un seul moteur A, alimenté par une génératrice de démarrage B, à laquelle l'énergie mécanique est communiquée par un moteur quelconque non représenté. Une source à courant continu C, fournit le courant nécessaire aux divers circuits d'excitation.

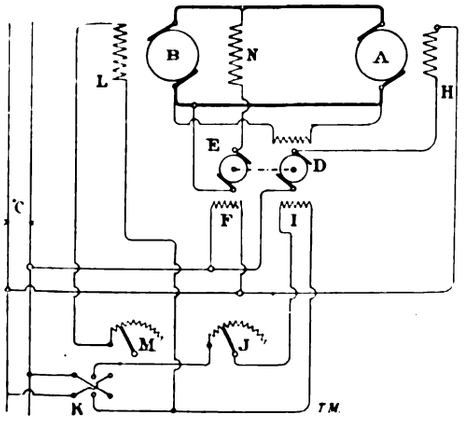


Fig. 158. — Schéma du dispositif spécial de compoundage amortisseur d'à-coups adopté par la Société Alsacienne dans les installations de moteurs à courant continu alimentés d'après le système « Léonard ».

Le compoundage du moteur A est réalisé par un survolteur D, entraîné par un moteur E branché aux bornes de la génératrice B, et qui est excité par un enroulement F sous tension sensiblement constante. Le moteur E démarre donc en même temps que le moteur du laminoir et, comme lui, inverse sa marche d'après la polarité de la génératrice B.

Le survolteur D est excité, en fonction de la différence de tension entre la génératrice B et le moteur A, par un enroulement G connecté aux bornes de ces machines.

Ainsi, lorsque le moteur A fonctionne, la polarité de l'inducteur G change avec le changement de sens du courant principal mais, en même temps, le moteur E change de sens de rotation, de sorte que la force électromotrice fournie par D, reste la même pour les deux sens de marche du moteur principal A. Cette force électromotrice survolte l'enroulement d'excitation H et produit le compoundage. La machine D pourrait, d'ailleurs, être simplement génératrice et débiter sur un enroulement d'excitation spécial de A, au lieu d'être associée en survolteur par rapport à la source C.

Lorsqu'on freine électriquement le moteur A, on observe que, quel que soit son sens de rotation, la machine D devient dévoltrice et décompounde le moteur. Cette action est bien conforme au résultat désiré, puisque A devient générateur.

L'emploi de la machine D permet d'appliquer facilement le réglage de la vitesse par le champ du moteur A; il suffit de munir cette dynamo D d'un second enroulement d'excitation I réglé par un rhéostat en série J, et l'actionnant en dévolteur.

L'enroulement d'excitation I est branché après l'inverseur K, de sorte que l'action de cet enroulement soit toujours dévolteur, malgré l'inversion du sens de marche de E.

L'emploi de l'enroulement I, pour l'affaiblissement du champ du moteur A, présente l'avantage de n'exiger qu'un rhéostat J de faible capacité.

Il est à remarquer que l'action de compoundage par rapport à l'excitation totale K est d'autant plus efficace que le champ du moteur est plus affaibli par la manœuvre du rhéostat J, autrement dit que la vitesse de A est plus grande.

C'est encore là un effet avantageux. A faible vitesse comme il est à pleine excitation et peu sensible au compoundage, l'amortissement des à-coups est surtout assuré par l'anticompoundage de la génératrice B.

Dans l'installation de Réhon, l'*anticompoundage des génératrices* en groupe convertisseur n'est pas réalisé selon le principe que nous allons présenter mais que nous tenons toutefois à signaler pour son ingéniosité avant d'étudier le dispositif spécial appliqué à cette installation.

La génératrice B est munie d'un enroulement d'excitation principal L avec rhéostat de réglage M et inverseur K. Son décompoundage est obtenu par un enroulement N parcouru par le courant qui alimente le moteur E; cet enroulement agit donc en fonction de la charge de E, c'est-à-dire en fonction de celle du survolteur D et par conséquent du courant principal de A.

Groupes convertisseurs de Réhon (*fig.* 157). — Les deux moteurs de 15.000 chevaux affectés aux laminoirs réversibles, sont alimentés par deux groupes convertisseurs à volants.

Chaque groupe convertisseur comporte:

Un moteur à courant continu, de 3.000 chevaux, alimenté par le réseau à courant continu, 525 volts, de la station centrale;

Digitized by Google

Deux génératrices à courant continu, dont la tension peut être réglée et inversée entre 0 et 1 625 volts par réglage des excitations séparées.

En vue de l'amortissement des à-coups de courant, ces génératrices sont munies d'un *anti-compoundage* indirect, au moyen d'une excitatrice excitée elle-même, par un enroulement branché aux bornes d'une bobine de self, en série sur le circuit du moteur réversible.

Un volant double en acier coulé, de 65 tonnes et 4m,300 de diamètre permet de régulariser la charge du réseau. Celle-ci est réglée par une réduction de vitesse automatique de 420 à 350 tours réalisée sur le moteur du groupe.

Cette réduction est obtenue au moyen d'un régulateur *Thury*, gouverné par le courant pris au réseau et agissant sur le rhéostat de champ du moteur.

Le réglage de l'excitation des génératrices est pratiqué de façon à obtenir les variations de vitesse du moteur réversible avec le maximum de rapidité. Le procédé utilisé, qui permet d'obtenir sur les moteurs de laminoirs de Réhon de 25 à 30 inversions à la minute, est basé sur les considérations suivantes :

On sait que dans une machine dynamo-génératrice, la force électromotrice ne suit qu'avec un certain retard les variations produites, dans la tension d'excitation, par l'appareil de réglage (rhéostat de champ par exemple). Ce retard est causé par la self-induction du circuit d'excitation de la machine. Il y a grand intérêt, dans les génératrices de démarrage des moteurs de laminoirs réversibles, à diminuer dans la plus grande mesure possible ce retard, car, ainsi que nous l'avons dit, il est indispensable de pouvoir renverser complètement, en un temps minimum, la force électromotrice de la génératrice pour augmenter le débit du laminoir.

La méthode sur laquelle est basé le procédé préconisé par la Société Alsacienne, consiste à produire automatiquement, aux bornes de l'enroulement d'excitation de la machine, une variation de tension supérieure à celle qui serait nécessaire pour obtenir la variation voulue de force électromotrice et à ramener aussi automatiquement, cette tension à sa valeur normale, dès que la force électromotrice est atteinte.

Les figures 159 et 160 représentent schématiquement le principe de ce procédé.

A, représente la génératrice dans laquelle on désire établir rapidement une force électromotrice donnée. B figure son enroulement d'excitation (ou l'un de ses enroulements d'excitation), alimenté par une source quelconque C.

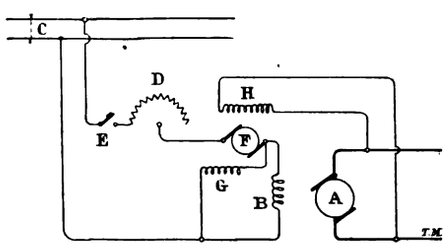


Fig. 159. — Schéma du dispositif d'anti-compoundage des génératrices à courant continu à changements rapides de polarité.

Un rhéostat D permet de régler la force électromotrice de la machine A.

Enfin un interrupteur E, permet de connecter B à la source C.

En série avec l'enroulement B est disposé l'induit F d'un survolteur-dévolteur, muni de deux enroulements d'excitation G et H dont les ampères-tours se neutralisent partiellement ou totalement lorsque la force électromotrice désirée est atteinte en A.

L'enroulement G est connecté aux bornes de B et disposé de manière à faire fonctionner F en survolteur, tandis que H, connecté aux bornes de la machine A, tend à faire fonctionner F en dévolteur.

On remarquera que le survolteur-dévolteur F, présentant toujours de faibles dimensions, ses enroulements d'excitation n'offrent qu'une faible self-induction. On peut d'ailleurs, pour diminuer cette self-induction, faire appel aux procédés connus et, en particulier, feuilleter le circuit magnétique.

Le fonctionnement est alors le suivant : le rhéostat D étant réglé suivant la force électromotrice à obtenir en A, on ferme E. Comme il vient d'être dit, le courant correspondant à la tension qui lui est appliquée, s'établit de suite dans l'enroulement G. La machine F fonctionne alors en survolteur, et l'enroulement se trouve soumis à la somme des tensions de la source C et du survolteur.

Il est à remarquer que l'enroulement G est également soumis à la somme de ces deux tensions, ce qui a pour objet de renforcer le survoltage de l'enroulement B.

Le courant qui circule dans ce dernier, augmentera donc rapidement la force électromotrice de la machine A et, consécutivement, la tension aux bornes de l'enroulement H. Lorsque la force électromotrice en A a atteint la valeur cherchée, les ampères-tours de G et H se neutralisent, l'effet du survolteur-dévolteur devient nul.

L'action du dispositif peut être rendue plus énergique en maintenant, pendant le temps nécessaire à l'établissement de la force électromotrice, un survoltage élevé de B. Il suffit pour cela que le circuit magnétique du survolteur-dévolteur F soit, au début, saturé par les ampères-tours magnétisants de l'enroulement G.

On peut, dans certains cas, avoir intérêt à proportionner les enroulements G et H de manière qu'ils ne se neutralisent que partiellement, afin d'obtenir, aux bornes de B, des tensions permanentes, différentes de celles que fournirait la source C seule.

Enfin, l'enroulement G peut être mis en série avec un rhéostat réglable permettant de faire varier la force électromotrice de la machine A, et, par conséquent, de supprimer le rhéostat D ; la source C n'aura plus à fournir que l'énergie nécessaire à l'alimentation de l'enroulement B, et les pertes introduites par le rhéostat D seront éliminées.

Si, une certaine force électromotrice étant établie en A, on manœuvre le rhéostat D pour la faire varier, la machine F fonctionne à nouveau. Si on augmente la tension appliquée en B, c'est-à-dire si on veut augmenter la force électromotrice de A, l'enroulement G devient prépondérant et F fonctionnant en survolteur, survolte l'enroulement B. Si, au contraire, on manœuvre D pour diminuer la force électromotrice de A, les ampères-tours de H deviennent prépondérants, puisque la tension aux bornes de A ne diminue que lentement, F fonctionne en dévolteur et diminue encore la tension appliquée en B, accélérant ainsi la diminution de la force électromotrice. Dans les deux cas, la rapidité de l'action de la machine F est encore augmentée par la variation de tension que son fonctionnement provoque aux bornes de l'enroulement G.

Le fonctionnement du dispositif est ainsi absolument automatique. A chaque variation que l'on veut produire dans la force électromotrice de la machine principale, on dispose automatiquement aux bornes de son excitation d'une variation de tension supérieure (dans une proportion donnée quelconque) à celle qui serait nécessaire. Automatiquement aussi, la tension aux bornes de l'excitation revient à sa valeur normale, dès que la force électromotrice est atteinte. Le temps nécessaire à l'établissement d'une force électromotrice donnée, dépendra des conditions de fonctionnement de la machine F. La variation de force électromotrice réalisable est susceptible d'aller jusqu'au renversement complet, comme dans le cas de laminoirs réversibles où le renversement du sens de

Digitized by Google

marche se fait en renversant la tension aux bornes des génératrices de démarrage.

Comme cas particulier, on pourra connecter l'enroulement G, non plus aux bornes de B, mais en dérivation sur l'ensemble du survolteur-dévolteur et de l'enroulement B. Malgré que l'on perde alors l'effet de l'action du fonctionnement de la machine F, sur le voltage aux bornes de G, le dispositif peut être d'un emploi satisfaisant, dans le cas où la machine F est suffisamment petite pour que le courant s'établisse très rapidement dans G. Cette disposition pourra présenter l'avantage de donner une marche plus stable de l'ensemble.

Il est intéressant d'observer que le dispositif peut servir de régulateur automatique de tension et être appliqué dans l'installation particulière d'un groupe convertisseur à volant, au maintien de la tension constante aux bornes de la génératrice, malgré les variations de vitesse exigée pour le jeu du régulateur d'inertie. Supposons, en effet, que, pour une cause quelconque, la force électromotrice de la machine A vienne à varier. Aussitôt, l'action des ampères-tours de l'enroulement H du survolteur-dévolteur F varie dans le même sens. La machine F entre en fonctionnement pour modifier automatiquement la tension aux bornes de B, jusqu'à ce que l'équilibre se soit établi à nouveau entre les ampères-tours de G et de H, c'est-à-dire jusqu'à ce que la force électromotrice de A ait repris sa valeur primitive. Le dispositif fonctionne donc en régulateur de tension automatique. Son application dans ce but est générale; on peut citer, en particulier, le cas où la machine A, fait partie d'un groupe convertisseur à volant. On sait que, pour l'utilisation du volant, il est nécessaire de faire varier la vitesse du groupe; l'application de ce dispositif permettra alors, de maintenir constante la tension aux bornes de la génératrice, malgré ces variations de vitesse. On pourra ainsi réaliser complètement cette condition qu'à une position donnée du levier de manœuvre du rhéostat D, corresponde une tension déterminée aux bornes de la génératrice.

L'emploi du survolteur-dévolteur présente encore l'avantage de se prêter automatiquement, à l'amortissement des à-coups qui se produisent dans le circuit principal de A. Il suffit, pour cela, de disposer en série avec A une résistance inductive I (*fig.* 160), aux bornes de laquelle on alimente un troisième enroulement d'excitation J. Cet enroulement est disposé de façon que les courants créés par les tensions produites aux bornes de la self I, pendant les périodes variables du courant dans la machine A, actionnent la machine F dans un sens tel que les variations consécutives dans la tension aux bornes de A produisent l'amortissement cherché. L'amortisseur d'à-coups, ainsi constitué, présente le grand avantage d'être à action très rapide. Si l'on emploie cet amortisseur, le dispositif ne pourra plus servir pour maintenir constante la tension aux bornes de la machine.

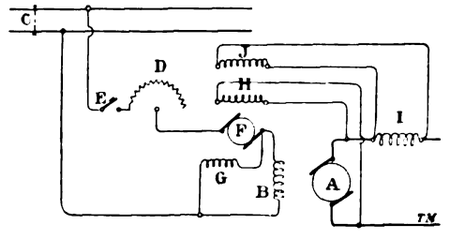


Fig. 160. — Schéma du dispositif d'anti-compoundage des génératrices à courant continu alimentant des moteurs de laminoirs.

La machine F peut évidemment être entraînée d'une manière quelconque, de même que la source C et l'appareil de réglage.

Les six machines à courant continu des deux groupes convertisseurs volants des *Aciéries de Rchon* sont de construction analogue. La culasse est en acier coulé; les pôles, au nombre de 12, sont rapportés. Chaque machine possède des enroulements de compensation et des pôles de commutation.

Deux génératrices montées en série donnent la tension nécessaire de 0 à $\pm$ 1 250 volts, pour alimenter un moteur de laminoir.

Cette installation, très importante, a donné d'excellents résultats.

Digitized by Google

CHAPITRE V

L'ÉLECTRICITÉ DANS LES ATELIERS DE TISSAGE ET DE FILATURE

Le coût de la puissance mécanique employée aux travaux de tissage et de filature, n'entre pas généralement pour une part supérieure à quelques pour cent de la valeur du produit fabriqué. L'industriel ne saurait cependant se désintéresser des aménagements susceptibles d'accroître et d'améliorer sa production, sans majorer ses dépenses.

Si l'énergie mécanique doit être exclusivement produite pour les besoins de l'atelier, le choix de la machine à vapeur méritera un examen particulièrement attentif et, à cet égard, il ne semblera pas inutile de rappeler que les machines à grande vitesse, envisagées le plus souvent en raison de leur faible prix d'achat, sont passibles d'une usure et provoquent parfois des frais d'entretien qui imposent un examen préalable.

De même, l'utilisation de la vapeur d'échappement, tant en vue de certaines fabrications que du chauffage des ateliers pendant l'hiver, conduira fréquemment à supprimer la condensation pour laquelle, d'ailleurs, le compte totalisé de dépréciation et de consommation des auxiliaires peut atteindre, dans certain cas, un chiffre supérieur à l'économie de combustible que son emploi permet d'escompter.

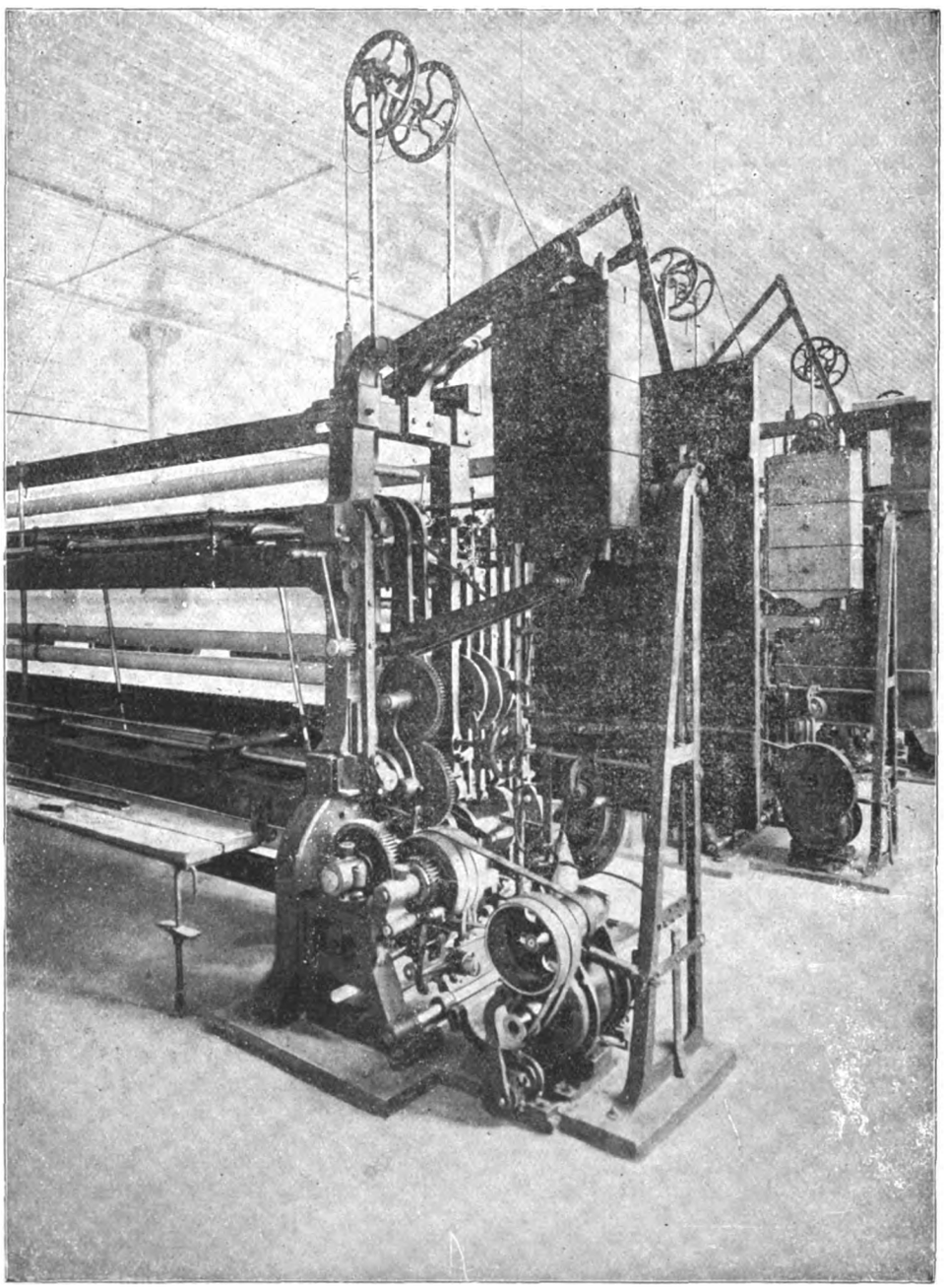


FIG. 161. — Installation de filature à commande électrique.

Quoi qu'il en soit, toute salle de machine devra comporter un indicateur ou mieux si l'usine est équipée électriquement, un wattmètre enregistreur permettant de relever, toutes les vingt-quatre heures, un diagramme dont le tracé révélera les anomalies de fonctionnement de l'installation et permettra, en outre, d'évaluer périodiquement l'énergie consommée pour une production déterminée, facteur dont on conçoit aisément l'importance économique.

Bien que l'enseignement des diagrammes relevés à l'indicateur soit moins effectif que celui offert par les enregistreurs électriques, l'examen comparatif de ces diagrammes à vide et en charge, montrera aisément quelle peut être l'importance relative de l'énergie perdue dans les

Digitized by Google

organes de transmission, par rapport à l'énergie utile et corollairement l'avantage de la commande individuelle.

Le projet d'électrification d'un atelier de tissage doit prévoir, de préférence, la distribution de l'énergie par courants alternatifs. Outre la surveillance permanente du collecteur et des balais, le moteur à courant continu, en effet, est passible de produire, par échauffement, après marche continue, de légères variations de vitesse qu'il paraîtra préférable d'éviter. C'est ainsi, par exemple, que le métier étant réglé pour la limite maximum du nombre de tours du moteur, tout ralentissement provoquera un manque de production, proportionnel à la chute de vitesse.

Le moteur d'induction, au contraire, évite ces inconvénients et, sauf une très faible variation d'allure en charge, sa vitesse se maintiendra constante pour autant que la fréquence ne changera pas.

La tension de la distribution sera fixée à 220 volts dans les installations d'importance moyenne ; à 440 ou 550 volts, dans les installations de grand développement, afin de réduire les frais de canalisation. Tout moteur affecté à la commande de plusieurs machines sera, de préférence, placé au voisinage des charges les plus importantes, et orienté de façon à éviter les renvois d'angle et les transmissions d'étage à étage.

Dans tous les cas, il y aura un avantage certain à employer des moteurs à grande vitesse, pour la perfection de leurs rendements et du facteur de puissance. D'ailleurs, il convient de remarquer qu'en ce qui concerne cette industrie, la considération du coefficient de glissement présente une plus grande importance que celle du rendement, et c'est ainsi que telle machine à 4 0/0 de glissement et 87 0/0 de rendement devra être préférée à telle autre machine caractérisée par un glissement de 6 0/0 et un rendement de 89 0/0.

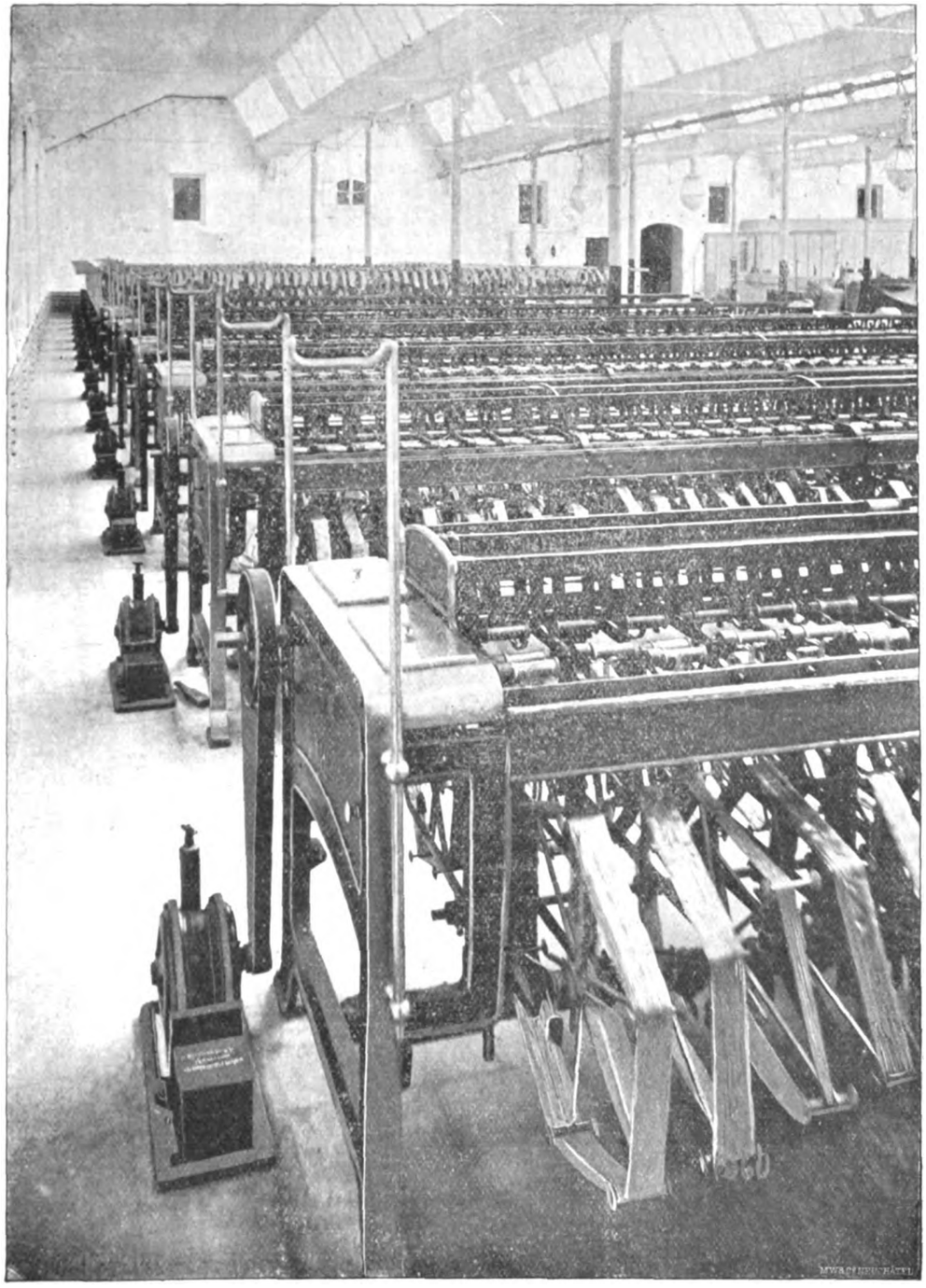


Fig. 162. — Installation de tissage et filature.

La commande individuelle des métiers à tisser. — Dans l'équipement des métiers à tisser, la commande électrique individuelle se répand, de plus en plus (*fig.* 163) et la plupart des installations modernes sont conçues sur ce principe. Elle présente en effet des avantages généraux de toute nature, trop connus par ailleurs pour que nous nous étendions longuement à leur sujet, mais parmi lesquels nous nous permettrons de citer les suivants :

Meilleure utilisation du terrain ;

Meilleure disposition des locaux ;

Facilités d'agrandissement, dues à l'indépendance respective des ateliers et de la centrale sous le rapport de leur emplacement ;

Possibilité de construire les ateliers plus légèrement, donc moins cher ;

Amélioration de l'éclairage, de la propreté et de la surveillance ;

Sécurité de fonctionnement maximum, chaque machine étant indépendante ;

Économie résultant de la suppression presque complète des frais d'entretien, de graissage et de réparation qu'exigent les transmissions ;

Digitized by Google

Digression sur la commande individuelle des métiers à tisser. — De même que, dans cette industrie, la considération d'un faible glissement devient prépondérante par rapport au rendement du matériel moteur; de même la commande individuelle doit prévaloir sur la commande par groupe, qui apporte inévitablement des variations de vitesse angulaire, variations d'autant plus accentuées que l'importance des transmissions est plus considérable. Des expériences très précises, effectuées récemment en Angleterre à ce sujet, ont montré que ces variations d'au moins 4 à 5 0/0 de la vitesse de régime, peuvent atteindre 10 à 15 0/0 à l'extrémité d'une transmission de 40 mètres de largeur.

Si, d'autre part, on observe que dans un atelier de tissage, par suite de la nature même du travail, les 2/3 environ des métiers installés sont constamment en marche, l'on conçoit quel peut être, dans ce cas particulier, l'intérêt de la commande individuelle, laquelle, tout en permettant de proportionner, à chaque instant, la puissance fournie au travail demandé, accélère la mise en train, assure un meilleur travail et améliore à la fois la qualité et la production des tissus.

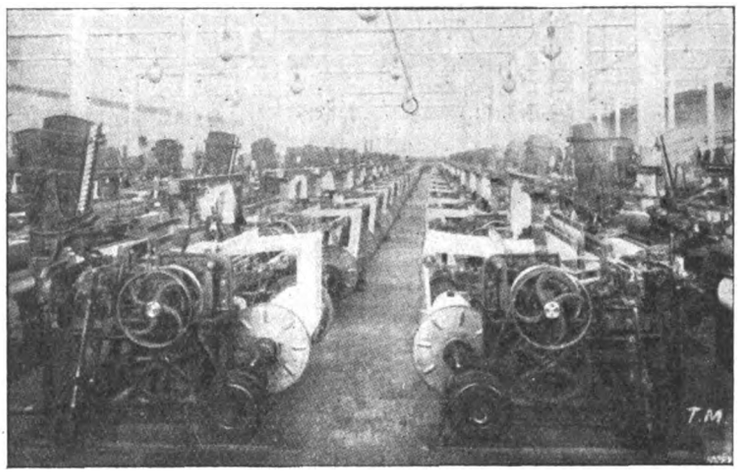


Fig. 163. — Vue d'un atelier de tissage comprenant 900 moteurs spéciaux pour machines à tisser.

Imaginons, à titre d'exemple, le cas d'un atelier de tissage composé de 210 métiers, actionnés respectivement par des moteurs de 3/4 de cheval. Si l'on fixe à 0,92 l'efficacité à pleine charge de la génératrice, à 0,80 celle des moteurs et à 2 0/0 le montant total des pertes à travers les canalisations, le rendement global de la distribution est :

$$0{,}92 \times 0{,}98 \times 0{,}80 = 0{,}721.$$

De sorte que la puissance absorbée en régime normal (défini par l'utilisation simultanée de 140 moteurs), a pour valeur :

$$\frac{140 \times 0{,}75}{0{,}74} = 145 \text{ chx.}$$

Comparativement, l'application à cet exemple, d'une transmission mécanique ordinaire, donnerait lieu à un rendement global au plus égal à 0,70, non compris la perte constante d'environ 6 chx, inhérente aux 70 métiers hors circuit. Ainsi la puissance absorbée en régime normal atteindrait, dans cette éventualité,

$$\frac{105}{0{,}70} + 6 = 156 \text{ chx.}$$

On en déduit immédiatement, à l'avantage de la commande individuelle, un gain consécutif de 11 chx, soit annuellement, en énergie (300 journées de dix heures) :

$$11 \times 0{,}736 \times 300 \times 10 = 24\,270 \text{ kw-h.}$$

Et en francs, le kw-h. étant estimé à 0f15 aux bornes du moteur :

$$24{,}270 \times 0{,}15 = 3{,}640 \text{ fr. env.}$$

Si donc on fixe à fr. 20 000 la plus-value de dépense occasionnée dans le cas qui nous occupe par le choix de la commande individuelle, on observe aisément qu'en moins de six années, cette plus-value sera totalement amortie, assurant, par la suite, une progression des bénéfices, en même temps qu'une économie appréciable dans les frais de surveillance et d'entretien.

Or, le prix moyen d'un moteur de 3/4 HP étant de 150 francs, on peut donc dire que :

En un an l'économie réalisée sur la consommation d'énergie, par moteur de 3/4 HP et de rendement 0,85, amortit à elle seule plus des 2/3 de la valeur de ce moteur.

D'autre part, le coût d'une installation électrique complète pour l'atelier considéré, y compris génératrice, canalisations et moteurs, se monterait à environ 40.000 francs.

Pour donner les mêmes résultats économiques, une installation ordinaire par courroies pour le même atelier ne devrait donc pas coûter plus de :

$$40\,000 - 24\,300 = 15\,700 \text{ fr.;}$$

prix absolument insuffisant pour avoir une bonne transmission desservant les 210 métiers en question.

En comparaison avec un autre moteur du même genre, mais de rendement moindre, un moteur à haut rendement, comme le moteur spécial envisagé, procure également les économies d'exploitation qu'un calcul analogue permet de faire ressortir.

Par exemple, par rapport à un moteur de 3/4 HP également, mais de construction ordinaire et de rendement 0,75 seulement, le moteur de rendement 0,85 procure une économie de puissance égale à :

$$0{,}75\,(0{,}85 - 0{,}75) = 0{,}075 \text{ HP,}$$

soit en reprenant l'exemple précédent, une économie annuelle de :

$$140 \times 0{,}075 \times 0{,}736 \times 300 \times 10 \times 0{,}10 = 2\,320 \text{ francs,}$$

équivalant à une économie dans les frais de premier établissement de 23.200 francs, soit par moteur :

$$\frac{23\,200}{210} = 110 \text{ francs.}$$

Ce qui, par rapport à la valeur égale du moteur, égale à 150 francs, permet de dire :

Une élévation de 10 0/0 dans le rendement d'un moteur de 3/4 HP augmente en un an la valeur économique de ce moteur de plus de 70 0/0.

En résumé, il résulte bien de tout ce qui précède que la commande électrique individuelle, appliquée aux métiers à tisser, donne des résultats extrêmement avantageux.

Nous avons montré, par exemple, comment l'emploi de moteur à haut rendement procure, rien que par l'économie de puissance qu'elle réalise, une économie annuelle considérable.

Digitized by Google

Mais si l'on veut bien remarquer que, d'une part, nous nous sommes mis dans nos calculs dans les conditions qui nous étaient le moins favorables, que d'autre part, les frais d'entretien de l'installation (graissage, surveillance, réparation et remplacement des courroies), si importants dans le cas d'une transmission ordinaire, sont extrêmement réduits, enfin que, comme nous l'avons vu au début, le débit des machines et la qualité de leurs produits sont à la fois améliorés, l'économie que réalise la commande individuelle est encore infiniment supérieure.

Dans de pareilles conditions, qu'il s'agisse aussi bien d'une usine à construire que d'un atelier à transformer, il semble difficile que l'on hésite à l'adopter.

Les moteurs généralement adoptés pour les besoins de cette industrie, sont généralement du type asynchrone triphasé à rotor en court-circuit.

En raison de l'absence de bagues et des balais, les frottements se trouvent réduits à ceux des paliers d'ailleurs munis de roulements à billes, et l'entretien est limité à la surveillance et au graissage périodique de ces roulements.

D'ailleurs, ainsi que nous l'avons vu, la mise en marche de ces moteurs est particulièrement simple, et un interrupteur ordinaire et un inverseur pour la marche arrière suffisent aux manœuvres.

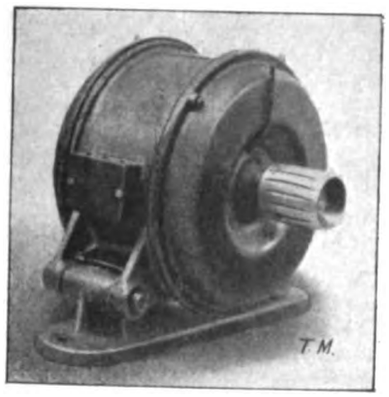


Fig. 164. — Moteur spécial pour métier à tisser avec basculeur biais à ressort.

Comme, d'autre part, la faible puissance unitaire de ces moteurs, jointe à leurs grandes qualités de démarrage, permet de les brancher directement sur le réseau, sans interposition d'un transformateur quelconque, un simple interrupteur, d'ailleurs connecté avec le levier habituel commandant le frein du métier, suffit à la manœuvre.

Dans le cas où, afin d'éviter la manœuvre à la main, on désire obtenir électriquement la marche en arrière, cet interrupteur est simplement remplacé par un commutateur-inverseur.

L'on remarquera enfin que ces moteurs sont du type fermé, ce qui est important dans un atelier où les poussières et duvets sont inévitables.

La commande du métier peut être effectuée par courroie ou par engrenages. Dans l'un et l'autre cas, tout dispositif d'embrayage est inutile, les moteurs employés, étant capables de démarrer en charge sur le métier. La transmission doit toutefois, présenter une élasticité suffisante pour absorber les chocs et à-coups résultant du mouvement du métier. Cette condition est réalisée avantageusement avec la transmission par courroie, d'autant que la tension en est ainsi judicieusement limitée par le poids du moteur lui-même, sous le contrôle de deux ressorts.

Avec la commande par engrenages, cette condition est réalisée par un dispositif à friction.

Nous donnons en figures 165 et 166 les caractéristiques d'un moteur de 1,5 ch., spécialement étudié en vue de ces applications.

A cet égard, on observera que ses qualités tant au point de vue du démarrage que du rendement, sont particulièrement remarquables.

Son couple initial atteint le triple du couple normal, sans consommation de courants exagérés, et son rendement, qui s'élève à 0,87 à pleine charge, conserve une valeur élevée en deçà et au delà de sa puissance nominale.

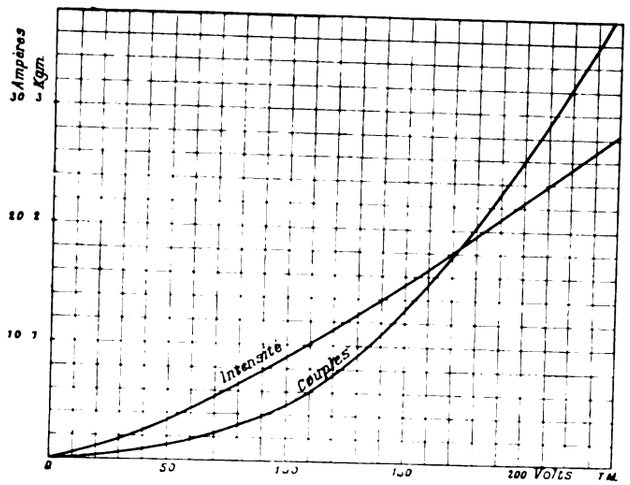


Fig. 165. — Moteur triphasé en court-circuit spécial pour métier à tisser, 1,5 HP, 1 000 tours, 220 volts, 50 périodes. Courbes du courant et du couple au démarrage (couple normal = 1 kg : m.).

Les courbes figure 166 donnent, en fonction de la charge, le facteur de puissance (cos φ), le glissement, et enfin le rendement.

On remarquera que la courbe du rendement de ces moteurs a une allure exceptionnellement favorable. Non seulement elle atteint un maximum très élevé en valeur absolue, puisqu'il dépasse 0,87 pour le moteur considéré, mais de plus sa forme est telle qu'elle garde des valeurs très voisines de ce

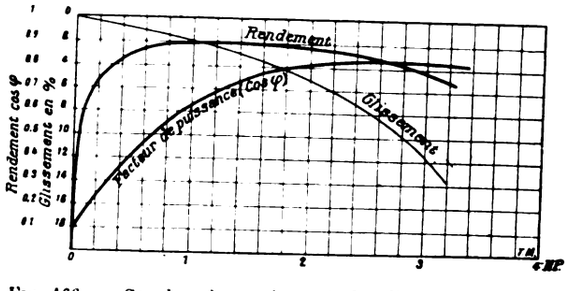


Fig. 166. — Courbes du rendement, du glissement, et cos φ pour le même moteur.

maximum, pour des variations de charge de 1/2 à 2 fois la normale, qualité également précieuse pour un métier à tisser dont la résistance varie avec l'étoffe que l'on travaille.

La capacité du moteur employé à la commande d'un métier à tisser est principalement fonction de l'importance de celui-ci, de la catégorie de la marchandise fabriquée et aussi du mode de liaison appliqué entre le métier et le moteur.

Si ces deux machines sont destinées à rester solidaires au démarrage comme à l'arrêt, ce mode de liaison doit comprendre un organe flexible, poulie à friction ou embrayage, évitant au tissu, les inconvénients d'une action motrice brusque.

Dans tous les cas, la capacité du moteur devra être déter-

Digitized by Google

minée par la condition du démarrage de l'ensemble. Pour la commande de métiers de 65 à 90 centimètres, un moteur de 1/4 de cheval sera généralement reconnu suffisant. Cette capacité sera portée à 3/4 cheval, pour les métiers présentant 90 à 150 centimètres de largeur.

Avec le métier à ruban, l'organe flexible est généralement supprimé et le moteur est directement attelé sur la machine. Sa capacité varie alors de 1/4 à 1/2 cheval, suivant le nombre des navettes.

Lorsqu'il s'agit d'un métier destiné à la fabrication de tissus élastiques, le moteur est maintenu en fonctionnement permanent, et le démarrage comme l'arrêt, sont pratiqués par l'intermédiaire d'un embrayage à friction. En raison de l'importance du couple à développer, il est en général impossible de démarrer simultanément le moteur et le métier, à moins de faire emploi d'une machine de forte capacité présentant, en charge normale, l'inconvénient d'un rendement et d'un facteur de puissance peu élevés.

En raison des grandes variations de vitesses exigées pour la commande des machines à imprimer les tissus, celles-ci sont généralement entraînées par moteurs à courant continu. Le contrôle de la vitesse s'effectue à la façon ordinaire, par réglage du courant d'excitation ou mieux, en faisant appel au dispositif Ward-Léonard précédemment décrit[1].

Le premier de ces deux procédés engage une moindre dépense d'installation ; le second offre l'avantage d'un contrôle plus fin de la vitesse.

L'ensemble est commandé par controller ; un jeu de boutons-poussoirs, disposé à l'avant et à l'arrière du métier, permet de procéder facilement à l'accélération, au ralentissement, à l'arrêt ou au blocage de la machine.

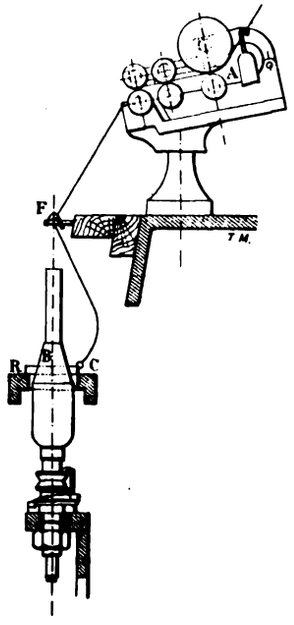


Fig. 167. — Eléments d'un métier continu à filer, à anneaux.
A, cylindre arrière ; — B, bobine ; — C, curseur ; — F, guide ; — R, anneau concentrique à la bobine.

La puissance absorbée par le mécanisme dépend du nombre de rouleaux imprimeurs et de leur pression. Elle est généralement comprise entre 3 et 15 chevaux, pour lesquels la tension de distribution la plus convenable, doit être fixée à 220 volts.

Métier continu à filer[2]. — Le métier continu à filer, à anneaux, à peu près exclusivement employé aujourd'hui, a été créé en Amérique en 1860 et introduit en Europe à l'occasion de l'Exposition de Paris en 1878.

Il présente la propriété de filer et de renvider simultanément, d'offrir un encombrement relativement faible par le groupement de tous ses organes, enfin de n'exiger qu'une surveillance facile, à laquelle peut suffire un personnel féminin dépourvu de compétence spéciale. Cependant il n'a pu se substituer entièrement aux modèles concurrents (*self-acting*), en raison des tensions intenses et variables qui s'exercent sur le fil et en diminuent la qualité.

(1) Voir page 24.

(2) Voir *La Technique moderne*, t. VI, n°2 (15 janvier 1913), p. 49, et n° 3 (1er février 1913), p. 89 : *Le Métier continu à filer*, par V. Sylvestre.

Le mécanisme du filage et du renvidage peut être résumé de la façon suivante (*fig.* 167) :

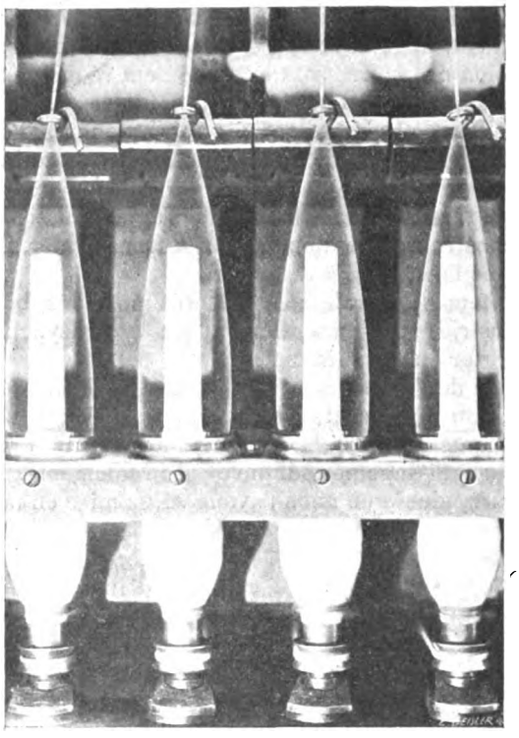


Fig. 168. — Métier continu à filer.
Forme des ballons entre le guide fil et le curseur (petit diamètre).

Le fil de préparation, issu d'une bobine facilement dévidable, est attiré par les cylindres arrière AA, pour passer entre de nouveaux cylindres animés de vitesses croissantes.

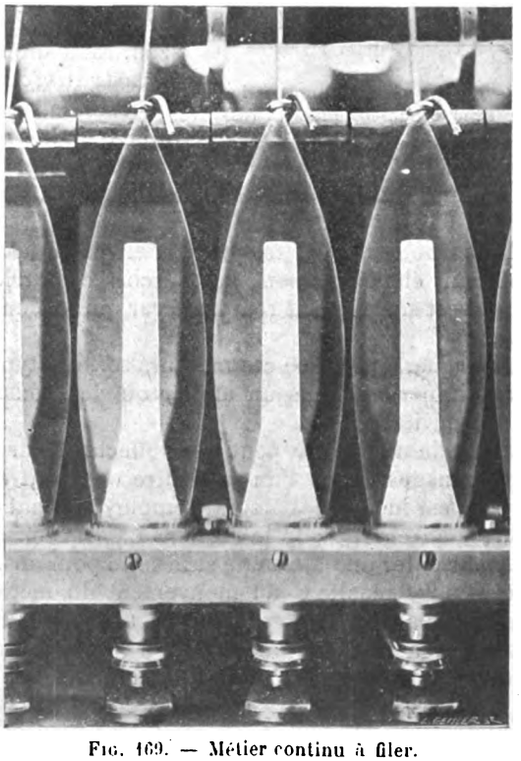


Fig. 169. — Métier continu à filer.
Forme des ballons dans le cas d'enroulement sur grands diamètres.

Digitized by Google

Le fil ainsi étiré progressivement jusqu'à l'état de finesse désiré, mais encore cassant pour être composé de filaments parallèles, est engagé dans le guide F et toronné par le curseur C mobile sur l'anneau R, disposé concentriquement à la bobine. A la sortie du curseur, le fil terminé est enroulé régulièrement sur la bobine.

On notera que la vitesse de rotation du curseur est rendue légèrement inférieure à celle de la broche, afin que la longueur de fil renvidé à chaque instant soit égale à celle qui est libérée par les cylindres d'alimentation supérieurs (*fig.* 168 et 169).

En outre, dans le but de former la bobine à noyau conique par superposition de couches également coniques, le chariot porte-anneaux est animé d'un mouvement d'allée et venue vertical.

De ce mécanisme succinctement décrit, résultent les désidérata pratiques suivants :

1° Tension sensiblement constante du fil à la sortie des cylindres, afin d'améliorer la qualité et de réduire le nombre des casses;

2° Tension sensiblement constante du fil entre le curseur et la bobine, afin de réaliser un enroulement uniformément constant dans toutes ses parties.

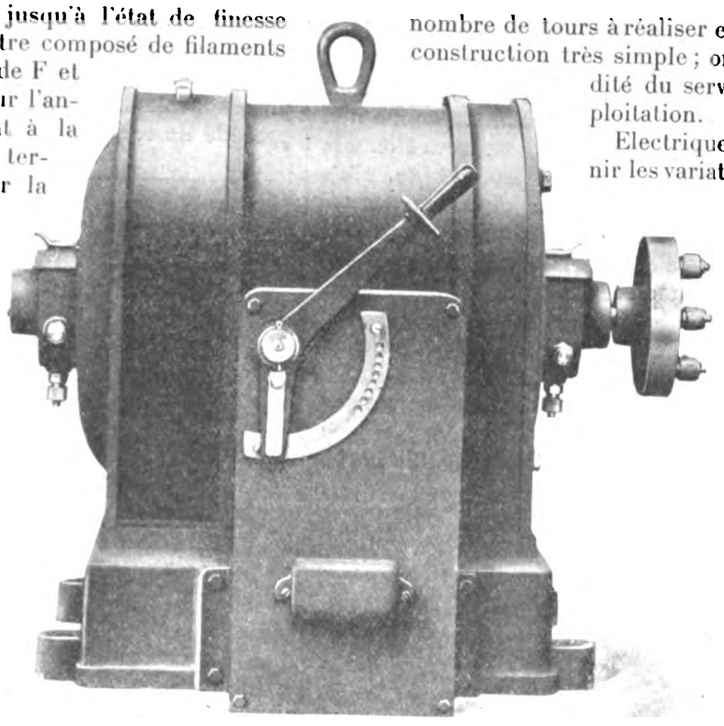


Fig. 170. — Moteur à courant continu spécial pour métier à filer (type de la Société Alsacienne).

VARIATION DU NOMBRE DE TOURS. — On indiquera brièvement la commande par courroie et l'emploi des poulies-cônes; ces dispositions n'ont pas fait leurs preuves et ne doivent même plus être envisagées dans une filature moderne.

COMMANDE ÉLECTRIQUE INDIVIDUELLE AVEC VARIATION DU NOMBRE DE TOURS. — D'après ce qui précède, cette commande doit permettre, en première ligne, que le couple moteur puisse varier progressivement entre des limites déterminées; une variation de vitesse doit s'effectuer non seulement sans secousse, mais aussi en un laps de temps réduit quelconque. Il est nécessaire, en second lieu, qu'elle travaille avec un bon rendement pour chaque nombre de tours à réaliser et, enfin, qu'elle soit d'une construction très simple; on assure ainsi la commodité du service et la sécurité de l'exploitation.

Electriquement, il existe, pour obtenir les variations de vitesse, plusieurs procédés que nous allons énumérer brièvement en exposant leurs avantages et leurs inconvénients respectifs.

1° *Moteur à courant continu à réglage par le champ* (*fig.* 170). — Ce procédé de réglage de la vitesse est économique et rationnel, mais il présente plusieurs inconvénients.

Le collecteur et les balais demandent un entretien attentif et permanent. Ils peuvent donner naissance à des étincelles, éventualité qu'il importe absolument d'éviter dans une filature.

Le rendement de ces moteurs est généralement élevé; mais ce mode de commande ne peut être avantageux que si l'on dispose d'une

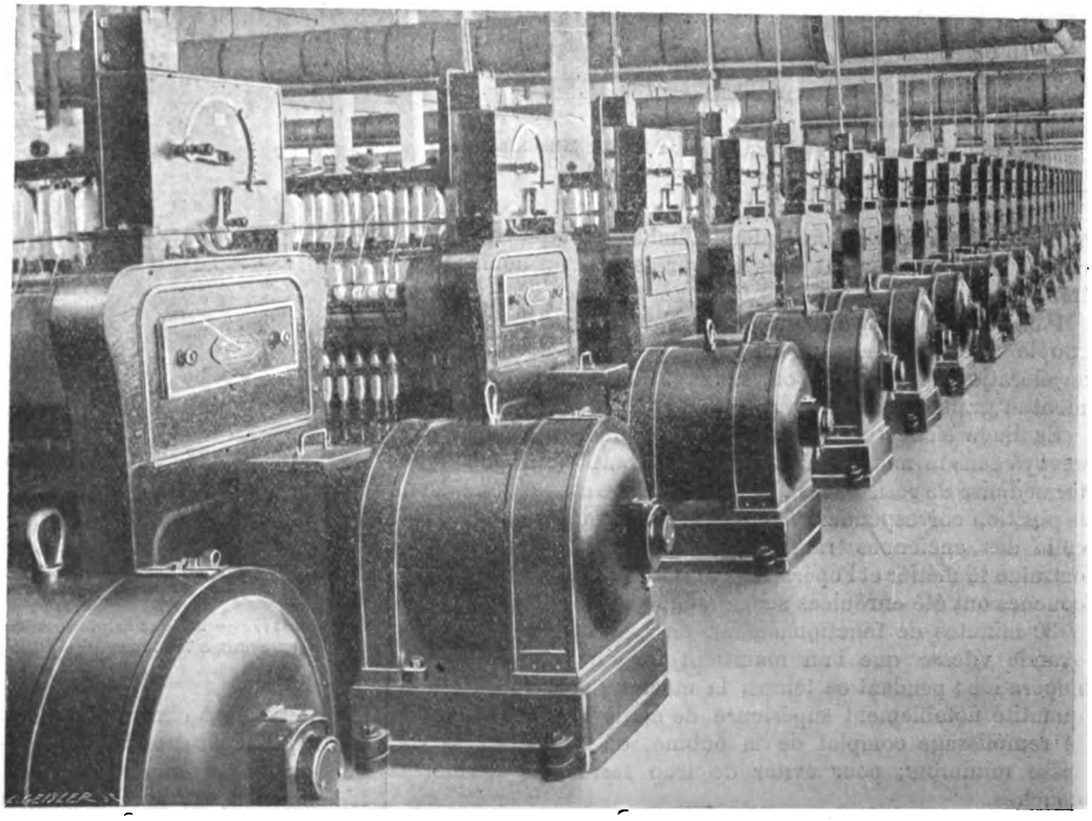


Fig. 171. — Filature de M. Dorget et Cie à Thunimont, équipée à l'aide de moteurs à courant continu avec réglage de la vitesse à la main (Société Alsacienne de constructions mécaniques).

Digitized by Google

source à courant continu de capacité suffisante et de tension convenable. Or, de plus en plus, les manufactures sont rattachées aux réseaux à courant alternatif des grandes stations centrales, et la transformation en courant continu donne lieu à une perte d'au moins 15 0/0. Cependant on trouve encore quelques installations équipées suivant ce procédé (*fig.* 171).

2° *Moteur triphasé à bagues et réglage de la vitesse par résistances intercalées dans l'induit.* — Ce réglage irrationnel occasionne une grande perte d'énergie; de plus, la constance de la vitesse n'est pas suffisamment assurée, par suite de la variation du couple.

3° *Moteur triphasé, à induit en court-circuit et réglage de vitesse par variation du nombre de pôles.* — Le moteur triphasé, placé sur un petit socle en fonte, est accouplé au métier par l'intermédiaire d'un manchon élastique.

Devant le moteur, à la hauteur de la commande du porte-anneau, est fixé, sur le socle, un coffret fermé contenant le commutateur interrupteur et les fusibles.

Le moteur présente deux enroulements qui lui commu-

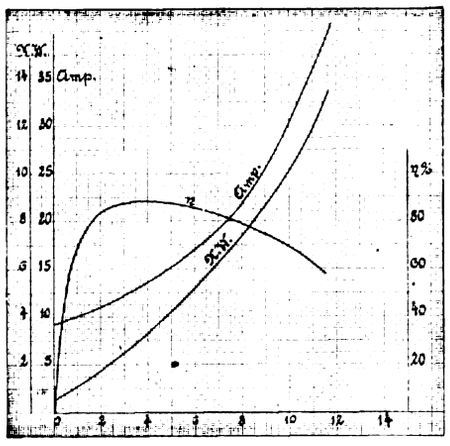


Fig. 172. — Diagrammes correspondant à la vitesse maximum d'un moteur pour métier à filer.

niquent deux vitesses différentes. L'induit du type en court-circuit est spécialement étudié pour assurer un démarrage très régulier.

Par suite de sa construction, le moteur démarre avec un couple considérable, sans communiquer à la machine une accélération dangereuse pour les fils ; il atteint automatiquement et graduellement sa vitesse normale.

Le filage s'effectue de la façon suivante : le courant est envoyé dans le moteur, au moyen du commutateur (sans l'intermédiaire de résistances), et le démarrage est pratiqué dans la position correspondant à la vitesse minimum de l'ordre de celle des anciennes transmissions mécaniques. Le moteur entraîne le métier et l'opération commence. Dès que quelques couches ont été enroulées sur la bobine, c'est-à-dire après 20 à 30 minutes de fonctionnement, on passe à la marche à grande vitesse que l'on maintient jusque vers la fin de l'opération ; pendant ce temps, la machine peut fournir une quantité notablement supérieure de matière. Un peu avant le remplissage complet de la bobine, on revient à la vitesse minimum, pour éviter de trop serrer les dernières couches.

Ce moteur permet d'augmenter d'une façon simple, la production et d'exécuter des numéros de fils différents avec la même machine ; il suffit de choisir la vitesse la mieux adaptée à la quantité de la matière. Le filateur a donc le moyen d'augmenter la variété des produits qu'il peut manufacturer avec la même machine.

Les progrès réalisés dans la technique des moteurs monophasés à collecteur place aujourd'hui, au deuxième plan, ce procédé de réglage de vitesse par variation du nombre de

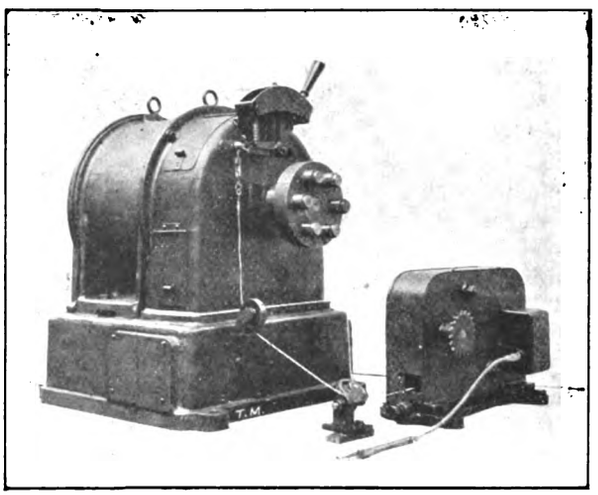


Fig. 173. — Moteur monophasé à collecteur, système Déri, pour commande de métier à filer avec réglage automatique de nombre de tours. Type hermétique 10 HP, 500 volts, 50 périodes, vitesse variable de 750 à 1 100 tours : minute.

pôles, mais on doit insister sur son rendementqui atteint, dans certains cas, 83 0/0 (marche à faible vitesse) et même 88 0/0 (vitesse maximum).

Il y aura intérêt à ce que les courbes caractéristiques

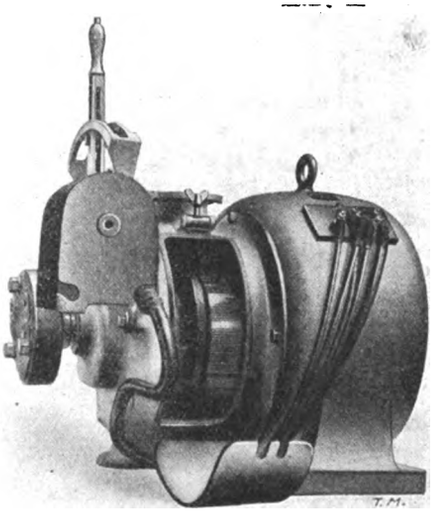


Fig. 174. — Moteur triphasé à collecteur de 8ch,5 à 900 tours, 7 chevaux à 750 tours, 5ch,5 à 600 tours, 25 périodes, 110 volts.

(*fig.* 172) soient choisies de façon que les maxima de rendement (petite et grande vitesse) se trouvent réalisés pour les puissances moyennes fournies réellement par le moteur. L'électricien, et le constructeur du métier devront s'entendre à cet effet, car ce dernier connaît seul exactement les puissances nécessaires à l'entraînement des métiers de sa fabrication, pour différents nombres de broches et différentes sortes de fil ; l'électricien, se basant sur ces données,

Digitized by Google

peut alors calculer le moteur en vue du rendement le plus favorable.

Le filateur peut donc apporter ainsi des améliorations importantes dans son exploitation et se procurer d'emblée les machines les plus rationnelles; en faisant une commande nouvelle, il se mettra en relation à la fois avec les constructeurs des parties mécanique et électrique, et pourra obtenir une garantie déterminée de consommation d'énergie électrique par kilogramme de fil produit.

Des essais ont eu lieu à ce point de vue dans une filature, avec un moteur actionnant un métier à filer sortant d'une maison de premier ordre : le nombre des broches était de 336, le moteur pouvait développer 4 à 6 1/2 chevaux à 710 et 960 tours. Les essais, très complets, ont donné des résultats excellents.

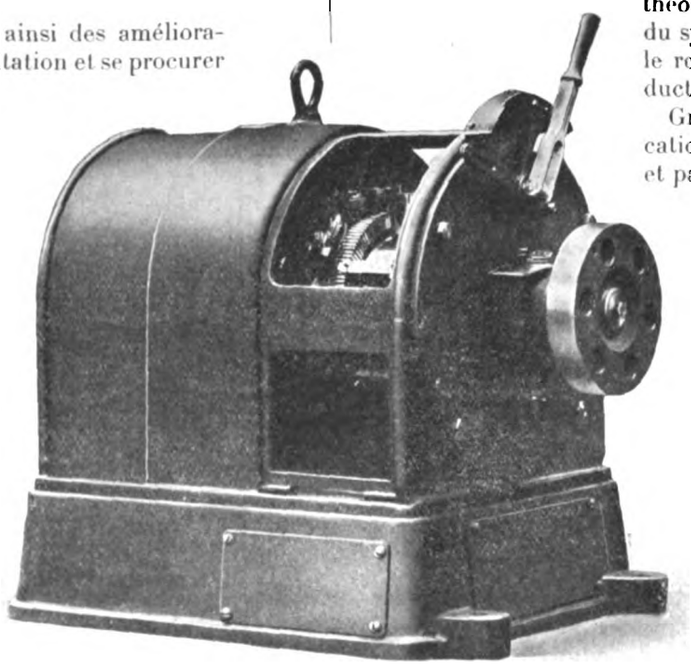


Fig. 175. — Moteur monophasé à collecteur (type Société Alsacienne) spécial pour métiers à filer.

La consommation d'énergie pendant les différentes phases du filage accusait les valeurs suivantes :

Période de filage	Consommation moyenne d'énergie électrique	Consommation d'énergie par 100 broches
1/4	3860 en watts	1150 en watts
1/2	3975	1100
3/4	4085	1215
1/1	4185	1240
Moyennes.....	4026	1190

La consommation d'énergie nécessaire pour filer 1 kilogramme n° 32 étant en moyenne de 1,45 kilowatt-heure, la production du métier a été de 8gr,2 par broche et par heure. La qualité était excellente et le nombre de ruptures pendant le filage négligeable.

D'autres essais ont permis de constater que l'énergie consommée par kilogramme de fil des numéros moyens reste sensiblement la même ; pour les fils plus fins, la différence peut atteindre 200 environ.

4° *Moteurs triphasés à collecteur.* — Les ateliers de Jeumont construisent pour les matières à filer des moteurs triphasés à collecteur qui sont des moteurs série à réglage de vitesse. Pour un couple donné, le moteur prend une vitesse qui dépend de la position de calage des balais.

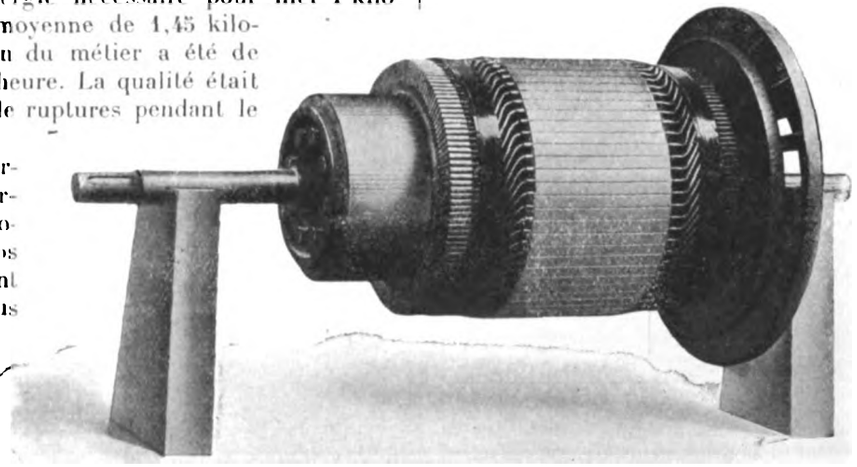


Fig. 176. — Rotor d'un moteur monophasé à collecteur de la Société Alsacienne de constructions mécaniques.

On sait que ces moteurs ont un régime de fonctionnement théoriquement parfait au voisinage du synchronisme, vitesse à laquelle le rotor est dépourvu de toute induction.

Grâce à un procédé de multiplication des phases (système Latour), et par l'emploi d'enroulements spéciaux, on obtient avec ces moteurs un fonctionnement sans étincelle.

La figure 174 représente un tel moteur de 8,5 chevaux, 110 volts ; 26 périodes.

Le système de réglage est spécial en ce sens que l'ouverture de l'interrupteur a pour effet de ramener automatiquement le jeu des balais à la position correspondant à la petite vitesse. Ce moteur est prévu pour un réglage de vitesse variable de 600 à 900 tours. Entre ces limites, le rendement reste élevé (0,80 à 0,85) et le facteur de puissance, compris entre 0,85 et 1.

5° *Moteur monophasé à collecteur (système Déri) (fig.* **173**). — Les constructeurs sont parvenus, depuis quelques années, à mettre au point des moteurs monophasés à collecteur, répondant parfaitement aux conditions énumérées précédemment à l'occasion de la commande du métier continu à filer.

Dans les filatures où les métiers continus devront être commandés par ces moteurs, l'installation électrique sera de préférence triphasée, et les moteurs monophasés à collecteur seront répartis en nombre égal sur chaque phase. De la sorte tous les moteurs à vitesse constante nécessaire pourront être du type d'induction triphasé.

Le moteur monophasé à collecteur, construit par la compagnie électro-mécanique, est pourvu d'un bobinage de stator excessivement simple, offrant toute sécurité et établi pour être alimenté sans interposition de transformateur, sous une tension de 500 volts et au delà. L'enroulement du rotor, tout à fait indépendant de celui du stator, est soumis à une ten-

Digitized by Google

sion atteignant au plus 100 volts au démarrage, et environ 10 volts en marche normale. Le démarrage, la variation du nombre de tours et l'arrêt sont réalisés uniquement par déplacement des balais.

Au démarrage, on dispose d'un couple moteur multiple du couple normal, que l'on peut faire croître lentement et sans à-coups de la valeur 0 à la valeur maximum. Au moment où l'on ferme l'interrupteur, le courant est environ 1/3 du courant normal. Il croît ensuite progressivement, suivant le couple nécessaire, jusqu'à 1,5 à 2 fois la valeur du courant normal.

Un simple réglage de la position des balais permet de réaliser, pendant la marche, la vitesse rigoureusement nécessaire sans variation sensible du rendement.

Au démarrage, comme lors d'une augmentation de couple pendant la marche, le champ du moteur se renforce en même temps que l'appel de courant est plus fort, si bien que le moteur peut prendre une accélération très rapide avec une consommation de courant relativement faible.

La conduite du moteur, muni ou non d'appareil automatique, est des plus simples.

On effectue la mise en marche en déplaçant un levier que l'on doit ramener sur un repère bien visible ; pour l'arrêt, on ramène le levier dans sa position initiale.

Le déplacement des balais nécessaire aux variations de vitesse pendant la levée s'effectue par l'intermédiaire d'un appareil automatique, réglé une fois pour toutes. La machine peut, à volonté, être arrêtée ou remise en marche pendant la levée, sans que la variation de vitesse à réaliser en soit influencée.

L'appareil automatique est commandé par le métier ; il produit le déplacement des balais au moment approprié à vitesse convenable. Il peut s'adapter facilement à chaque type de métier, mais sa forme et son mode d'action diffèrent suivant la construction des machines auxquelles il est appliqué.

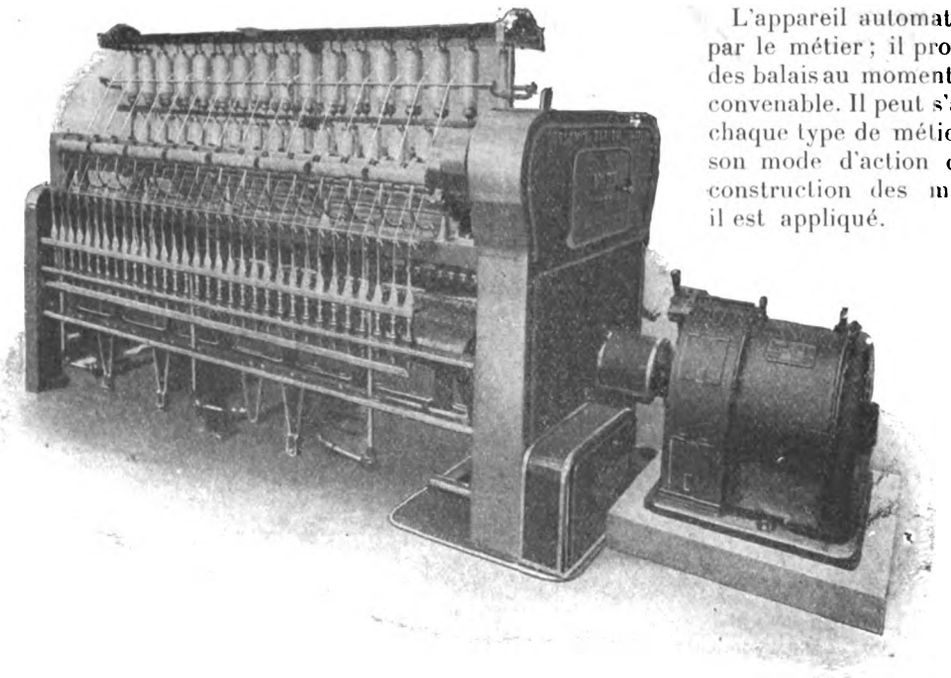


Fig. 177. — Vue d'ensemble d'un moteur monophasé à collecteur, de l'appareil automatique et d'une machine à filer. (Société Alsacienne de constructions mécaniques.)

La figure 173 représente un moteur monophasé à collecteur système Déri (type hermétique) avec appareil automatique de réglage de vitesse.

La figure 175 représente également un moteur monophasé à collecteur construit par la Société Alsacienne. Le rotor de ce dernier moteur est représenté figure 176.

La figure 177 représente un moteur monophasé à collecteur, avec appareil automatique et machine à filer. Enfin, les figures 178 et 179 représentent des filatures équipées, avec des moteurs monophasés à collecteur système Déri et la figure 180 une filature équipée avec les moteurs spéciaux à collecteur de la Société Alsacienne.

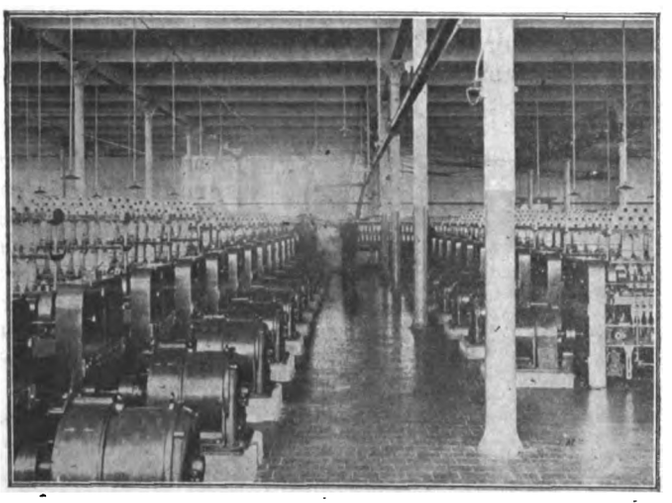


Fig. 178. — Salle de filature des Établissements de P. Desurmont et Cie, à Tourcoing (Nord), comportant 28 moteurs monophasés à collecteur.

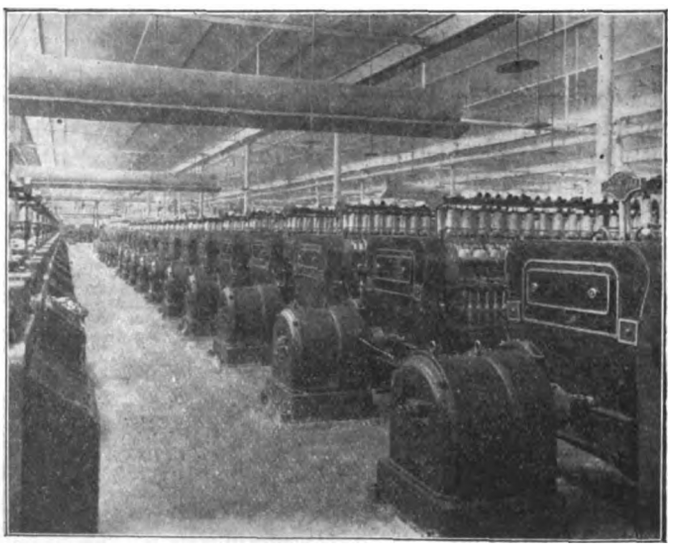


Fig. 179. — Salle de filature de MM. P. Journé et Cie, au Raboteau, par Moyenmoutier (Vosges), comprenant 50 moteurs monophasés à collecteur de 7 chevaux, 500 volts, 50 périodes, 700 à 1 100 tours-minute.

Des essais effectués chez MM. Chazy-Marduel frères, Polot et Vallet à Gleizé (Rhône) sur des moteurs monophasés à

Digitized by Google

collecteur de 8 chevaux, 110 volts, 50 périodes, 1.000 tours au synchronisme, ont donné de très bons résultats.

Les ateliers de Jeumont, la Allmänna Svenska de Stokholm, la maison Kolben de Prague construisent également des moteurs à collecteur mono et polyphasés système Latour pour filatures qui donnent toute satisfaction.

ESSAIS AVEC MOTEUR MONOPHASÉ A COLLECTEUR MUNI D'UN APPAREIL AUTOMATIQUE DE RÉGLAGE DE VITESSE. — 1° *Cotons asiatiques* en numéros moyens : 11 à 20 bobines ont été très bien filées sans casses :

2° *Cotons américains :*

a) Chaîne : 28 écru vitesse majorée sans casse de 12 0/0 ;

b) Bonneterie 16 : torsion floche obtenue comme au self-acting ;

c) Cannettes de tous calibres en numéros mifins de 20 à 34 : torsion trame et même trame floche obtenue sans casses.

ESSAIS SUR COTONS TEINTS DE TOUTES NUANCES POUR LA BONNETERIE ET POUR LA MERCERIE. — A) *Essais sur 100 bobines tubes lourds en carton (chaîne)* :

1° Nuance : jaspé noir, mèche 40 noir, mèche 40 écru : cotons asiatiques contenant 40 0 0 Broach et 60 0 0 Adana (moyenne de 18 à 20 mm.).

Torsion : 38.

Tours : 7.500, 8.000-9.200, 7.500-8.300.

Numéro du fil obtenu : 16.

Casses : 16.

Moyenne des essais dynamométriques : 32 kilogrammes pour 100 mètres.

Cette force correspond à la 1/2 chaîne environ ;

2° Nuance : jaspé noir, mèche 40 noir, mèche 40 écru : 40 0 0 Broach, 60 0 0 Adana.

Torsion : 32.

Tours : 7 500, 8 000-9 200, 7 500-8 300.

Numéro du fil obtenu : 18.

Casses : 10.

Moyenne des essais dynamométriques : 26 kilogrammes aux 100 mètres.

Force comprise entre le 1/4 et la 1/2 chaîne.

B) *Essais sur 100 bobines tubes lourds (bonneterie)* :

Coton Amérique 24-25 millimètres. Nuance cachou. Mèche 20.

Article courant de la filature, filé exclusivement actuellement sur renvideur.

Constantes du métier : pignon cannelé, 56 ; change, 34 ; moteur, 25 ; torsion, 62 ; cœur, 20 ; curseur 2 ; brochet, 48.

Tours : 7 500, 8 200-9 800, 8 000-9 000.

Numéro du fil obtenu : 16 bonneterie.

Casses : 15.

Moyenne des essais dynamométriques : 23 kilogrammes pour 100 mètres de fil.

Moyenne des essais dynamométriques avec fil renvideur : 23 kilogrammes.

On a obtenu sur métier continu, à une vitesse moyenne d'environ 10 0/0 supérieure à celle du renvideur, une qualité de filé tout à fait comparable.

C) *Essais sur 50 canettes tubes en papier* 130/22 (*trame*) :

Coton Amérique 24-25 millimètres,

Nuance : Jaspé noir et gris avec mèche 40 noir et mèche 40 écru.

Constantes du continu : cannelé, 56 ; change 27 ; moteur, 25 ; torsion, 58 ; cœur, 25 ; rochet, 25 ; curseur, 20/0.

Vitesse des broches : 7 500, 7 900-9 500, 7 500-8 500.

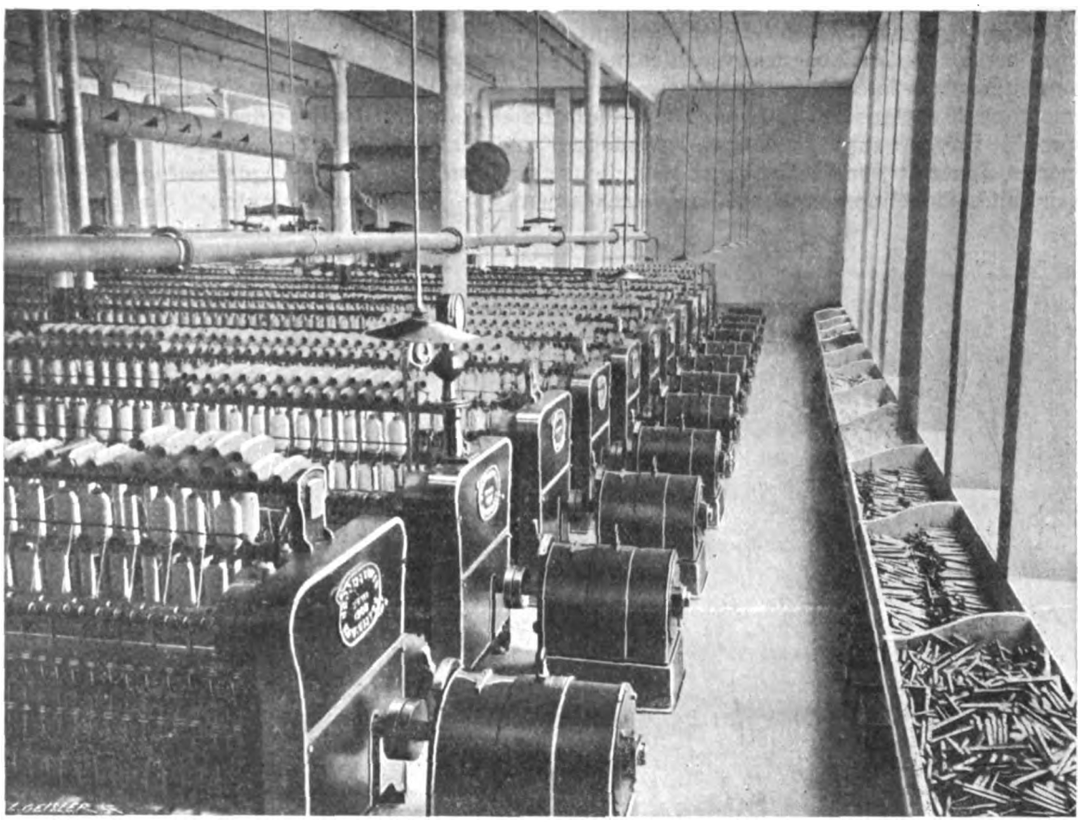


FIG. 180. — Filature de M. Jacquel à Diensheim (Allemagne), équipée avec moteurs monophasés à collecteur à réglage automatique de vitesse (Société Alsacienne de constructions mécaniques).

Numéro obtenu à la romaine : 20.

Casses : 10.

Moyenne des essais dynamométriques effectués sur 100 mètres de fil : 21 kilogrammes, qui correspond à une torsion inférieure au 1/4 chaîne obtenu au renvideur.

Nuances : noir uni 5 0 0 coton asiatique, mèche 40 ; Marengo clair (Amérique), mèche 40.

Constantes du continu : cannelé, 56 ; change, 39 ; moteur, 25 ; torsion, 46 ; cœur, 25 ; rochet, 40 ; curseur, 7/0.

Vitesse des broches : 7 500, 7 900-9 500, 7 500-8 300.

Numéro obtenu à la romaine : 28.

Casses : 18.

Moyenne des essais dynamométriques sur 100 mètres de fil : noir uni, 11 kilogrammes ; Marengo clair, 15 kilogrammes.

Ces deux derniers chiffres sont absolument remarquables, la moyenne des essais de canettes venant des renvideurs donnant de 17 à 18 kilogrammes.

Les casses étant insignifiantes, on se rend aisément compte de l'augmentation de production due uniquement à la torsion

Digitized by Google

très faible que l'on a donnée au fil. C'est ce qu'on pourrait appeler une torsion extra-floche. Le fil, très régulier, pourrait être utilisé pour le tissage.

Machines à broder. — La commande électrique des machines à broder s'est développée parallèlement à l'industrie de la broderie elle-même.

La principale difficulté à laquelle elle donna lieu résidait dans la variation de vitesse imposée par la nature de certains travaux. C'est ainsi, par exemple, que le festonnage exige la réalisation automatique du nombre de tours minimum à l'instant même où l'on actionne le levier correspondant. Cette manœuvre doit d'ailleurs être pratiquée d'une main, tandis que l'autre est appliquée à la direction du pantographe.

Ces divers désidérata ont été réalisés, soit par l'emploi de moteurs d'induction à bagues avec introduction de résistances ohmiques dans le circuit du rotor, soit par l'adoption d'un montage de moteurs en cascade. On notera que ce dernier procédé présente sur le précédent, l'avantage d'amoindrir les pertes d'énergie consécutives aux réductions de vitesse et, par suite, d'améliorer les conditions de rendement.

La Société Oerlikon complète la disposition du montage en cascade, par l'adjonction de deux paires de poulies, permettant de réaliser un changement de vitesse supplémentaire indispensable à l'exécution de certains travaux.

Nous signalerons également, à l'occasion de cette Société, l'ingénieux dispositif qu'elle emploie dans certains cas pour réaliser, de façon purement mécanique et sans perte d'énergie, le réglage de la vitesse sur les machines à broder, telle que la Saurer 6,3/4 et 10 yards.

Ce dispositif est basé sur le jeu d'une poulie à cordes, divisée en deux moitiés indépendantes pourvues de doigts venus de fonte, et dont l'une est maintenue solidaire de l'arbre moteur, tandis que l'autre est susceptible de prendre un déplacement dans le sens de l'axe. De la sorte, à chaque position de cette dernière correspond un rapport de transmission différent, la tension de la corde étant assurée dans tous les cas au moyen d'un levier à contrepoids. Un ressort, prévu entre les deux demi-poulies et commandé par un frein à vis asservi à la manœuvre du levier de festonnage, permet de réaliser automatiquement la position limite pour laquelle la vitesse est minimum.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE INDIVIDUELLE DANS LES IMPRIMERIES

La commande électrique individuelle (*fig.* 181) est particulièrement avantageuse lorsqu'il doit se produire des arrêts entre les diverses périodes de travail. Dans les installations anciennes, les transmissions existantes tournent continuellement, ce qui représente une perte de travail appréciable quand une ou plusieurs machines sont arrêtées. *La commande électrique individuelle permet d'éviter ces pertes à vide continuelles, puisque le moteur ne marche que lorsque la machine qu'il doit actionner est en service.* L'importance des pertes devient alors fonction de la production et n'est plus à peu près indépendante de la charge, comme dans le cas de transmissions qui doivent continuer à tourner, même pour n'actionner par exemple qu'une seule machine dont la consommation d'énergie est relativement faible.

Les avantages que procurent les économies directes d'exploitation ne sont pas les seuls facteurs qui militent en faveur de la commande électrique individuelle ; les *commodités* résultant de la *suppression des transmissions* doivent aussi être prises en grande considération.

Dans les locaux anciennement aménagés, les courroies et les câbles arrêtent la lumière, agitent les poussières et sont d'un effet très disgracieux ; la suppression de ces organes réduit notablement, en outre, les dangers du service et de la circulation et facilite la surveillance.

La commande électrique permet aussi de mieux utiliser les locaux existants, puisqu'il n'y a plus à se préoccuper de l'orientation de la transmission.

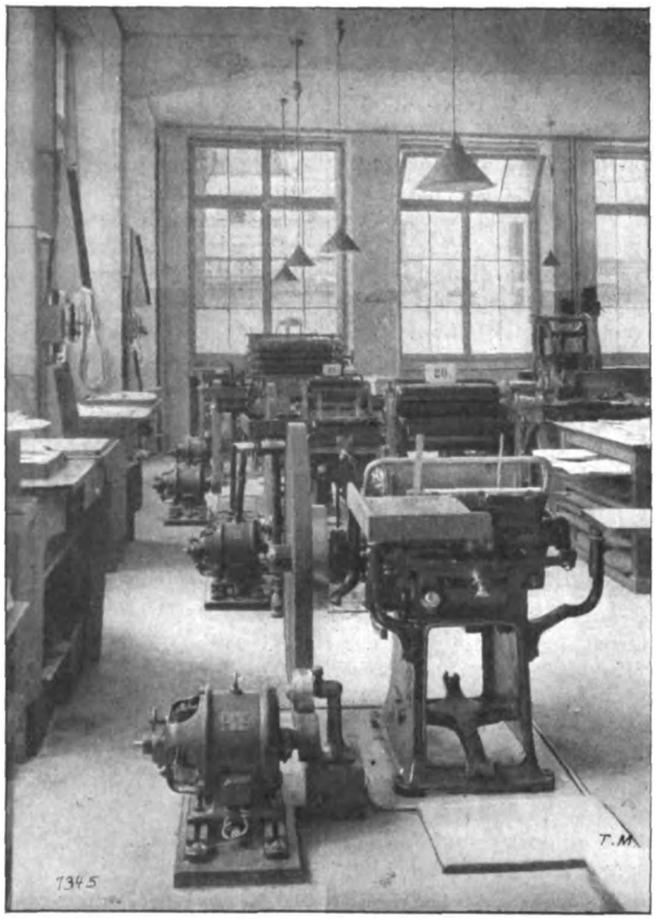


FIG. 181. — Commande individuelle de machines à imprimer.

Les avantages qui viennent d'être énoncés ne sont pas les seuls que présente la commande électrique ; parmi les autres propriétés précieuses qu'elle possède, on peut rappeler aussi notamment *la rapidité et la simplicité de mise en marche* des machines à actionner, etc. Il y a lieu d'ajouter encore la *possibilité de régler* la vitesse de rotation de ces machines, ce qui est souvent nécessaire.

Après avoir donné un aperçu des points de vue généraux de la question, nous étudierons dans ce qui suit les applications particulières de la *commande électrique aux machines d'imprimerie*. Dans ce genre d'application la commande électrique individuelle constitue la règle, et ce n'est qu'exceptionnellement que plusieurs machines sont groupées pour une commande unique.

Tandis que la puissance et la vitesse de rotation des moteurs sont fixés d'après les machines à actionner, le genre de courant, sa tension et sa fréquence sont, dans la plupart des cas, déterminés par la station centrale à laquelle est reliée l'imprimerie, à moins que cette dernière ne produise elle-même son courant. Lorsqu'il ne s'agit que de petits ateliers, ou lorsqu'il est nécessaire d'avoir des accumulateurs, le courant continu est à employer.

Dans les grands établissements, on préférera le courant alternatif qui se prête mieux aux transports d'énergie.

Avec le courant continu, la commande des diverses machines d'imprimerie n'offre aucune difficulté, et les exigences imposées par la nature des machines sont depuis longtemps satisfaites par les constructeurs électriciens au moyen de moteurs ordinaires et d'appareils appropriés pour le démarrage et le réglage.

C'est ainsi que les constructeurs ont mis depuis quelques années sur le marché d'excellents moteurs à courant continu à pôles auxiliaires, qui se distinguent par une grande facilité de réglage, une absence complète d'étincelles pendant la marche et un grand couple de démarrage ; en outre, comme nous l'avons vu dans le chapitre du réglage de la vitesse, ces moteurs se prêtent très aisément à la régulation de vitesse.

La conduite des machines à imprimer et, en particulier, des rotatives employées à l'impression des grands quotidiens, offre à la commande électrique un champ d'application dont l'importance se conçoit par la rapidité et la souplesse de conduite nécessitées par ce genre de travail. Ces machines, qui doivent être mises en service facilement et promptement et

Digitized by Google

entraînées à une allure subordonnée à l'importance de l'édition, à la qualité du papier et de l'exécution, exigent un contrôle rigoureux de chacune des phases de marche ou d'arrêt, d'accélération ou de ralentissement.

Les rotatives employées à l'édition des quotidiens se classent généralement d'après le mode d'impression (stéréotypie, électrotypie, chromotypographie. etc.), et le nombre de cylindres.

Une rotative américaine, type sextuple à grande vitesse, présente, dans sa forme la plus moderne, six cylindres à clichés et trois rouleaux à papier. Chaque cylindre supporte quatre clichés en largeur et deux clichés sur sa périphérie Il tourne à la vitesse maximum de 300 tours par minute, vitesse à laquelle la machine est susceptible de produire 36.000 journaux de 24 pages à l'heure. Une disposition différente des organes plieurs placés en extrémité, permet d'obtenir 18.000 exemplaires de 32 pages pendant le même temps.

Toutefois, dans le but d'assurer une production horaire différente, il doit être possible de réaliser une gamme de vitesse suffisamment étendue. En outre, la mise en place des clichés, l'introduction du papier et la mise en train (1) exigent un entraînement à très faible vitesse (quelques tours par minute) auquel doit satisfaire l'équipement moteur aussi bien qu'au ralentissement ou à l'arrêt immédiat, en cas d'obstruction de la machine.

Dès que le papier est engagé dans les organes de pliage et que l'ensemble est en ordre de marche, la machine est accélérée graduellement jusqu'à concurrence de la vitesse de régime.

Dans les anciennes installations où l'on ne disposait pas d'énergie électrique, les presses étaient actionnées par machines à vapeur ou moteur à gaz avec transmission intermédiaire et dispositifs de ralentissement relativement compliqués. L'arrêt ou la mise en marche s'effectuaient à la façon ordinaire par poulie fixe ou poulie folle.

En procédant aux essais d'une telle installation il n'était pas rare de constater que la moitié de la consommation de gaz était dépensée à l'entraînement des organes de transmission intermédiaire.

En outre, l'ensemble des résistances passives occasionnait sur l'arbre principal une chute de vitesse qui pouvait atteindre 15 0/0 et affectait ainsi notablement la production de la machine. Nous signalerons à cet égard le cas d'une presse caractérisée par une production de 1670 impressions à l'heure et commandée initialement par moteur à gaz. Après qu'elle fut équipée électriquement au moyen d'un moteur directement accouplé et réglé pour le débit nominal indiqué, on constata dans la production horaire, une augmentation de 10 0/0 uniquement imputable à l'uniformité de vitesse de la commande électrique d'ailleurs impossible à obtenir d'un moteur à gaz ou à vapeur entraînant l'atelier par l'intermédiaire d'un arbre et de courroies.

Une première amélioration a consisté dans la substitution à la machine thermique, d'un moteur électrique à vitesse constante, les divers organes de transmission auxiliaire restant inchangés.

On appliqua ensuite le moteur à vitesse variable avec controller, dispositif particulièrement adéquat aux nouvelles presses rapides pour lesquelles la vitesse de régime est généralement inférieure à l'allure maximum.

Le perfectionnement le plus récent consiste à entraîner directement la presse par le moteur et à assurer le ralentissement par un contrôle électrique. Avec des unités à courant continu de petite ou de moyenne capacité, le fonctionnement en ralenti est réalisé en shuntant une résistance à travers le circuit d'armature. La combinaison de cette résistance avec le rhéostat-série du moteur, permet d'obtenir une allure réduite à peu près indépendante de la charge.

Le panneau de commande comporte : les organes nécessaires au contrôle de l'armature et du circuit inducteur ainsi qu'au ralentissement (sensiblement 10 0/0 de la vitesse normale) et au freinage dynamique; les boutons poussoirs de mise en route et d'arrêt ; les dispositifs de protection contre les surcharges et les manques de tension.

L'équipement est complété par des contacts à poussoir disposés en divers points de la machine et permettant, en cas d'urgence, l'arrêt instantané de l'ensemble.

On remarquera qu'un tel agencement dans lequel les variations de vitesse sont obtenues à la main par controller, peut être aisément rendu automatique par le jeu de contacts supplémentaires à boutons. Toutefois, en raison de la perte d'énergie à laquelle donnent lieu les résistances employées au ralentissement, ce dispositif n'est guère employé pour des puissances supérieures à 30-35 chevaux.

Sur les circuits à courant alternatif, on emploie le plus souvent un équipement semi-automatique avec moteur commandé par controller à tambour et panneau de contacteur. L'accélération est produite à la main et des contacts à poussoirs répartis comme précédemment sur le bâti de la machine facilitent les manœuvres d'urgence.

Dans le cas de fortes unités, le problème devient plus complexe. Certains constructeurs préconisent, comme nous le verrons en détail plus loin, l'emploi de moteurs à collecteur et réalisent ainsi économiquement, à l'aide de résistances de réglage ou par décalage de balais, une gamme de vitesses étendue. Nous avons vu également appliquer avec succès la commande par double moteur et contrôle entièrement automatique par boutons poussoirs disposés au voisinage de la machine.

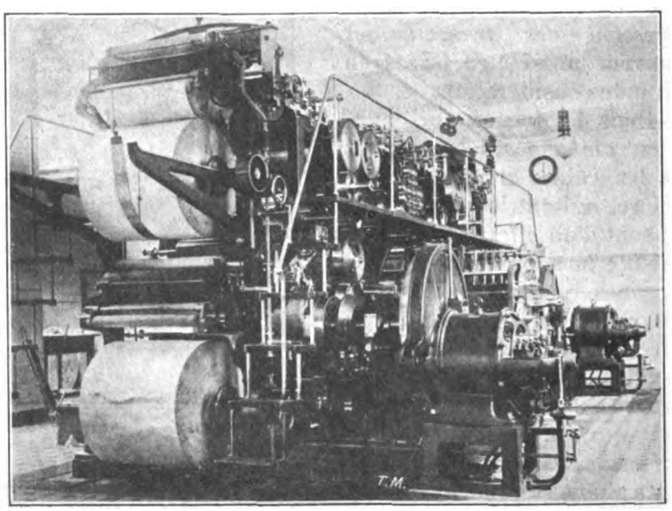


FIG. 182. — Machine rotative à 4 cylindres actionnée par 2 moteurs monophasés à collecteur *Déri* d'une puissance unitaire de 25 HP.

De l'avis des exploitants, ce dernier dispositif a atteint un degré de simplicité et de sécurité entièrement satisfaisant. Il offre en outre cette particularité d'être sensiblement le même, sauf modifications de détail, que le circuit d'alimentation soit à courants continus ou à courants alternatifs.

L'ensemble comporte six parties distinctes : le moteur

(1) On sait que la *mise en train* consiste à coller plusieurs feuilles de papier sous le cliché pour la *mise de hauteur*.

Digitized by Google

principal, le moteur auxiliaire affecté aux petits déplacements, les socles, paliers et engrenages, l'embrayage automatique, le panneau de contrôle et les tableaux de commande à boutons poussoirs.

Avec certaines presses sextuples à grande vitesse, entraînées par courant continu, le moteur principal atteint quelquefois une puissance de 60 chev. sous une vitesse variant de 500 à 1.000 tours, la capacité du moteur auxiliaire, à vitesse constante, ne dépassant pas 7,5 à 10 chev. Sous courants alternatifs, les puissances seraient naturellement homologues aux précédentes; mais, tandis que le premier moteur comporterait un rotor à bagues, le second serait du type à cage d'écureuil ordinaire.

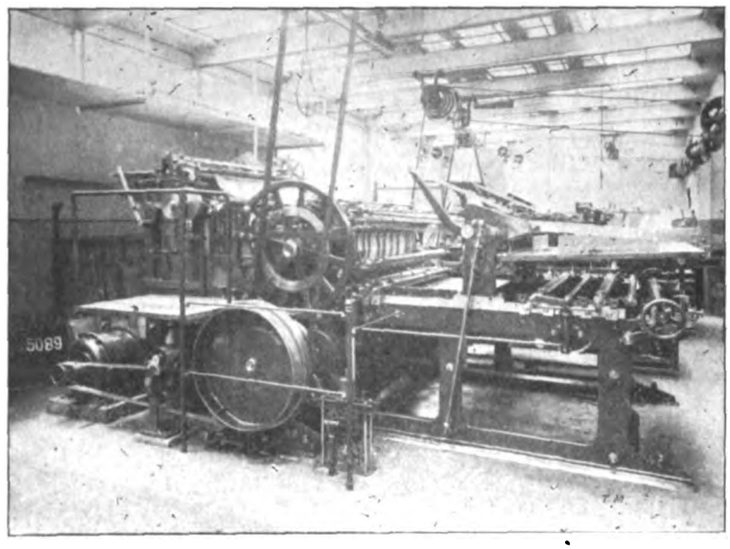


Fig. 183. — Imprimerie Weiss et Hanscler. Machine deux tours actionnée par moteur monophasé à collecteur de 7 HP.

Le moteur principal est calé sur un arbre de commande portant le pignon d'entraînement. Le petit moteur est relié mécaniquement à cet arbre par l'intermédiaire d'un embrayage automatique à force centrifuge et d'un engrenage réducteur.

Pendant les opérations préliminaires de réglage (mise en place des clichés, introduction du papier, etc.) le petit moteur seul est mis en circuit, entraînant les cylindres à environ 10 tours par minute. Le moteur principal est ensuite branché sur le réseau et graduellement accéléré. Lorsque la vitesse atteinte par l'arbre de commande excède celle qui lui est communiquée par le moteur auxiliaire, ce dernier se trouve automatiquement libéré par le jeu de l'embrayage à force centrifuge, et isolé du réseau par le controller.

Le fonctionnement entièrement automatique des deux moteurs est commandé à distance, de différentes stations de boutons à contacts disposés, en des points accessibles du bâti de la machine et permettant, par simple pression, de démarrer, d'arrêter ou de ralentir la machine. Un contact supplémentaire, dit de sécurité, rompt le circuit de contrôle principal et supprime toute possibilité de fausse manœuvre ou d'accident au personnel, jusqu'au moment où le bouton de mise en marche se trouve actionné.

Quant aux contacts « d'accélération » et de « ralentissement », ils poursuivent les opérations auxquelles ils sont affectés tant que dure la pression qui y est exercée et laissent à leur libération l'allure acquise à cet instant par la machine.

Le bouton d'arrêt sert à immobiliser instantanément l'ensemble, par le jeu d'un frein à solénoïde dans l'équipement à courants alternatifs ou du moteur frein, dans l'équipement à courant continu. A l'arrêt, la manette du controller est rappelée automatiquement à sa position initiale afin d'éviter, par la suite, un démarrage intempestif.

Enfin les conducteurs composant le circuit normal sont doublés d'un circuit d'urgence, de sorte que, dans le cas où les premiers viendraient à subir un dérangement quelconque (rupture, court-circuit ou mise à la masse), la manœuvre d'un inverseur permettrait de poursuivre le travail en cours sans interruption préjudiciable.

Pour les installations à courants alternatifs monophasés ou triphasés, l'introduction sur le marché de moteurs monophasés à collecteur a marqué une évolution dans la commande des machines à vitesse variable, spécialement destinées à la commande des machines d'imprimerie.

Ce moteur possède à un haut degré les qualités requises pour les machines d'imprimerie, comme nous allons le voir en examinant les conditions de fonctionnement de ces diverses machines.

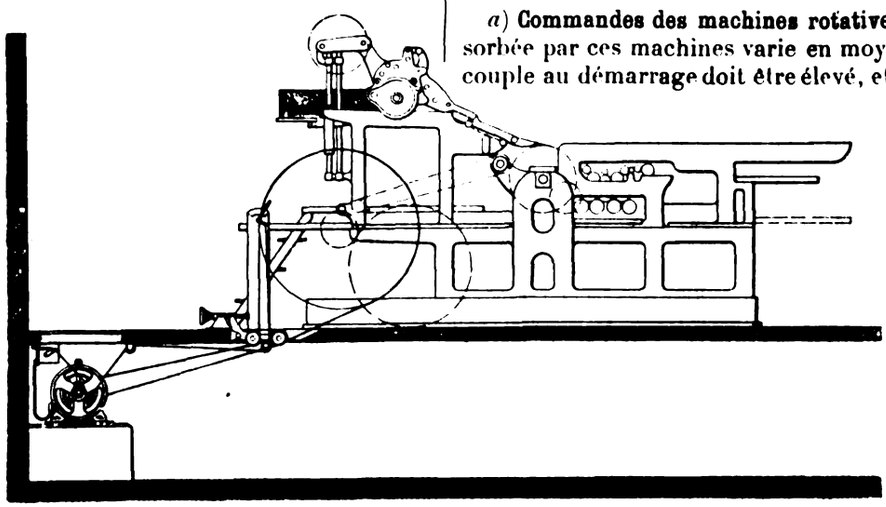


Fig. 184. — Disposition de la commande électrique d'une presse à imprimer.

a) **Commandes des machines rotatives.** — La puissance absorbée par ces machines varie en moyenne de 20 à 25 HP. Le couple au démarrage doit être élevé, et ce couple doit se maintenir constant. Pendant la mise en place des clichés et l'introduction du papier, la machine doit tourner très lentement ; d'autre part, la vitesse d'impression doit pouvoir varier.

Ces conditions sont réalisées au moyen de moteurs à courant continu en utilisant au besoin, un moteur auxiliaire ; mais, avec les moteurs triphasés asynchrones normaux, la variation de vitesse entraîne de grandes pertes d'énergie ; avec les moteurs asynchrones monophasés, il est nécessaire d'employer une poulie fixe et une poulie folle, et on doit en outre renoncer à toute variation de vitesse.

Le moteur monophasé à collecteur offre au contraire un mode de commande éminemment favorable des machines « rotatives », qu'il s'agisse de réseaux mono ou polyphasés,

Digitized by Google

et les constructeurs ont eu l'occasion en ces derniers temps d'en faire de nombreuses applications.

La figure 182 montre la commande d'une machine rotative à quatre cylindres avec réduction par engrenages, tirant 10.000 feuilles de 32 pages à l'heure. Cette machine est actionnée par deux moteurs monophasés à collecteur système « Déri », d'une puissance unitaire de 25 HP. Elle se compose de quatre cylindres imprimeurs (dont deux cylindres typographiques et deux cylindres à planches) et de deux appareils encreurs; de plus, elle possède deux appareils plieurs qui effectuent trois pliages des exemplaires. Elle est disposée de telle manière que les deux moitiés de la machine peuvent fonctionner à volonté ensemble à la même vitesse ou isolément à des vitesses de rotation différentes.

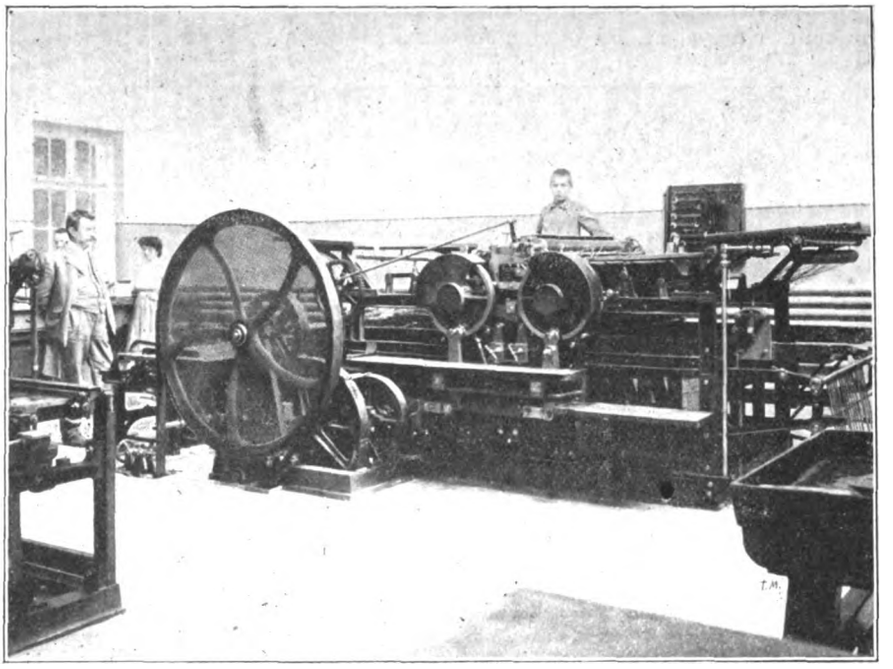


FIG. 185. — Presse à imprimer actionnée par un moteur monophasé.

Le démarrage des moteurs et le réglage de la vitesse s'effectuent par simple décalage des porte-balais du moteur. Des leviers à main, reliés les uns aux autres par des bielles, sont aménagés en cinq points différents de la machine et permettent de mettre en marche, d'arrêter et de régler les moteurs. Lorsque les machines sont accouplées, les bielles de manœuvre le sont également. Les moteurs ne possèdent aucune résistance de démarrage ou de réglage. L'interrupteur principal, monté sur le moteur, est actionné par les bielles ci-dessus mentionnées. La vitesse de rotation varie normalement entre 600 et 900 tours par minute et peut être, au besoin, portée à 1.050 tours. La mise en route et l'introduction du papier s'effectuent par rotation de volants à main ; à cet effet, la commande mécanique de mise en marche du moteur est verrouillée de telle façon qu'il est impossible d'actionner le moteur tant qu'on tient les volants à main.

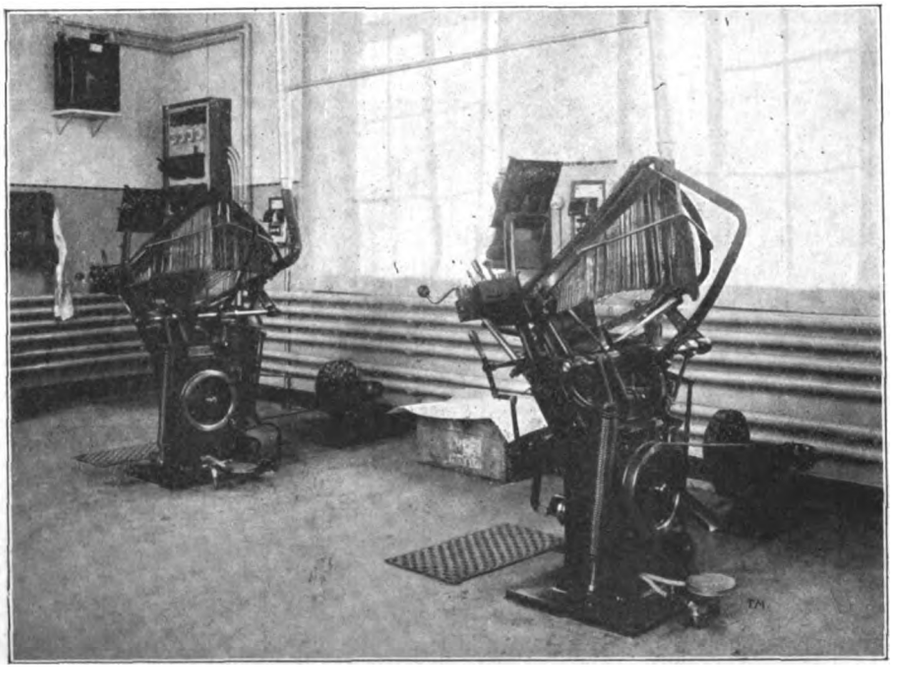


FIG. 186. — Machine à composer à commande électrique.

Les ateliers de Jeumont ont également construit des moteurs monophasés ou triphasés à collecteur système Latour, pour imprimeries, dont le fonctionnement est également satisfaisant. On notera que la commande des moteurs peut également s'effectuer par une combinaison mécanique et électrique ; pour la mise en route et l'introduction du papier, par exemple, l'embrayage et le débrayage peuvent être obtenus par simple pression sur des boutons de contact, les vitesses maxima étant réalisées à l'aide de la commande mécanique des balais des moteurs ; on peut arrêter ceux-ci même aux grandes vitesses, au moyen de boutons de pression ou de contacts spéciaux. L'embrayage aux grandes vitesses est empêché tant que le moteur doit tourner lentement pour la mise en marche de la machine, et l'enclenchement réciproque des organes de commande garantit une sécurité absolue du service.

Les jeux de contacts par boutons de pression pour ces marches et arrêts sont généralement aménagés en différents points accessibles de la machine.

La commande combinée, mécanique et électrique, par boutons de pression est très simple avec le moteur monophasé à collecteur, ce dernier ne comportant aucun appareillage, tel que transformateur de démarrage, etc.

Digitized by Google

b) **Commande des presses à grande vitesse.** — La puissance des moteurs nécessaires pour la commande des presses à grande vitesse varie de 2 à 15 chevaux.

Les conditions de fonctionnement de ces presses sont analogues à celles des machines rotatives. Elles doivent également démarrer avec un couple de rotation élevé, une accélération constante, et l'on doit pouvoir faire acquérir à la presse des vitesses différentes.

La réduction de la vitesse est nécessaire tant pour la mise en place des clichés que pour le repérage d'impression. De plus il y a un grand avantage à pouvoir faire varier la vitesse et principalement à la réduire pour certaines impressions soignées.

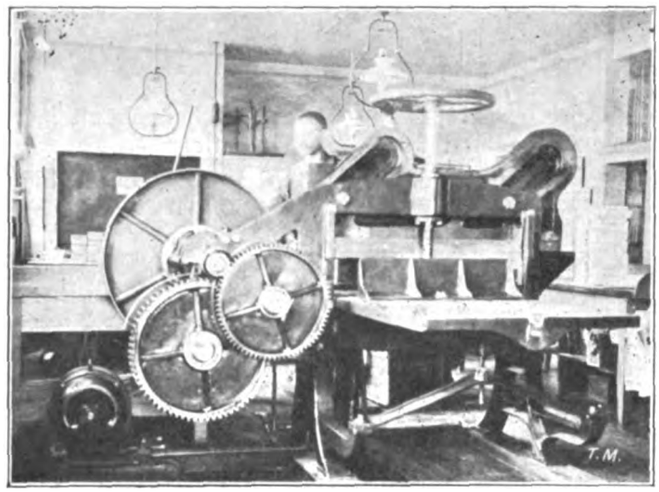


Fig. 187. — Machine à découper le papier, dite « massecot », actionnée par un moteur triphasé de 3 chevaux.

Pour satisfaire à ces conditions, il est nécessaire d'appliquer un moteur à vitesse variable pour éviter l'emploi de poulies coniques ou étagées. Les imprimeries qui disposent de courant continu emploieront avec avantage le moteur shunt à vitesse réglable par le champ ; celles qui sont distribuées en courant mono ou triphasé, auront intérêt à commander leurs presses par des moteurs monophasés à collecteur à vitesse variable par simple décalage des balais sur le collecteur.

Tandis que, dans les machines rotatives, la commande est transmise généralement par engrenages, les presses à grande vitesse sont le plus souvent actionnées par courroie.

La figure 183 montre une presse à grande vitesse avec commande combinée. A l'aide du moteur monophasé à collecteur, le contrôle de ces presses peut être entièrement mécanique, les bielles utilisées autrefois pour le déplacement de la courroie étant maintenant affectées au déplacement des balais. Le levier est, en outre, disposé de façon que, dans la première partie de sa course, il provoque d'abord la fermeture de l'interrupteur du stator, tandis que, pendant une autre partie de sa course, il actionne un frein mécanique. Ce dispositif de manœuvre absolument sûr se recommande spécialement pour les petites presses.

Quand le déplacement des balais s'effectue mécaniquement, la transmission mécanique porte un petit contrôleur auxiliaire à action électro-magnétique, agissant sur l'interrupteur placé sur le circuit du stator.

Au moyen d'un galet de contact fonctionnant en cas d'arrêt du papier, cet interrupteur de stator peut être mis hors circuit et le moteur s'arrête. Des boutons de contact permettent d'ailleurs d'immobiliser la machine, à partir de différents points accessibles de la machine.

La caractéristique de la commande des presses à grande vitesse réside dans ce fait que la manœuvre se borne uniquement à celle d'un simple levier, et la vitesse désirée s'obtient par l'amplitude du déplacement donné à ce levier.

Comme le rapport de réduction entre la poulie du moteur et celle de la presse est généralement assez grand, il est souvent nécessaire d'employer des galets tendeurs (*fig.* 184 et 185).

Le moteur électrique trouve également son emploi dans les imprimeries pour actionner les machines à composer, à découper, etc. (*fig.* 186 et 187).

Digitized by Google

CHAPITRE VII

L'ÉLECTRICITÉ DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUES

Papeterie. — L'idéal de l'industrie moderne repose sur la réalisation d'une production maximum pour un capital d'installation déterminé. En raison de la quantité d'énergie relativement grande mise en jeu dans les machines employées à la fabrication du papier, il devient tout à fait essentiel d'assurer l'opération la plus économique par un examen attentif de tous les facteurs intéressant le coût de la production, et une comparaison, dans chaque cas, des dispositions possibles. L'adoption généralisée dans cette industrie, de la commande électrique, doit donc être considérée comme une preuve indiscutable de l'économie et de la souplesse d'une telle application, par rapport aux modes d'entraînement auxquels on avait recours antérieurement.

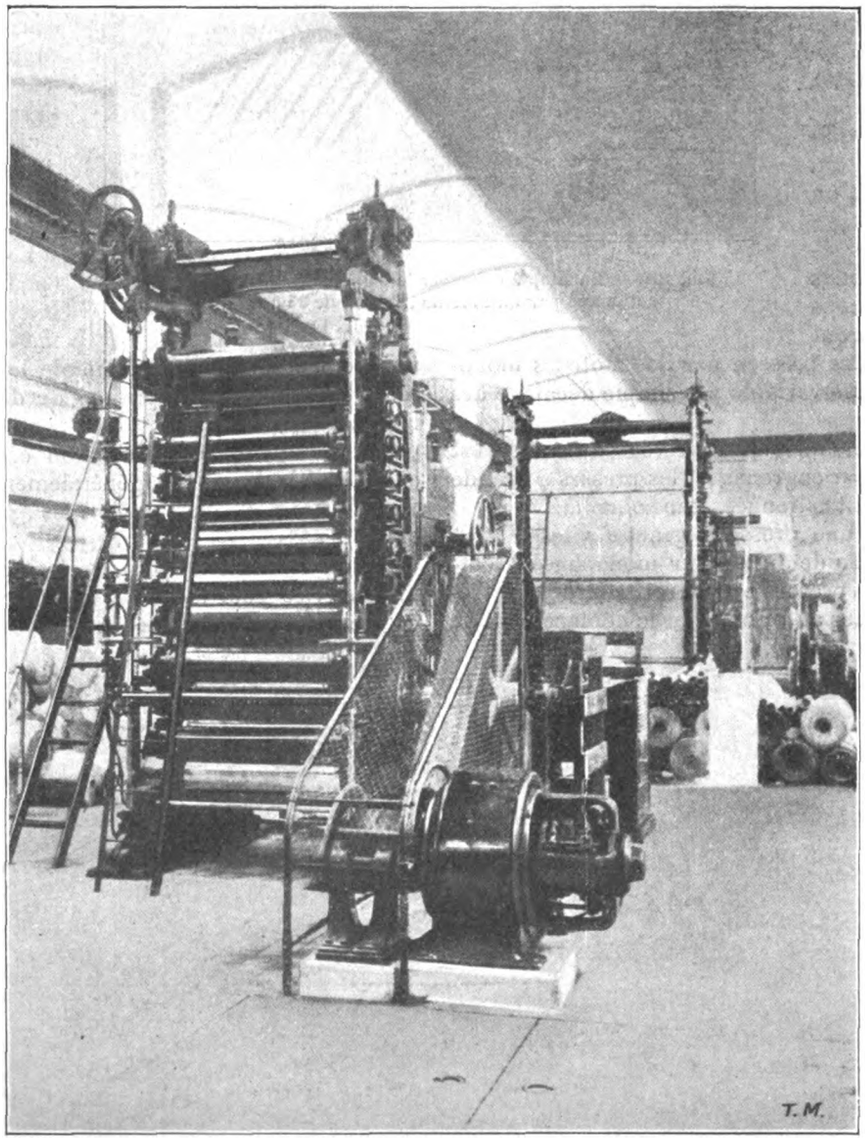


FIG. 188. — Commande d'une calandre à papier par moteur à courant continu de 35 chevaux à vitesse variable de 75 à 900 tours.

Dans l'éventualité de la commande électrique à une installation nouvelle ou à la transformation d'une installation existante, l'examen initial doit porter sur la continuité du service et sur l'économie de production de l'énergie, en procédant à une estimation exacte des dépenses d'installation, de l'élimination partielle des pertes et des frais de main-d'œuvre.

On appréciera plus particulièrement la réduction apportée aux frais d'installation du bâtiment, par suite de la suppression presque totale des organes de transmission, dont l'établissement impose un surcroît de résistance de la charpente, réduction qui peut atteindre jusqu'à 5 0/0 du coût total de la construction.

On observera également que, par un agencement judicieux de la machinerie favorisé par la commande individuelle, il devient possible de faciliter toutes les manutentions d'outil à outil et que, outre la suppression de toute fondation onéreuse, la subdivision de la puissance permet d'assurer l'autonomie de chacune des machines, autrement dit de pratiquer la mise en marche ou l'arrêt du matériel sans nuire au fonctionnement de l'ensemble.

D'ailleurs, l'intérêt de la commande individuelle a déjà été exposé précédemment, et nous rappellerons simplement l'avantage offert par celle-ci, de faciliter la mesure de la puissance absorbée par chaque machine ou chaque groupe de machine, de révéler ainsi le moindre défaut de fonctionnement et de fixer en toute précision la capacité du moteur adéquate à un mécanisme déterminé.

Avant de clore ces généralités, nous ferons remarquer que, toutes les fois qu'une installation du genre de celles qui nous préoccupent, sera établie dans la zone d'influence commerciale d'un grand réseau, il sera le plus souvent reconnu avantageux d'acquérir l'énergie électrique nécessaire aux besoins de cette installation et, à cet égard, nous appellerons l'attention sur

Digitized by Google

les facteurs électriques particulièrement favorables qui caractérisent la fabrique de papier quant à l'obtention d'un prix d'achat d'énergie particulièrement réduit.

Effilocheuses. — Le plus souvent, les effilocheuses sont actionnées hydrauliquement. Cependant, certaines installations comprennent l'entraînement électrique de cette catégorie de machines en les reliant à un arbre moteur affecté à la commande de plusieurs appareils. Cette disposition est particulièrement avantageuse lorsque la source hydraulique est intermittente. Il devient alors économique d'utiliser l'énergie hydraulique en régime normal et d'assurer l'appoint de puissance par le moteur électrique aux époques de basses eaux. L'application de cette disposition est grandement facilitée dans les manufactures utilisant la pulpe de bois, matière susceptible d'être conservée et emmagasinée avant traitement ultérieur.

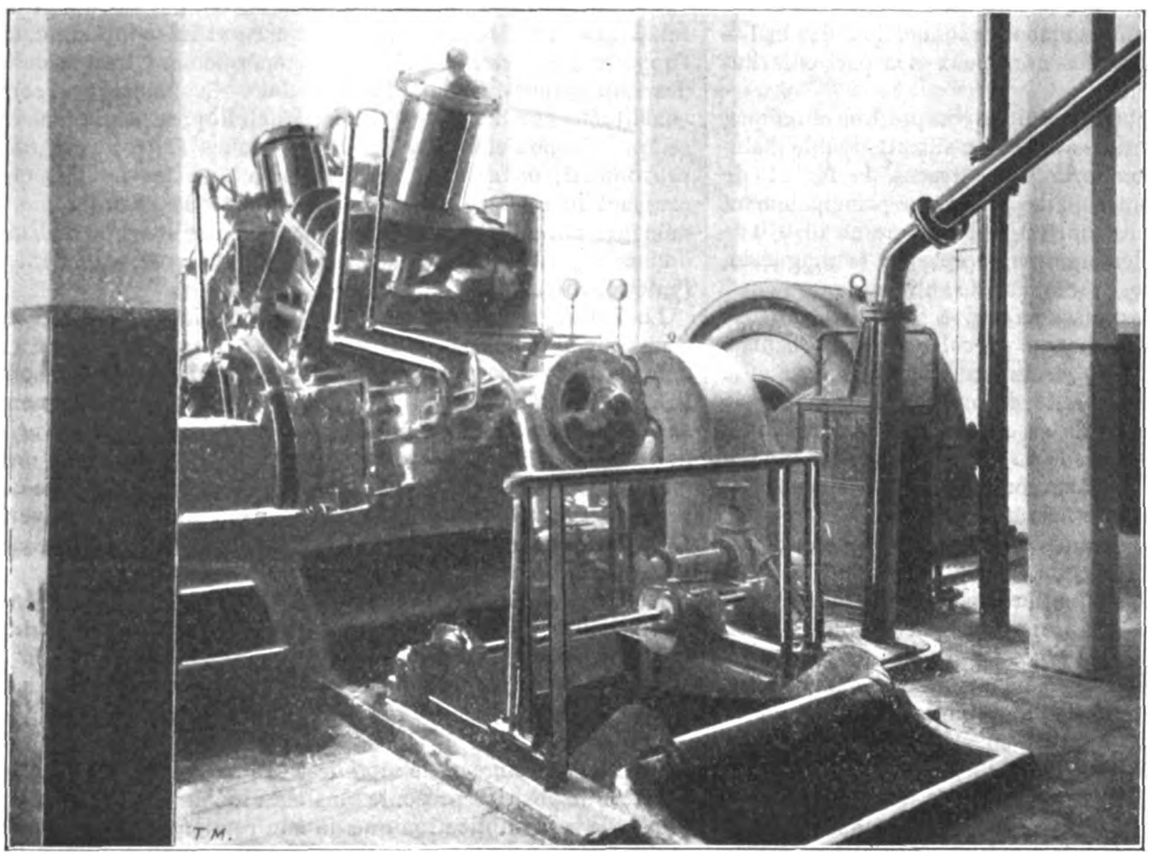


Fig. 189. — Meule à 4 presses à réglage automatique de pression accouplée directement à un moteur triphasé protégé contre les gouttes d'eau.

Choix du courant. — Ce choix résulte principalement du mode de fonctionnement des machines qu'il s'agit d'actionner. Un grand nombre de ces machines travaillant à vitesse constante, l'emploi du moteur d'induction polyphasé trouve une justification évidente. Lorsque, au contraire, il est nécessaire de prévoir de fortes variations de vitesses au cours des opérations de finissage, le moteur à courant continu offrira un contrôle facile et une prompte modification d'allure. Afin de satisfaire à la fois à ces conditions, auxquelles donnent lieu toutes installations de ce genre, il doit être recommandé de faire choix de courants alternatifs et de prévoir un groupe moteur-générateur destiné à l'alimentation des machines à vitesse variable.

Enfin, on ne perdra pas de vue que l'électromoteur adopté devra être construit pour soutenir un service continu susceptible de surcharges, et satisfaire entre de larges écarts de charges, à un rendement élevé, tout en n'exigeant que peu de surveillance et un faible entretien.

A cet égard, on reconnaîtra que le moteur d'induction à cage d'écureuil est susceptible de satisfaire à la plupart des cas. Il offre en outre l'avantage supplémentaire d'éviter l'emploi du collecteur et, par suite, de diminuer considérablement les risques d'incendie dans les locaux chargés de matières inflammables.

Machines à papier « continues » et « calandres ». — La pâte à papier, très fluide en sortant des cuves, est ramenée dans la tête de la machine où elle se débarrasse d'une partie de son eau, de certaines impuretés et prend une consistance suffisante. Cette partie de la machine tourne à vitesse constante.

La pâte passe ensuite sur les presses, sécheurs, refroidisseurs, calandres et bobineurs qui constituent le corps de la machine, et tournent à des vitesses variables, car l'épaisseur du papier fabriqué peut varier, pour un même poids, de 1 à 10.

Il en résulte que la puissance absorbée en charge, est peu supérieure à la puissance en marche à vide et le couple de démarrage, prépondérant.

Ces conditions, difficiles à réaliser avec la vapeur, sont aisément obtenues avec le moteur électrique. Ainsi que nous l'avons dit, le courant continu se prête particulièrement à la réalisation de grandes variations de vitesses. Parmi les solutions envisagées pour obtenir des variations de grande amplitude, nous ne rappellerons que pour mémoire les dispositifs précédemment décrits : variation du courant inducteur du moteur, modification progressive de la tension aux bornes du moteur par l'emploi d'une génératrice à voltage variable.

Une solution que nous avons appliquée en toute satisfaction consiste dans l'introduction d'un groupe survolteur-dévolteur dont le circuit d'excitation est branché séparément sur les barres-omnibus. Quelquefois même, la dynamo dévoltrice est accouplée par manchon-poulie, au moteur commandant par courroie la tête de la machine à papier.

Enfin, un dispositif également recommandable consiste dans

Digitized by Google

l'application d'un système de distribution à 3, 4 ou 5 fils, sur lequel est disposé un coupleur spécial permettant d'appliquer aux bornes du moteur 60, 120, 240 volts, les variations de vitesse intermédiaire étant obtenues par variation du champ.

Fabrique de ciment. — Dans les industries de ce genre, pour lesquelles la matière première comme la main-d'œuvre, interviennent en faible part dans la valeur du produit, l'utilisation rationnelle de la force motrice et la réalisation d'un rendement élevé acquièrent une influence prépondérante dans l'évaluation du prix de revient et justifient le plus souvent le concours de la commande électrique.

Au cours de ces vingt dernières années, la fabrication du ciment a pris un essor considérable. Cependant, à l'heure actuelle, cette fabrication est encore peu connue dans ses détails, de sorte que l'aménagement rationnel de telles installations exige un examen très minutieux des particularités inhérentes à chacune d'elles.

Le ciment Portland est un produit de composition chimique, mal définie généralement, assimilé à un silicate double d'alumine et de calcium comportant des traces de fer et de magnésie. L'analyse montre qu'il est composé principalement de 62 0/0 d'oxyde de calcium, 8 0/0 d'alumine et 20 0/0 de silice. Les 9 0/0 complémentaires représente la magnésie, l'oxyde de fer et quelques traces d'acide sulfurique.

Les matières premières mises en œuvre par cette industrie se composent de chaux (carbonate de calcium) et de schiste argileux ou de scories (silice et alumine) dont le choix et la proportion déterminent la qualité du produit. Le procédé de fabrication basé sur l'emploi de ces éléments est généralement désigné sous le nom de *procédé à sec*, par opposition à celui dans lequel la marne et la glaise constituent les éléments primaires, et qui est dit *procédé humide*.

Quel que soit le cas, la cuisson et le broyage consécutif sont pratiqués de façon analogue.

Dans le procédé à sec, les matières premières sont d'abord broyées, puis mélangées en proportion convenable et enfin séchées et pulvérisées.

Dans le procédé humide, les éléments sont mélangés, puis pulvérisés. Les installations les plus modernes réalisent la cuisson dans des fours rotatifs constitués par de longs cylindres légèrement inclinés sur l'horizontale, garnis de briques réfractaires, et dont les dimensions atteignent jusqu'à 3 mètres de diamètre et 25 à 30 mètres de longueur.

La matière, introduite dans le four, est soumise à un jet de gaz chaud ou à la combustion de charbon finement pulvérisé, qui élève progressivement sa température de 500° C. (entrée) à 1.600-1.700° C. (sortie). Cette haute température a pour effet d'expulser l'humidité, puis de réduire les carbonates en oxydes avec dégagement d'acide carbonique. Le silicate double d'alumine et de calcium, constituant essentiel du ciment, entre en formation dans les parties les plus chaudes du four. A sa sortie, la matière est ramenée à température normale au moyen de tours de refroidissement ou de refroidisseurs rotatifs, puis soumise à la dernière opération de broyage et de pulvérisation.

Afin d'assurer le meilleur rendement et d'améliorer la qualité du produit, il a été reconnu nécessaire de disposer d'une variation de la vitesse de rotation. Cette variation est assurée mécaniquement, ou mieux par l'emploi de moteur à vitesse variable alimenté en courant continu. A cet effet, les installations distribuées en courant alternatif, recommandable dans tous les autres cas, sont complétées d'un groupe moteur-générateur auxiliaire spécialement affecté à cette fonction.

La commande s'effectue par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs de grand rapport, afin de réaliser une faible vitesse de rotation du four (généralement comprise entre 1/2 et 2 tours par minute). On peut admettre que les puissances mises en jeu au cours de cette fabrication sont très sensiblement réparties de la façon suivantes :

Broyage de la matière première	5 à 10 0/0
Pulvérisation	30 à 35 0/0
Rotation des fours	3 0/0
Services auxiliaires (sécheurs, ventilateurs, refroidisseurs et convoyeurs)	15 à 20 0/0

Ainsi, les appareils de mouture sont de beaucoup les plus importants quant à la puissance mécanique qu'ils absorbent.

D'ailleurs, ainsi qu'on sait, ce genre de machines ne travaille efficacement qu'entre des limites de finesse du grain relativement restreintes, de sorte qu'avant introduction dans l'appareil finisseur, la matière est généralement traitée dans des concasseurs ordinaires à boulets. Ces machines sont constituées par de forts cylindres métalliques partiellement remplis de boulets en acier. Des chicanes fixées aux parois provoquent, pendant la rotation, la chute des boulets qui écrasent la matière par le choc. Des trous régulièrement ménagés permettent à la matière suffisamment ténue d'abandonner l'appareil, tandis que les grains plus gros retombent à l'intérieur pour subir un nouveau broyage.

Le finissage est pratiqué dans des cylindres analogues. Toutefois, une garniture lisse et très résistante remplace les chicanes de l'appareil précédent, et aux boulets de fonte sont substitués des galets de pierre dure. Ces cylindres atteignent souvent plusieurs mètres de longueur et leur diamètre varie de 1 mètre à 1m,50. Ils sont supportés par un arbre dont une extrémité creuse sert à l'introduction de la matière. Celle-ci, rendue graduellement plus ténue par son passage à travers l'appareil, se rassemble à l'extrémité opposée où elle est prête pour l'ensachage.

La faible vitesse de ces appareils (20 tours par minute environ) impose l'emploi de réducteurs par engrenage entre l'axe de commande et un arbre intermédiaire tournant à 160 tours, et qui reçoit lui-même son mouvement d'un moteur individuel ou d'un arbre principal affecté à la commande de plusieurs appareils.

Bien qu'elle engage de moindres frais d'installation, cette dernière disposition présente plusieurs inconvénients, tant en raison de sa complication que de son rendement défectueux et des frais d'entretien des courroies et embrayages qu'elle impose.

Quoi qu'il en soit, on retiendra que ces appareils de pulvérisation exigent un couple de démarrage sensiblement supérieur au couple normal. Outre les causes d'accélération imprimés à la masse, cette particularité résulte du fait que les galets, tout d'abord soulevés sans déplacement relatif, par la rotation du cylindre, n'entrent en mouvement qu'après que ce dernier a effectué sur lui-même une portion de tour.

Dans certaines installations, les deux types de broyeurs précédemment décrits sont remplacés par un mécanisme à boulets ou à rouleaux, monté sur axe vertical et entraîné à une vitesse suffisante pour appliquer, par l'effet de la force centrifuge, le système mobile contre une enveloppe en acier. La matière est projetée par un violent courant d'air sur cette paroi et expulsée à travers des trous qui y sont pratiqués, lorsqu'elle a atteint le degré de ténuité désiré.

Ce mécanisme est généralement commandé par pignon d'angle ou par courroie croisée. L'entraînement par courroie et moteur à axe vertical doit être plutôt recommandé. Dans tous les cas, les électromoteurs de commande doivent être

Digitized by Google

spécifiés pour un démarrage particulièrement pénible, qui résulte à la fois de l'accélération des masses et de l'effort de décollage initial.

Les sécheurs et refroidisseurs rotatifs sont constitués par de longs cylindres métalliques tournant à vitesse constante. Ils entrent dans la catégorie des appareils auxiliaires, qui comprennent également les élévateurs et convoyeurs, les ventilateurs, les balances automatiques, etc. Ces appareils n'exigent qu'une puissance réduite, et leur commande, généralement groupée, n'appelle aucune observation particulière.

Le principal danger de la commande électrique réside dans l'effet pernicieux des poussières dégagées dans les ateliers de préparation de cette matière, sur le matériel qui y est exposé (paliers, collecteurs, surfaces de contact des interrupteurs et disjoncteurs, etc.). En ce qui concerne les paliers, il est aisé de les munir de capots protecteurs feutrés, d'efficacité suffisante. De même, l'appareillage doit nécessiter, pour les mêmes raisons, une surveillance et un entretien fréquents. Pour le collecteur des machines à courant continu, au contraire, l'emploi de matériel hermétique ne constitue qu'une protection assez précaire, et c'est pour cette raison qu'il convient, dans la majorité des cas, de préférer la commande par courants alternatifs.

On notera enfin tout particulièrement que les électromoteurs utilisés dans cette industrie doivent être spécifiés par un fort couple de démarrage, condition qui sera aisément réalisée avec la distribution en courant continu, par le choix de moteurs compound, et avec la distribution en courants alternatifs, par le choix de moteurs d'induction polyphasés à cage résistante. Cette dernière catégorie d'électromoteurs, malgré ses qualités de robustesse et de simplicité, présente cependant le défaut d'absorber au démarrage un fort courant qui peut nuire au bon fonctionnement du réseau d'alimentation. On atténuera alors cet inconvénient par l'emploi de compensateurs de démarrage.

En ce qui concerne les détails de la distribution, on notera que la tension de 250 volts est recommandable pour les courants continus. Avec les courants alternatifs, on préférera, par mesure d'économie, les tensions classiques de 440 ou 550 volts et, si possible, une fréquence de 25 périodes, afin de faciliter le choix d'électromoteurs à vitesse lente.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

APPLICATIONS DU MOTEUR ÉLECTRIQUE A DIVERSES INDUSTRIES

Menuiserie. — La spécialisation à laquelle a donné lieu la construction des machines à travailler le bois, ne pouvait manquer de provoquer l'examen des divers facteurs dont participe la dépense d'énergie dans ce cas spécial.

Du type de moteur adopté dépend en effet, le pourcentage de puissance initiale effectivement appliquée à la machine, l'encombrement, la vitesse de travail et le coût d'installation. Comme précédemment, l'énergie électrique permet de satisfaire avantageusement à l'obtention d'un rendement optime (*fig.* 190).

A titre documentaire, nous rappellerons l'exemple particulièrement probant d'un atelier mû par la vapeur et pour lequel les essais révélèrent une puissance maximum de 20 che-

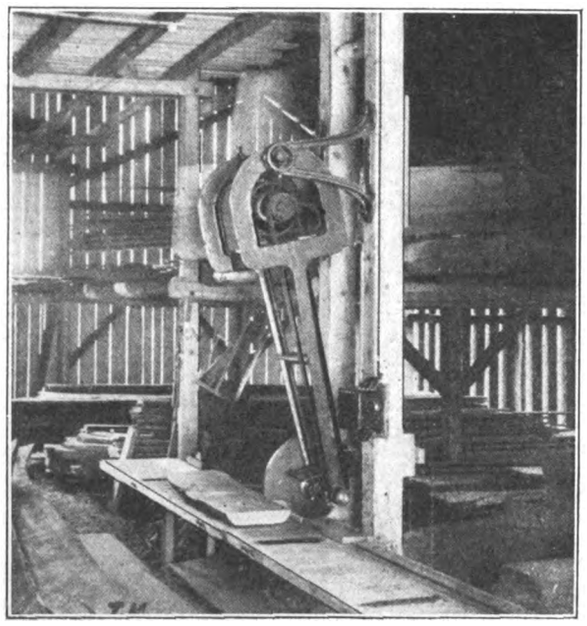


Fig. 190. — Scie à balancier commandée par un moteur triphasé de 1 cheval.

vaux, une puissance moyenne de 8,8 chevaux et une puissance utile de 3,3 chevaux : la différence, soit 5,5 chevaux, étant dissipée en frottements dans les transmissions. Le rapprochement de la dépense de combustible pendant la journée d'essais, à la dépense annuelle, permit de constater que la puissance moyenne utilisée dans le cours d'une année était d'environ 7,96 chevaux, déduction faite de la perte de 5,5 chevaux dans la transmission. Le calcul de la consommation d'énergie électrique annuelle à partir de ces bases conduisait à une dépense totale (y compris l'huile de graissage) de 3.515 francs, tandis que la dépense annuelle relative à la machine à vapeur s'élevait, d'après la moyenne des deux dernières années, à 6.351 francs.

Sur ces conclusions encourageantes, la substitution de l'énergie électrique à la machine à vapeur fut décidée. L'ensemble de l'installation imopsa une dépense de 6.095 francs, dont 5.400 francs pour les 8 moteurs de 3 à 7,5 chevaux installés et 695 francs pour les canalisations, dont 155 francs de main-d'œuvre.

L'économie réalisée en fin de première année de fonctionnement par l'électricité, fut notablement supérieure aux prévisions. La dépense annuelle d'énergie s'éleva en effet à la somme de 2.095 francs. Toutefois, si l'on tient compte que l'atelier ne travailla à pleine charge que pendant environ un mois, au cours duquel la consommation fut de 275 francs, il est aisé d'en conclure que pour un fonctionnement continu à pleine charge, la dépense annuelle d'électricité eut atteint 3.300 francs; nombre qui confirme bien les prévisions. L'économie assurée par la transformation atteint donc 50 0/0 des dépenses antérieures de force motrice et ceci pour un fonctionnement *continu à pleine charge:* éventualité qui n'était pas réalisée à l'époque où l'atelier était entraîné par machine à vapeur.

Nous avons suffisamment insisté dans les pages qui précèdent, sur les avantages respectifs de la commande par groupe et de la commande individuelle et sur l'opinion qui a prévalu en faveur de cette dernière, quant à la réalisation d'un rendement élevé tant sur l'équipement du moteur que sur la machine elle-même. Cette considération devient particulièrement importante, dans le cas de travaux intermittents pour lesquels la consommation d'énergie est strictement limitée aux époques de fonctionnement de la machine. Accessoirement, l'emploi d'enregistreurs permettra de déterminer l'importance du courant absorbé par chaque machine et de déceler ainsi très rapidement la moindre anomalie de montage ou de fonctionnement.

De même, lorsque l'énergie électrique est produite par une station isolée, la capacité du matériel générateur, aussi bien que le facteur de puissance des installations à courants alternatifs, seront également affectés par le choix du type de commande et l'entraînement individuel offre encore à cet égard des avantages remarquables.

Il est peu d'industries où le moteurs électrique ait été plus heureusement appliqué que dans les ateliers de menuiserie. Cette particularité résulte du fait que la plupart des machines à bois par leur fonctionnement à des vitesses relativement élevées, se prêtent à une application très économique du moteur électrique, par entraînement direct de l'outil (*fig.* 191).

On notera que la détermination rationnelle d'un moteur destiné au travail du bois, exige une entente étroite entre le constructeur de la machine, l'électricien et l'exploitant, afin de constituer un ensemble parfaitement homogène.

Dans le but de réaliser les hautes vitesses nécessaires aux applications de la commande individuelle aux machines à bois, on prévoit fréquemment en pratique l'emploi de courtes courroies entre la poulie du moteur et l'arbre conducteur de la machine. Autant que possible, il conviendra cependant, de

Digitized by Google

donner la préférence aux électromoteurs entraînant directement l'arbre conducteur.

Les travaux effectués par les machines à bois exigeant, le plus généralement, une vitesse constante, le moteur d'induction polyphasé trouve encore dans ce genre d'utilisation une application particulièrement judicieuse. Ainsi que nous avons eu l'occasion de le signaler déjà, il présente l'avantage d'éliminer toute chance d'incendie par l'absence de collecteur et rend inutile tout dispositif de protection hermétique.

D'ailleurs, l'intérêt des moteurs à grande vitesse ne réside pas simplement dans la réalisation de rendements élevés, mais aussi et principalement dans l'économie de la dépense initiale d'installation, puisque à une allure plus élevée, correspond une diminution d'encombrement de poids et de prix.

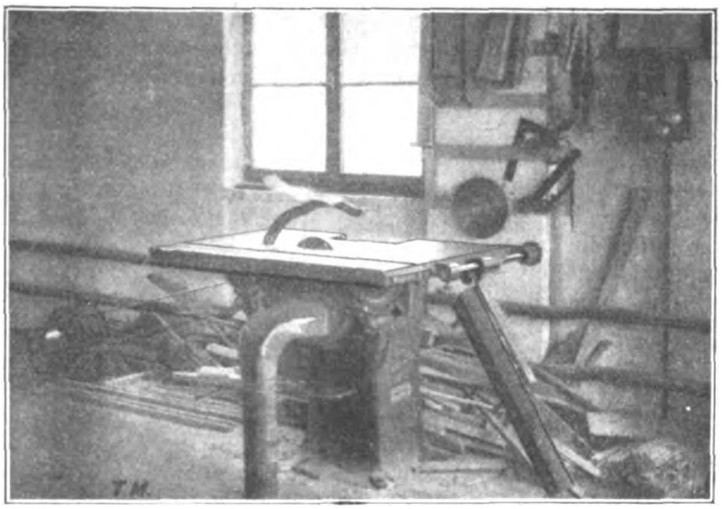


FIG. 191. — Scie circulaire commandée par un moteur triphasé de 3 chevaux.

A titre d'exemple, nous signalerons les installations américaines de Heywood brother Wakefield Cº Ltd qui représentent la plus importante fabrique de chaises du monde. Ces ateliers sont alimentés en courant triphasé à 600 volts, 60 périodes. Ils sont pourvus à la fois de la commande par groupe et de commande individuelle, par électromoteurs d'induction de puissances comprises entre 1/2 cheval et 35 chevaux, sous des vitesses variant de 540 à 3.600 tours.

Le faible poids de ces moteurs à grande vitesse facilite dans la plupart des cas, un accouplement direct sur la machine elle-même. Toutefois, la multiplicité des types de machines employées, a conduit à des dispositifs de commandes très divers que l'on peut cependant faire entrer dans l'une des catégories suivantes ;

Ont ils directement clavetés sur l'arbre du moteur :

Arbre entraînant un groupe de machines et relié par courroie à l'arbre du moteur ;

Arbre entraînant un groupe de machines et relié par engrenage à l'arbre des moteur ;

Arbre de commande de la machine directement couplé à l'arbre du moteur ;

Arbre de commande de la machine relié par courroie à l'arbre du moteur. ·

Lingerie. — Blanchisserie. — Les machines employées dans les ateliers de lingerie absorbent peu d'énergie, mais la propreté, la régularité, la simplicité d'installation offertes par l'emploi de l'électricité deviennent, dans cette industrie, des facteurs prépondérants par rapport au coût de la force motrice, d'autant que celui-ci n'intervient que pour une faible part dans la valeur des marchandises manufacturées.

L'installation américaine que nous décrivons ci-après est considérée, à juste titre comme la plus importante manufacture de cols et chemises du monde. La salle des machines qui sert à la génération de l'énergie électrique nécessaire à la consommation des moteurs et de l'éclairage, comporte un turbo-alternateur de 500 kilowatts, 3.600 tours 60 périodes, servant de réserve à un groupe électrogène de 450 kilowatts, également actionné par la vapeur. Une unité supplémentaire de 75 kilowatts, assure le fonctionnement des services auxiliaires, pendant les périodes de repos de l'usine. La tension triphasée distribuée, a été fixée à 220 volts pour la force motrice et 127 volts pour l'éclairage relié à un quatrième fil issu du point neutre des alternateurs bobinés en étoile.

Dans le but de réduire au minimum la longueur des circuits de distribution, les canalisations de liaison entre ateliers ont été disposées à l'extérieur du bâtiment. Au total 144 moteurs, la plupart inférieurs à 10 chevaux, y sont rattachés, représentant une puissance accumulée de 662 chevaux. Sauf les gros moteurs de la blanchisserie qui sont pourvus de résistances de démarrage et quelques moteurs d'élévateurs, la plupart de ces machines sont du type à cage d'écureuil, particulièrement précieux par sa vitesse constante et l'absence de tout contact glissant.

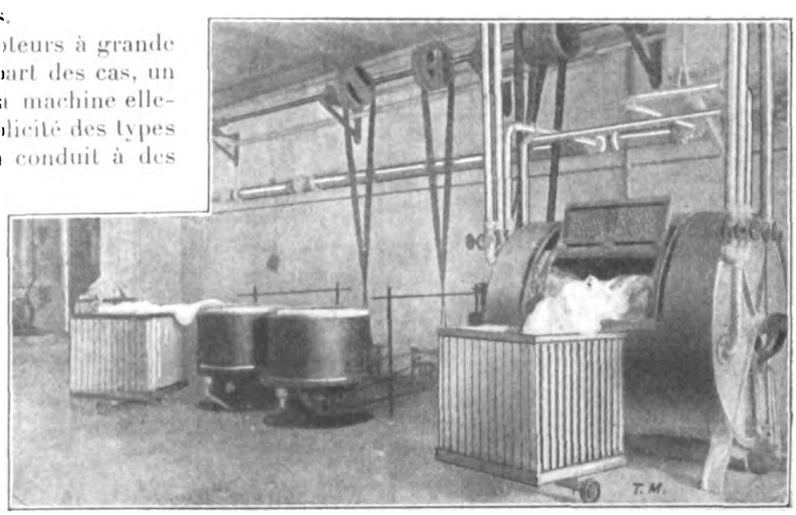


FIG. 192. — Machine à laver actionnée électriquement.

Le tissu parfaitement sec, est tout d'abord transporté dans l'atelier de *coupe*. Les machines employées au découpage des cols sont constituées par de larges presses, à l'intérieur desquelles des lames d'acier de dimension et de forme appropriées permettent de rogner le tissu sur de grandes épaisseurs. Sept de ces machines divisées en deux groupes, sont actionnées par des moteurs de 5 chevaux suspendus au plafond de l'atelier. De lourds volants calés sur chacune des machines régularisent l'intermittence de la charge.

La coupe des chemises est pratiquée au moyen d'une ma-

Digitized by Google

chine spéciale, composée d'un couteau mobile dirigé à la main et actionné par moteur. Cette machine permet de couper simultanément et identiquement 175 épaisseurs de tissu. L'opérateur est guidé dans son travail, par un « patron » appliqué sur la liasse à découper.

Les pièces complémentaires, nécessaires à la confection des cols et chemises, sont taillées à la main et transportées ensuite aux ateliers de *couture*. Ceux-ci sont actionnés par des moteurs de 3 chevaux entraînant respectivement un arbre longitudinal fixé à de longues tables sur lesquelles sont disposées les 25 machines à coudre qu'il sert à actionner par l'intermédiaire de poulies et d'embrayages à friction.

L'atelier de couture affecté à l'exécution des cols et des boutonnières, présente une disposition analogue et, bien que cette dernière opération diffère des précédentes, la puissance requise est sensiblement la même. Vingt-cinq moteurs de 2 à 3 chevaux sont ainsi employés à conduire les 1.200 machines à coudre de différents modèles installés dans les ateliers de couture.

Après achèvement et vérification, les marchandises sont transportées à l'atelier de *marquage* où elles reçoivent l'impression de leur numéro de série, de la mesure, etc... Les machines à imprimer employées à cet effet, sont divisées en groupe de seize, entraînées respectivement par des moteurs de 2 chevaux.

Comparée à la précédente, la machinerie installée dans les ateliers de *blanchisserie*, exige une distribution d'énergie sensiblement plus importante. Un moteur de 75 chevaux est affecté à l'entraînement des machines à laver et des essoreuses pour cols. Un moteur de 50 chevaux actionne des machines semblables, destinées au blanchissage des chemises. Ces deux moteurs sont pourvus de résistances intérieures destinées à limiter le courant absorbé par le démarrage à vide des transmissions.

L'atelier d'*empesage* comprend treize machines conduites par deux moteurs de 1 cheval et 1 cheval 1/2. Après cette préparation, la lingerie est séchée, puis humectée. Des calandres destinées à cet emploi, sont divisées en groupes de six machines actionnées respectivement par des moteurs de 3 chevaux.

Le *repassage* et le *glaçage* des cols sont entièrement pratiqués à la machine (moteurs d'entraînement : 3/4 de cheval, 1.800 tours), tandis que pour les chemises, ces mêmes opérations sont effectuées à la main, exception faite des manchettes cols et plastrons qui sont glacés mécaniquement.

Après nouvel examen, les marchandises sont dirigées vers les services d'empaquetage et d'expédition. La première de ces opérations, de même que l'étiquetage, sont exécutées à l'aide de machines actionnées par un moteur de 3 chevaux et capables de confectionner jusqu'à 9.000 boîtes par jour.

Enfin, les élévateurs du service de manutention sont entraînés par dix moteurs, dont la puissance totalisée atteint 88 chevaux et parmi lesquels deux seulement d'entre eux sont munis de bagues.

De même, l'aération absorbe 70 chevaux de moteurs divers employés à la conduite de ventilateurs aspirants.

Enfin, un appareil de nettoyage par le vide, auquel est affecté un moteur de 20 chevaux à 1.200 tours, est utilisé à l'enlèvement des poussières inflammables. On trouvera dans le tableau ci-après la liste récapitulative des moteurs employés, de leur puissance totale et de leur affectation.

Affectation des moteurs	Nombre	Puissance totalisée
Couture	55	163 Chx
Machines à laver	2	125
Blanchissage	22	35 1/4
Coupe	5	18
Machines à imprimer sur tissu	3	6
Élévateurs	10	88
Fabrication des boîtes d'emballage	7	26
Ventilation	19	71 1/2
Menuiserie	4	31
Atelier de réparation	4	16
Divers	13	82 1/2

Digitized by Google

CHAPITRE IX

LES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ A L'AGRICULTURE

Les récents progrès accomplis dans le domaine de l'agriculture, aussi bien que le développement continu des grands réseaux de transport de force, inspirent tout naturellement l'idée d'un rapprochement industriel également profitable aux fins de ces entreprises.

Il est hors de doute que les années qui vont suivre, seront témoins de l'abandon généralisé des méthodes empiriques dont la pratique a prévalu jusqu'ici, et de la substitution à ces dernières de nouveaux principes scientifiques dont on a reconnu déjà l'efficacité (alternance des moissons, sélections des engrais et des semences, etc.).

Devant le spectacle de cette évolution, l'agriculteur n'a pu rester indifférent et, faisant crédit aux théories nouvelles, il n'a pas hésité fréquemment à se risquer pécuniairement dans l'application de certains procédés qui, pour des causes diverses, ne répondirent pas toujours aux résultats espérés. On peut se demander pourquoi tant d'initiatives dépensées aussi libéralement ne se retrouvèrent pas à l'occasion d'un problème non moins important : l'adaptation de l'énergie électrique à la force motrice nécessaire aux besoins des travaux agricoles. Les industries les plus diverses sont cependant l'exemple le plus probant, du profit considérable qu'on est en droit d'en attendre et si l'ignorance de l'électricien pour les choses de l'agriculture n'a d'égale que celle de l'agriculteur pour les choses de l'électricité, si notre expérience ne peut encore se prévaloir du concours des chiffres, pour démontrer la supériorité économique de l'énergie électrique sur l'énergie humaine, dans les travaux journaliers de la ferme, nous pouvons au moins rappeler que, dans tous les autres modes de l'activité humaine, la puissance animale a été remplacée par la puissance mécanique au grand profit des innovateurs.

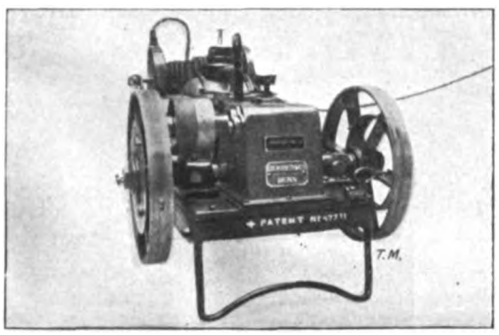


Fig. 193. — Moteur transportable pour l'agriculture.

D'ailleurs, les facteurs économiques qui ont pu, pendant longtemps, constituer l'un des obstacles les plus importants au développement de l'électricité en agriculture, sont devenus, depuis la création des grosses stations centrales et l'établissement des lignes de transport de force à longue distance, tout à fait accessibles à la déduction d'un faible prix de l'énergie.

Les dispositions adoptées pour l'agencement des électromoteurs destinés à l'entraînement des engins agricoles, varient naturellement avec les circonstances locales. On reconnaîtra cependant que les opérations intermittentes de la ferme justifieront, dans la plupart des cas, le choix de petits moteurs transportables.

Ce moteur transportable offre de sérieux avantages, car les machines à actionner sont souvent disposés dans des locaux différents et quelquefois même placées en plein champ. L'entraînement de ces machines par un moteur fixe nécessiterait des transmissions très onéreuses et le rendement de l'installation serait défectueux. Ces inconvénients sont évités en totalité ou en partie par l'emploi des moteurs transportables.

L'électromoteur, ainsi que les accessoires nécessaires, tels que boîte de démarrage et connexion, sont alors fixés sur un châssis transportable (*fig.* 193).

Un tel dispositif peut servir à actionner directement les machines à grande vitesse telles que les scies, batteuses, pompes centrifuges, etc. Au contraire, les engins à marche lente exigeront une transmission intermédiaire.

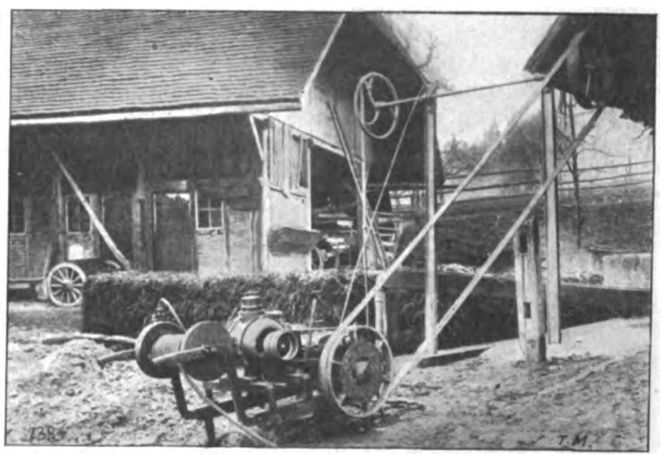


Fig. 194. — Pompe à purin actionnée par moteur transportable.

On livre couramment sur châssis des moteurs biphasés et triphasés de 1/2 à 6 chevaux et monophasés de 1/4 à 3 chevaux avec rotor en court-circuit.

Le châssis transportable est monté sur deux roues latérales ; le moteur est placé directement sur deux supports fixés au châssis (*fig.* 193) ; sur l'arbre du moteur sont fixées deux poulies double largeur dont l'une sert à l'attaque directe par courroie des machines à grande vitesse et l'autre sert à actionner également par courroie la poulie fixe ou folle d'un réducteur solidaire du châssis.

Les roues, d'un diamètre de 500 millimètres, présentent la particularité suivante : les jantes prévues de 60 millimètres de largeur sont construites de telle façon qu'elles peuvent être également employées comme poulies, grâce à des patins oscillants, qui permettent de les libérer du poids du châssis. Un système de couplage très simple permet de solidariser une seule ou les deux roues avec les deux arbres d'un réducteur placé dans l'axe du châssis et d'obtenir ainsi plusieurs vitesses.

Digitized by Google

Un dispositif de ce genre permet de faire tourner l'une des roues à 200 tours par exemple, alors que l'autre tourne à 50. Une troisième poulie, d'environ 300 millimètres, de diamètre, est placée sur le côté de la roue à 200 tours, de façon à pouvoir obtenir une nouvelle vitesse. Ainsi que l'indique l'expérience, ces diverses vitesses sont suffisantes pour permettre d'actionner les différentes machines d'une installation agricole, machines à couper le foin et les betteraves, machines à battre le blé, scies, etc. (*fig.* 194-195). Pour permettre d'actionner d'autres types de machines, la roue à 50 tours est pourvue d'une manivelle permettant de commander des machines à mouvement alternatif, telles que pompe à piston pour purin, scie, etc.

Fig. 195. — Machine à battre actionnée par moteur transportable (système Brown-Boveri).

Le mouvement alternatif de la bielle est réglable de 200 à 600 millimètres, ce qui répond bien aux limites données pour les pompes à piston, construites actuellement.

Enfin, on peut fixer sur la même poulie un tambour pouvant servir à soulever les gerbes, à les lier, etc.

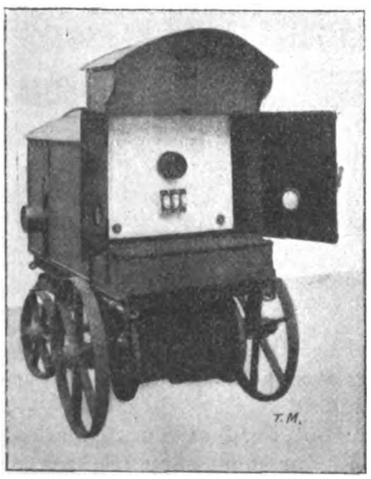


Fig. 196. — Wagon pour moteur de puissance supérieure à 6 chevaux.

Les systèmes de réduction et de couplage sont enfermés dans une sorte de boîte pleine d'huile, protégée et graissée automatiquement.

L'énergie dépensée à vide par la machine est très faible et atteint environ 150 watts, soit, sensiblement le quart de l'énergie absorbée par une transmission ordinaire, fonctionnant dans les mêmes conditions de transformation et de vitesse.

Cette faible énergie consommée est particulièrement intéressante sur les réseaux où l'énergie est vendue au compteur.

Le moteur transportable possède en outre un tambour enrouleur avec câble flexible de 20 mètres de longueur. Ce câble comprend quatre fils (dont un sert pour la mise à la terre) et les prises de courant au moyen desquelles le moteur peut être connecté à une source d'énergie placée au voisinage du lieu d'utilisation.

Les moteurs de puissance supérieure à 6 ch. et à rotor en court-circuit sont placés de préférence sur un châssis à quatre roues, ainsi que l'indique la figure 196.

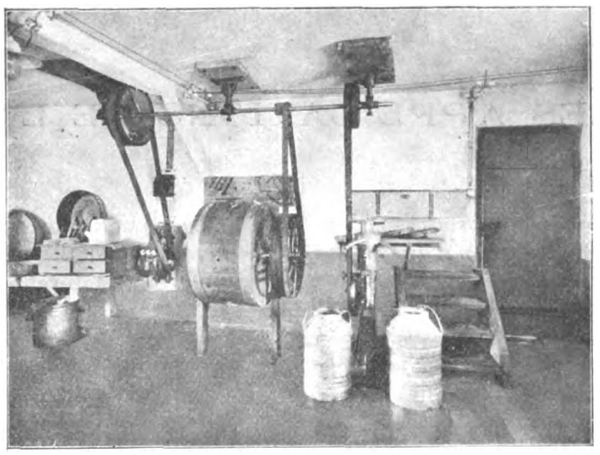


Fig. 197. — Moteur électrique commandant une baratte (construction Oerlikon).

Les véhicules peuvent être pourvus de moteurs de 20 ch., destinés principalement aux grandes installations agricoles.

Les figures 194 à 196 donnent quelques applications de ce modèle de moteur transportable.

De même que précédemment, le moteur d'induction polyphasé s'impose dans les applications agricoles, non seulement par sa robustesse et sa simplicité, mais aussi par la sécurité qui résulte de l'absence de collecteur, au cours de son fonctionnement dans les locaux chargés de poussières ou de matières inflammables (moulins, granges, greniers à foin ou à paille, etc.).

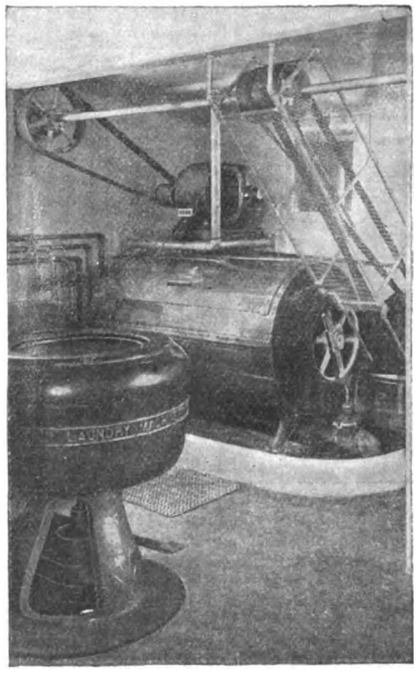


Fig. 198. — Baratte et écrémeuse électrique.

Si, cependant, pour des raisons de distribution, le moteur à courant continu devait être employé, il serait prévu d'un type hermétique, à moins d'agencement dans un local isolé.

La propreté offerte par la mise en œuvre du moteur électrique justifie l'application de ce dernier aux opérations mécaniques de la laiterie (conservation du lait par le vide, écrémage, barattage, etc.).

Les crasses du bétail ayant été reconnues susceptibles de favoriser la contamination du lait et pour le moins de nuire à sa bonne conservation, certaines fermes modèles utilisent le

Digitized by Google

vide, au nettoyage des animaux par la méthode du *vacuum cleaner*, bien connue aujourd'hui dans un genre différent d'application. Un petit groupe moteur-pompe trouvera, à cet effet, une application judicieuse.

Les barattes de faible capacité sont généralement commandées directement par moteur. Avec les appareils de forte capacité, la commande s'effectue par courroie, et le moteur sert à la fois à l'entraînement d'une petite pompe à force centrifuge destinée à l'épuisement de la baratte en fin d'opération.

En général, le matériel de beurrerie n'exige qu'une très faible puissance d'entraînement, de sorte que les moteurs qui y sont affectés peuvent être branchés sans inconvénient sur les circuits d'éclairage. La commande par groupe restera néanmoins applicable dans tous les cas où la machinerie sera suffisamment groupée.

Un facteur également important pour les besoins de la ferme, consiste dans la production et l'utilisation de la glace. La glace naturelle employée dans les réfrigérants, présente plusieurs inconvénients importants : le gaspillage, la présence d'une grande quantité d'eau liquide, l'impossibilité de régler la température, sans compter les frais de main-d'œuvre et les pertes de temps inhérents au débit et au magasinage, aussi bien que le manque fréquent de pureté : tous inconvénients que supprime la fabrication de la glace artificielle en partant de l'eau potable.

Les avantages multiples qui découlent de la production du froid à la ferme rendent indiscutable, l'acquisition de machines à glace ou de réfrigérants, d'installation facile et de contrôle rigoureux.

Le moteur électrique constitue à cet égard l'auxiliaire le plus précieux, d'autant que sa manœuvre peut être rendue automatique au moyen d'un thermostat placé dans la chambre de réfrigération. Les pompes sont ainsi mises automatiquement en service ou hors service, suivant les fluctuations de la température.

Nous ne signalerons que pour mémoire l'emploi de l'électricité dans l'atelier de réparation affecté aux travaux d'entretien du matériel de la ferme.

Bien que peu répandu jusqu'à ce jour, le *labourage électrique* a cependant fait l'objet, tant en Europe qu'en Amérique, de nombreux essais. En Allemagne notamment, bon nombre d'installations de labourage par l'électricité, ont montré le parti fructueux qu'il était possible de tirer de cette innovation et, bien que le labourage à vapeur présente à cet égard l'avantage de l'automobilité, il est cependant possible d'envisager une époque à laquelle cet avantage, d'ailleurs peu important, ne constituera plus une infériorité à l'actif du système électrique qui retrouve sa supériorité dans l'économie des frais d'achat et d'exploitation.

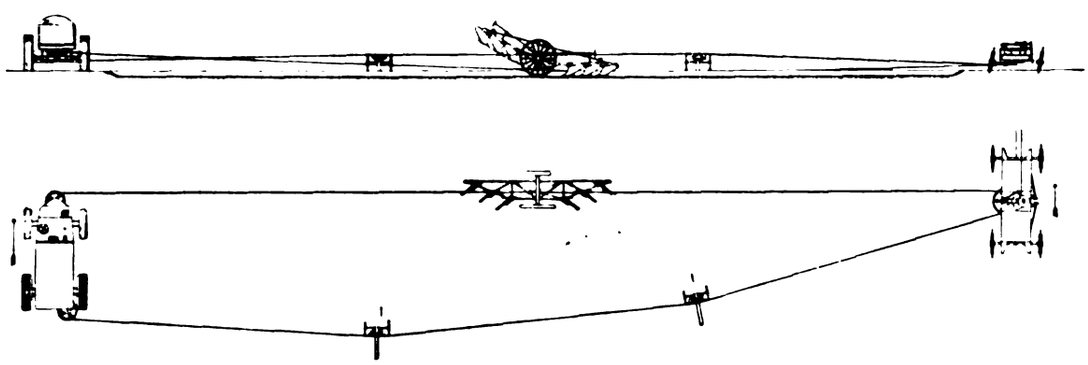


Fig. 199. — Schéma figurant la disposition d'un labourage électrique.

D'ailleurs, il convient de remarquer que le matériel mis en œuvre présente, par rapport au matériel à vapeur, non seulement un poids moitié moindre, mais qu'il offre en plaine et sur route une maniabilité de transport infiniment plus aisée, tout en évitant les chargements de combustibles et d'eau d'alimentation, la sujétion, les frais de conduite et les risques inhérents aux générateurs de vapeur placés en terrain accidenté.

Le matériel de labourage électrique comprend élémentairement trois parties : la *charrue* proprement dite, le *treuil* sur lequel sont disposés le moteur, un tambour pour le câble de tension et le controller, et enfin le *chariot de renvoi*.

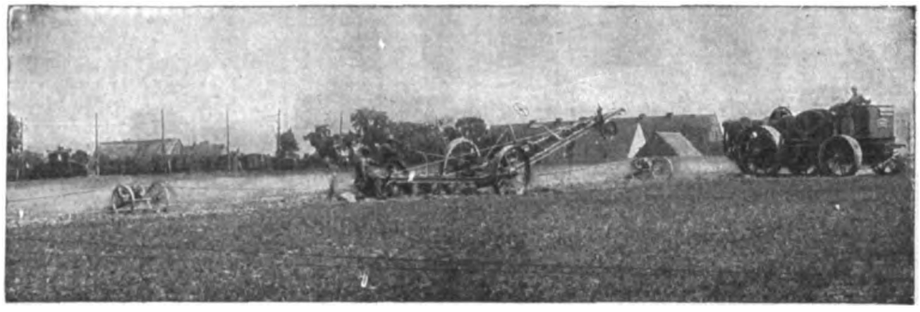


Fig. 200. — Vue d'une installation d'un labourage électrique.

La charrue est double : suivant qu'elle est basculée dans un sens ou dans l'autre, autour de son axe constitué par l'essieu, elle est susceptible de travailler dans l'une ou l'autre des directions de son déplacement. Celui-ci est produit par un câble sans fin enroulé, d'une part, sur le treuil et, d'autre part, sur la poulie à gorge du chariot de renvoi.

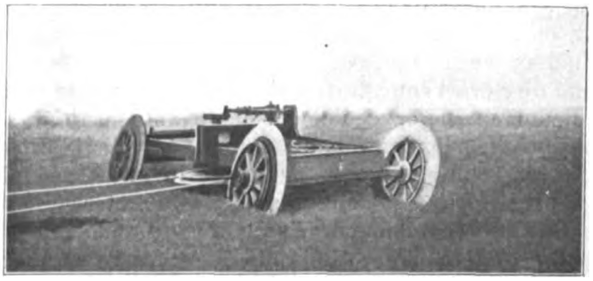


Fig. 201. — Chariot de renvoi utilisé pour le labourage par l'électricité.

Digitized by Google

De légers chariots soulèvent le brin de retour du câble pour l'empêcher de traîner à terre.

La conduite de l'ensemble n'exige que deux ouvriers, l'un se tenant au treuil et l'autre à la charrue. La puissance des électromoteurs construits jusqu'ici pour cet emploi varie de 80 à 120 chevaux; le poids du véhicule moteur atteint, suivant les cas, de 8 à 13 tonnes, et celui du chariot de renvoi ne dépasse pas 2 à 3 tonnes, suivant la nature du sol et la capacité du moteur.

On observera sur la figure 200 la disposition adoptée pour assurer la stabilité de ce chariot, au moyen d'une frette tranchante en acier fixée aux roues dont le plan a été, dans ce but, incliné sur la verticale.

Avant de clore l'énumération de ces diverses applications, il y a lieu d'envisager également les avantages offerts par l'électricité dans les travaux de drainage et d'irrigation, en raison de la facile adaptation, de la sécurité et de la souplesse du moteur électrique pour la commande du matériel de pompage. Le plus généralement, le moteur est directement attelé à la pompe. Toutefois, lorsque celle-ci est destinée à ne fonctionner que par intermittences, l'emploi d'un moteur transportable à entraînement par courroie, tel que ceux précédemment décrits, devient sensiblement plus économique. De même, il ne paraîtra pas inutile de rappeler, à l'occasion des élévations d'eau à la ferme, la supériorité incontestable que présente le moteur électrique sur le moulin à ailettes, tant au point de vue de l'économie d'installation que du rendement et de l'automaticité de remplissage du réservoir par flotteur et contacts.

Pour terminer la description des applications de l'électricité à l'agriculture, nous tenons à signaler une application heureuse qui vient d'en être faite à la distribution de l'eau sous pression à la campagne, au moyen de la poulie-pompe système Dispot. Cette pompe appartient au système rotatif à palettes. Toutefois ici les palettes se déplacent automatiquement pour assurer le refoulement continu du liquide.

A cet effet une poulie P est calée sur un arbre que fait mou-

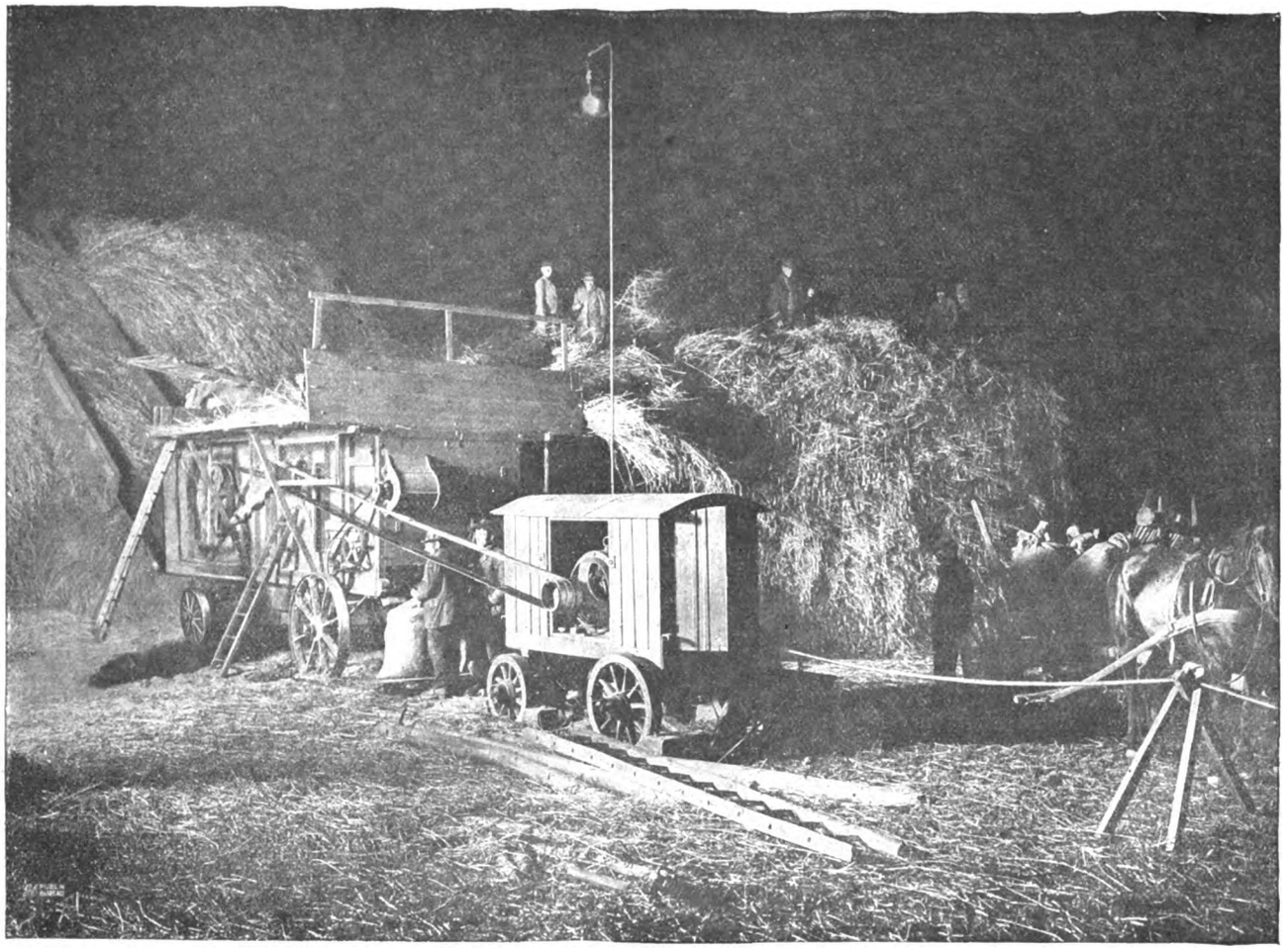


Fig. 202. — Batteuse actionnée électriquement pendant la nuit par moteur transportable.

voir un petit moteur électrique. Cette poulie tourne concentriquement dans une enveloppe circulaire A munie d'un tube d'entrée E et d'une tubulure de sortie S (*fig.* 203). Deux palettes 1 et 2 logées dans cette poulie et disposées diamétralement à angle droit peuvent se déplacer librement dans leur logement, leur course étant limitée à la largeur de l'encoche nécessitée par le croisement. L'enveloppe présente autour de la poulie un espace annulaire d'épaisseur *e* qui sert de passage à l'eau et est interrompu entre les deux tubulures sur le parcours d'un arc de 90°. La rotation ayant lieu dans le sens de la flèche, si l'on considère le volume *bghk* compris entre les parois, la surface de la poulie et les deux palettes, il est facile d'observer que ce volume de liquide est capté à l'arrivée, déplacé et transporté au refoulement par un mouvement de rotation uniforme sans que son volume change.

Le liquide ne subit aucun brassage, son mouvement est continu et uniforme, sans arrêts ni à-coups, et il n'est pas soumis

Digitized by Google

comme dans les pompes à piston à des vitesses variables, ni chassé dans des orifices de sections brusquement différentes. Cette poulie-pompe ne donne pas lieu à des pertes de charge supérieures à celles d'une conduite de section constante où se déplacerait un liquide ne rencontrant comme résistance que son seul frottement contre les parois de la conduite. Le jeu des palettes sert seulement à créer un isolement entre l'aspiration et le refoulement pour le transport du liquide. Leur mouvement est assuré automatiquement, sans aucun ressort ni guidage, elles sont entièrement libres dans leur logement.

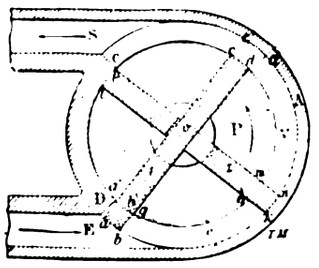


Fig. 203. — Coupe de la pompe Hamm système Dispot.

On remarquera que, dans le secteur COD, la position de la palette n° 1 est déterminée, puisque sa longueur est égale au diamètre de la poulie augmentée de la largeur *e*.

Si, lorsqu'elle arrive en *a'b'c'd'*, nous considérons la face *c'd'* de la palette, cette surface est soumise à la pression du refoulement et la face *a'b'* à la pression de l'aspiration. C'est donc une sorte de petit piston *a'b'c'd'*, qui se déplacera sous l'effort auquel il est soumis dès qu'il sera dégagé du secteur CD, et il prendra la position *abcd*, le volume V étant en communication avec le refoulement.

Si la pompe tourne en sens opposé, les pressions sont inversées et la palette est appliquée en sens contraire contre la paroi de l'enveloppe. On voit ainsi que cette pompe est instantanément réversible. Pour le cas où l'appareil doit démarrer sous charge, il est prévu une rampe de guidage qui n'est nécessaire que pour le départ jusqu'au mement où le mouvement de la pompe a déterminé une différence de pression entre les tubulures E et S.

Cette pompe qui ne présente aucun organe délicat, peut tourner à de très grandes vitesses; elle ne comporte que trois pièces mobiles ; la poulie est en bronze et parfaitement équilibrée ; les palettes sont en ébonite et, se trouvant immergées dans l'eau, leur masse est à peu près nulle.

Sa consommation en énergie est faible, étant données les résistances passives peu importantes misses en jeu. La partie mobile de ce modèle est représentée figure 204 et l'ensemble figure 205.

La pompe est construite pour des débits de 500 à 10.000 litres à l'heure et des hauteurs d'élévation atteignant 30 mètres.

Fig. 204. — Vue de la partie mobile de la poulie-pompe électrique « Hamin ».

Elle est principalement applicable aux usages domestiques, n'exigeant pas des puissances supérieures à 1 cheval.

Ces petits groupes poulie-pompe sont appelés à recevoir des applications très nombreuses dans les localités pourvues de distributions d'énergie électrique, mais ne possédant pas encore de distributions communales d'eau potable.

Lorsque la distribution, appliquée à un immeuble, comporte plusieurs prises d'eau (buanderie, cuisine, cabinet de toilette, salle de bains, water-closets), il est recommandable de placer à la partie la plus élevée de la canalisation un régulateur automatique permettant l'emploi de robinets ordinaires d'un diamètre quelconque dont on peut régler le débit suivant les besoins.

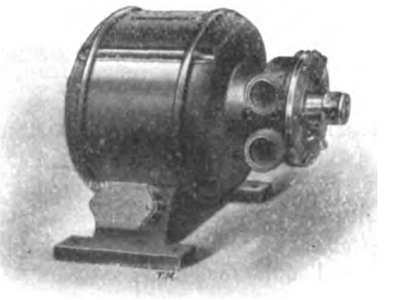


Fig. 205. — Ensemble de la poulie-pompe électrique « Hamm ».

Enfin ces poulies-pompes peuvent trouver une application dans le transvasement des liquides et, en particulier, pour le soutirage du cidre, de la bière et des vins.

Minoterie. — Toutes les opérations de minoterie, qui autrefois s'effectuaient manuellement, sont maintenant assurées automatiquement, depuis l'instant où le grain pénètre dans le moulin jusqu'à celui où la farine ensachée passe au service d'expédition.

Dans les installations modernes, les différentes phases de travail étant invariablement liées, imposent une commande solidaire de l'ensemble, les variations de vitesse exigées étant produites au moyen de courroies ou d'engrenages.

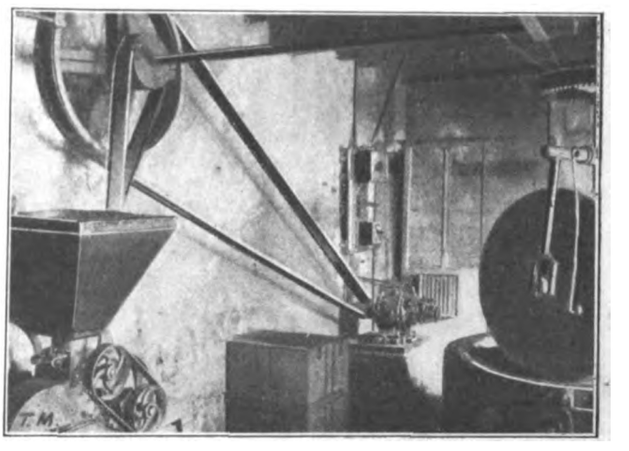


Fig. 206. — Triage et broyage des graines oléagineuses.

L'emploi d'un matériel de transmission compliqué est, en conséquence, inévitable et l'on ne peut, dans cette éventualité, que s'appliquer à réduire au minimum les pertes dues aux frottements, par une vérification fréquente du graissage et de l'alignement des arbres, aussi bien que par l'emploi de paliers à billes.

Dans ces conditions, la commande par moteur individuel s'impose moins immédiatement. Elle présente, néanmoins, l'avantage de faciliter la disposition du ou des moteurs, au voisinage de la machinerie, d'appliquer la puissance à l'arbre

Digitized by Google

principal et de réduire la longueur des arbres et courroies. La vitesse est ainsi maintenue parfaitement constante et, si le moteur est relié à une source de puissance stable, aucun dérangement n'est à craindre.

Nous avons ainsi concouru à l'installation d'une minoterie dans laquelle un moteur unique assura, pendant cinq ans, un service de vingt-quatre heures par jour, sans occasionner la moindre interruption.

Lorsque la minoterie comprend plusieurs groupes de machines, il devient judicieux d'installer un moteur distinct par groupe, afin de faciliter les extensions ultérieures sans apporter aucune perturbation à la machinerie existante.

Enfin, nous avons rencontré fréquemment le cas d'installations actionnées par chute d'eau ou par la vapeur, et dans lesquelles on désirait bénéficier de la conduite électrique. En pareil cas, le premier examen doit porter sur la comparaison économique entre l'achat de l'énergie à une station centrale et l'utilisation du moteur hydraulique ou thermique initial pour l'entraînement des génératrices électriques. Une étude sommaire, conduite sur cette base, montrera immédiatement le choix qu'il convient de faire.

Nous signalerons cependant, au profit des installations nouvelles, que la majorité des cas nous a révélé un intérêt certain à brancher le circuit électrique de la minoterie sur un grand réseau.

Cette observation résulte, non seulement de la diminution des frais de premier établissement, mais aussi du fait que les facteurs élémentaires sont favorables à l'établissement d'un faible prix de vente de l'énergie.

D'ailleurs, on ne doit pas oublier que le grand réseau, avec ses unités de secours, présente une régularité de service que ne pourrait atteindre une station isolée sans une immobilisation financière considérable.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I

LES ÉLECTROMOTEURS

Pages.

Moteurs à courant continu 3
Moteurs à courants alternatifs 4

CHAPITRE II

LE FREINAGE

Généralités 6

CHAPITRE III

LE DÉMARRAGE

Moteurs à courant continu 8
Modes de montage d'un rhéostat de démarrage 9
1° Moteur série 9
2° Moteur shunt 9
3° Moteur compound 10
Moteurs à courant alternatif 10
1° Moteur monophasé à collecteur 10
2° Moteur asynchrone monophasé 10
3° Moteurs asynchrones polyphasés 10
Moteurs à induit en court-circuit 10
Moteurs avec induit à phases bobinées et résistance tournante 12
Moteurs avec induit bobiné à bagues 13
Moteurs asynchrones polyphasés système « Boucherot » 14
Moteurs synchrones 17
Démarrage 17
Accrochage du moteur synchrone sur le réseau à courant alternatif 17
Démarrage des moteurs synchrones monophasés 18
Démarrage automatique des moteurs à courant continu et alternatif 18

CHAPITRE IV

LES CHARGES VARIABLES

Généralités 20

CHAPITRE V

LES VARIATIONS DE VITESSES

Moteurs à courant continu 22
1° Variation de vitesse par modification de la tension d'alimentation 22
2° Variation de vitesse par modification du flux inducteur 22

Pages

3° Variation de vitesse par modification du nombre de conducteurs de l'induit 23
4° Variation de vitesse par modification du couplage des inducteurs 23
5° Variation de vitesse par couplage série parallèle de deux moteurs série 23
6° Variation de vitesse par le dispositif Léonard 24
Moteurs à courants alternatifs 24
Réglage des moteurs monophasés à collecteur 24
Réglage de vitesse des moteurs d'induction polyphasés de moyenne et grande puissance 24
1° Variation de vitesse par modification de la fréquence 24
2° Variation de vitesse par modification du nombre de pôles. 24
3° Variation de vitesse par montage en cascade de plusieurs moteurs asynchrones 25
4° Variation de vitesse par insertion de résistances dans le rotor 25
Cas des moteurs triphasés à collecteur 25
1° Moteur à caractéristique série 25
2° Moteur triphasé à collecteur à caractéristique shunt 29
Régulation de vitesse des moteurs à collecteur à caractéristique shunt 29
Groupes de réglage 30
1° Réglage à l'aide d'une commutatrice système Krämer. 31
2° Réglage à l'aide d'un transformateur de fréquence (Alexandre Heyland) 31
3° Réglage à l'aide d'une distribution de courant à fréquence et tension variables par génératrices triphasées à collecteur 32
4° Réglage à l'aide d'un moteur auxiliaire triphasé à collecteur 32
5° Réglage à l'aide d'un groupe auxiliaire triphasé collecteur génératrice asynchrone 32

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

CHAPITRE I

LE MOTEUR ÉLECTRIQUE A L'ATELIER

Avantages de la commande individuelle 34
Dépenses relatives d'installations des commandes individuelles et des commandes par groupes de machines 35
Choix des moteurs d'après leur utilisation 36
Installation des moteurs de commande des machines-outils 36
Détermination rapide de la puissance à donner aux moteurs 36

CHAPITRE II

LE MOTEUR ÉLECTRIQUE APPLIQUÉ AUX APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

Appareils de la première catégorie 37
Appareils de la seconde catégorie 39
Appareils de la troisième catégorie 41

Digitized by Google

CHAPITRE III

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MINIÈRE

Pages.

Extraction 46
Digression sur le contrôle des moteurs d'extraction par le système Ward-Léonard 48
Quelques descriptions d'installations récentes de machines d'extraction à commande électrique 50
Équipement du Puits-Mauve de la mine Heinitz (Silésie) 50
Équipement d'extraction électrique des mines Rastenberg 52
Installation des houillères de Czeladz et des mines de fer d'Errouville 53
Machine d'extraction électrique des mines de Landres de la Société des Aciéries de Micheville 54
Installation des mines de Béthune 57
Installation des mines de Courrières 57
Pompage 58
Ventilateurs et compresseurs d'air 59

CHAPITRE IV

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Commande des laminoirs 62
Rouleaux entraîneurs 63
Tabliers releveurs 64
Cisailles 64
Digression sur la mesure de la puissance des trains de laminoirs 65
Exemple d'installation de laminoirs à commande par moteurs à courant continu 66

CHAPITRE V

L'ÉLECTRICITÉ DANS LES ATELIERS DE TISSAGE ET DE FILATURE

Considérations générales 70
La commande individuelle des métiers à tisser 71
Digression sur la commande individuelle des métiers à tisser 72
Métier continu à filer 74
Variation du nombre de tours 75
Commande électrique individuelle avec variation du nombre de tours 75
Essais avec moteur monophasé à collecteur muni d'un appareil automatique de réglage de vitesse 79
Essais sur cotons teints de toutes nuances pour la bonneterie et pour la mercerie 79
Machines à broder 80

CHAPITRE VI

LA COMMANDE ÉLECTRIQUE INDIVIDUELLE DANS LES IMPRIMERIES

Considérations générales 81
a) Commandes des machines rotatives 83
b) Commande des presses à grande vitesse 85

CHAPITRE VII

L'ÉLECTRICITÉ DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUES

Papeterie 86
Fabrique de ciment 88

CHAPITRE VIII

APPLICATIONS DU MOTEUR ÉLECTRIQUE A DIVERSES INDUSTRIES

Menuiserie 90
Lingerie. — Blanchisserie 91

CHAPITRE IX

LES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ A L'AGRICULTURE

Installations diverses 93
Minoterie 97

Dans le présent ouvrage, nous n'avons pas abordé intentionnellement l'étude des Moteurs électriques appliqués aux transports (Chemins de fer électriques, Tramways électriques, Voitures automobiles électriques, etc.), car cette question est trop importante pour qu'elle puisse être traitée dans les limites d'un chapitre.

D'ailleurs les lecteurs de La Technique Moderne *ont été tenus au courant d'une façon très détaillée des derniers perfectionnements apportés dans cette branche de l'Industrie. Ils n'ont qu'à se reporter aux Études suivantes parues dans les dernières livraisons de* La Technique Moderne.

T. IV, n° 5 (1er mars 1912), page 166 :
Sur les collecteurs pour moteurs de traction, par M. Huguenin.

T. IV, n° 7 (1er avril 1912), page 247 :
Sur les collecteurs pour moteurs de traction (*Suite*), par M. Huguenin.

T. IV, n° 8 (15 avril 1912), page 292 :
Sur les collecteurs pour moteurs de traction (*Suite et fin*), par M. A. Huguenin.

T. V, n° 1 (1er juillet 1912) :
Conférence de M. Barbillion sur " L'état actuel et les tendances de la traction électrique ".

T. VI, n° 1 (1er janvier 1913), page 9 :
Nouvelle locomotive électrique de 1 500 chevaux de la Compagnie des chemins de fer du Midi. — Système des Ateliers de Construction du Nord et de l'Est.

T. VI, n° 8 (15 avril 1913), page 295 :
Locomotive électrique de la Compagnie des chemins de fer du Midi. — Système Thomson-Houston, par J.-A. Montpellier.

T. VI, n° 11 (1er juin 1913), page 408 :
Locomotive électrique de la Compagnie des chemins de fer du Midi. — Système Westinghouse, par J.-A. Montpellier.

T. VI, n° 12 (15 juin 1913) :
Conférence de M. Max Bahon sur " Les tendances les plus récentes de la construction navale ".

Le Gérant : E. Pinat.

Tours. — Deslis Frères et Cie, imprimeurs, 6, rue Gambetta.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

APR 25 1922

Digitized by Google